SeismoStruct

Kullanıcı Kılavuzu

2026

Telif Hakkı

Copyright © 2002-2025 Seismosoft Ltd. Şti. Her hakkı saklıdır.

SeismoStruct®Seismosoft Ltd. Şirketi'nin tescilli markasıdır. Uluslararası telif hakları, yazılımı ve tüm ilgili dökümantasyonunu korumaktadır.

Seismosoft'un yazılı izni olmadan, bu kılavuz hiçbir şekilde ve hiçbir yolla çoğaltılamaz veya dağıtılamaz.

Seismosoft Ltd.
Piazza Castello, 19
27100 Pavia (PV) - Italy
e-posta: info@seismosoft.com
web sayfası: www.seismosoft.com

Bu Kılavuz'da içerilen bilgilerin doğruluğunu sağlamak için önemli miktarda çaba sarfedilmiştir. Seismosoft. Seismosoft herhangi bir yazım veya basım hatasından sorumlu değildir.

Üçüncü taraf ürünlerinin belirtilmesi sadece bilgilendirme hizmeti görür; herhangi bir taahhüt veya tavsiye teşkil etmez.

YAZILIMA ATIFTA BULUNMAK İÇİN

Yazılıma herhangi bir bilimsel makale, teknik rapor, ders kitabı, tez, vb. dökümanlarda atıfta bulunmak/teşekkür etmek için, *Seismosoft [2025] "SeismoStruct 2025 – A computer program for static and dynamic nonlinear analysis of framed structures", çevirim içi erişim: https://seismosoft.com/* tanımına benzer bir ibare kullanılmalıdır.

İçindekiler

Giriş **10**

Genel **12**
Sistem gereksinimleri 12
Yazılımın Kurulması/Kaldırılması 12
Yazılımın açılması ve Kayıt seçenekleri 13
Ana Menü ve Araç Çubuğu 14

Hızlı Başlangıç **18**
Öğretici Örnek 1 – İki Katlı bir Binanın İtme Analizi 18
Öğretici Örnek 2 – İki Katlı Bir Binanın İtme Analizi 44
Öğretici Örnek 3 – İki Katlı bir Binanın Dinamik Zaman Tanım Alanı Analizi 49
Öğretici Örnek 4 – İki Katlı bir Binanın İtme Analizi 52
Öğretici Örnek 5 – İki Katlı bir Binanın Özdeğer (Eigenvalue) Analizi 87
Öğretici Örnek 6 – İki Katlı bir Binanın Dinamik Zaman Tanım Alanı Analizi 94
Yapı Modelleyicisi 99
Temel Ayarlar ve Yapısal Düzen *100*
Gelişmiş Ayarlar *100*
Yapı Modelleyicisi Ana Penceresi *103*
Yapı Modelleyicisi'nde elemanların eklenmesi *105*
Rampas *128*
Yük Ekleme 129
Noktasal Yükler *129*
Doğrusal Yükler *132*
Temel Elemanlarin Eklenmesi *133*
Elemanların Düzenlenmesi *136*
Yeni katların oluşturulması *138*
Yapı Modelleyecisinin diğer işlevleri *139*
Yapı Modelleyicisi projesinin kaydedilmesi ve yüklenmesi *141*
SeismoStruct Projelerinin oluşturulması *141*
Sihirbaz 142
Yapı modeli ve kurulumu *143*
Ayarlar *143*
Yüklemeler *144*
SeısmoStruct Projelerinin XML dosyası olarak İçe veya Dışa aktarılması 145

Ön İşlemci **146**
Analiz Tipleri 146
Ön İşlemci Alanı 147
Birim Seçicisi 148
Düzenleme 149
Düzenleme fonksiyonları *149*
Grafiksel Girdi/Oluşturma *151*
Düğüm/Eleman Grupları *151*
3D Çizim Seçenekleri *153*
3D modelin Döndürülmesi ve Hareket ettirilmesi *158*
Proje Ayarları 158
Genel *160*
Analiz *161*
Elemanlar *163*

Kısıtlar ... *164*
Adaptif İtme ... *166*
Özdeğer-Eigenvalue ... *167*
Konstitütif modeller ... *169*
Elemanı Parçalarına Ayırma ... *170*
Tepki Spektrumu Analizi ... *171*
Çatlamış/Çatlamamış Rijitlik ... *172*
Burkulma ... *173*
Yakınsama Kriterleri ... *173*
Global İteratif Strateji ... *177*
Eleman İteratif Stratejisi ... *179*
Yerçekimi & Kütle ... *181*
İntegrasyon Şeması ... *183*
Sönümleme ... *185*
Malzemeler ... 187
Kesitler ... 189
Eleman Sınıfları ... 193
Yapısal Geometri ... 195
Düğümler ... *195*
Eleman Bağlantıları ... *198*

Eleman Bağlantıları modülü – Yayılı kütle elemanı ... 209
Kısıtlar ... *209*
Mesnetler ... *214*
Yükleme ... 215
Tsunami Parametreleri ... *215*
Düğüm Yükleri ... *222*
Eleman (Yayılı) Yükleri ... *227*
Yükleme Aşamaları ... *228*
Zaman Tanım Alanı Eğrileri ... *233*
Adaptif itme parameterleri ... *237*
IDA parametreleri ... *240*
RSA parametreleri ... *240*
Hedef Deplasman ... 242
Koda dayalı kontroller ... 244
Performans Kriterleri ... 247
Model İstatistikleri ... 250
Analiz Çıktısı ... 251

İşlemci ... 254

Art İşlemci ... 260
Art İşlemci Ayarları ... 261
Çizim seçenekleri ... 261
Analize Ait Film Oluşturulması ... 262
Analiz Logları ... 264
Modal/Kütle Nicelikleri ... 264
Hedef Deplasman (Yer Değiştirme) ... 266
Adım Çıktısı ... 266
Deforme Şekil Görüntüleyicisi ... 267
Yakınsama Problemleri ... 270
Eleman (Eylem) Etkileri Diyagramları ... 272
Koda Dayalı Kontroller ... 273
Global Tepki Parametreleri ... 275
Performans Kriterleri Kontrolleri ... 279
Eleman Etkileri ... 280
Gerilme ve Birim Şekil Değiştirme Çıktısı ... 284

IDA Zarf Eğrisi ... 286

SeismoStruct Batch Servisi ... 288
Spf Creator ile Yeni Girdi Dosyaları Oluşturma ... 288
SeismoBatch ... 290
SeısmoBatch'te Çalışma Dizininin Seçilmesi ... 290
SeısmoBatch'te Analizin çalıştırılması ... 291
SeısmoBatch'ten Sonuçların Dışarı Aktarılması ... 292

Referanslar ... 293

Ek A -Genel Teori ve Modelleme Varsayımları ... 304
Geometrik Nonlineerite ... 304
Malzeme İnelastisitesi ... 304
Global Ve Lokal (Yerel) Eksen Sistemleri ... 307
Doğrusal olmayan (nonlıneer) çözüm prosedürü ... 308

Ek B - Analiz Tipleri ... 316
Özdeğer (Eigenvalue) Analizi ... 316
Statik Analiz (değişken olmayan yükleme) ... 317
Statik İtme Analizi ... 317
Statik Adaptif İtme Analizi ... 318
Statik Zaman-Tanım Alanı Analizi ... 318
Dinamik Zaman-Tanım Alanı Analizi ... 319
Artımsal Dinamik Analiz - IDA ... 319
Tepki Spektrumu Analizi – RSA ... 319
Burkulma Analizi ... 320
Doğrusal Olmayan Tsunami Analizi ... 320

Ek C - Malzemeler ... 321
Çelik Malzemeleri ... 321
Beton malzemeleri ... 328
Diğer malzemeler ... 334

Ek D -Kesitler ... 340
Tek malzemeli kesitler ... 340
Betonarme kesitler ... 357
Mantolanmış Betonarme Kesitler ... 373
Kompozit kesitler ... 389
Yığma kesitleri ... 392

Ek E – Yapı Modelleyicisi Elemanları ... 394

Ek F – Eleman Sınıfları ... 445
Kiriş-Kolon eleman tipleri ... 445
Bağlantı Elemanı Tipleri ... 474
Kütle ve Sönümleme eleman tipleri ... 492

Ek G – Davranış Eğrileri ... 497

Ek H – Kodlar ... 528

Ek H1 - EUROCODES ... 528
Sınır Durumları ... 528
Göçme Öncesi Sınır Durumu (NC) ... 528
Önemli Hasar Sınır Durumu (SD) ... 528
Sınırlı HasarSınır Durumu (DL) ... 528
Yapısal Değerlendirmeler için Bilgiler ... 528
KL1: Sınırlı Bilgi ... 529

KL2: Normal Bilgi *529*
KL3: Kapsamlı Bilgi *529*
Güvenilirlik (Bilgi Düzeyi) Katsayıları *529*
Güvenlik Katsayıları *530*
Değerlendirme ve Kontroller için Kapasite Modelleri 531
Deformasyon Kapasitesi *531*
Kesme Kapasitesi *534*
Yığma Elemanları *535*
Kapasite Eğrisi *536*
Hedef Yer değiştirme (Deplasman) 536

Ek H2 - ASCE 539
Performans Gereklilikleri 539
İşlevsel Düzey Performans Düzeyi (1-A) *539*
Hemen Kullanım Performans Düzeyi (1-B) *539*
Can Güvenliği Performans Düzeyi (3-C) *539*
Göçme Önlenmesi Performans Düzeyi (5-D) *540*
Yapısal Değerlendirmeler için Bilgiler 540
Sınırlı (Minimum) Bilgi *540*
Normal (Sıradan) Bilgi *540*
Kapsamlı Bilgi *540*
Güvenlik Katsayıları (Faktörleri) *541*
Değerlendirme ve Kontroller için Kapasite Modelleri 541
Deformasyon Kapasitesi *541*
Kesme Kapasitesi *542*
Yığma Elemanları *543*
Kapasite Eğrisi 547
Hedef Yer değiştirme 547

Ek H3 - NTC-18 550
Performans Gereklilikleri 550
Göçme Önleme Sınır Durumu (SLC) *550*
Can GüvenliğiSınır Durumu (SLV) *550*
Hasar Kısıtlaması Sınır Durumu (SLD) *550*
İşlevsel Düzey Sınır Durumu (SLO) *550*
Yapısal Değerlendirmeler için Bilgiler 550
KL1: Sınırlı Bilgi *551*
KL2: Yeterli Bilgi *551*
KL3: Kapsamlı Bilgi *551*
Güvenilirlik (Bilgi Düzeyi) Katsayıları *551*
Güvenlik Katsayıları *552*
Değerlendirme ve Kontroller için Kapasite Modelleri 553
Deformasyon Kapasitesi *553*
Kesme Kapasitesi *555*
Yığma Elemanları *556*
Kapasite Eğrisi 557
Hedef Yer değiştirme 557

EK H4 - KANEPE 560
Performans Gereklilikleri 560
Hemen Kullanım Performans Düzeyi (A) *560*
Can Güvenliği Performans Düzeyi (B) *560*
Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi (C) *560*
Yapısal Değerlendirmeler için Bilgiler 561
Tolere edilebilir DRL *561*
Yeterli DRL *561*
Yüksek DRL *561*

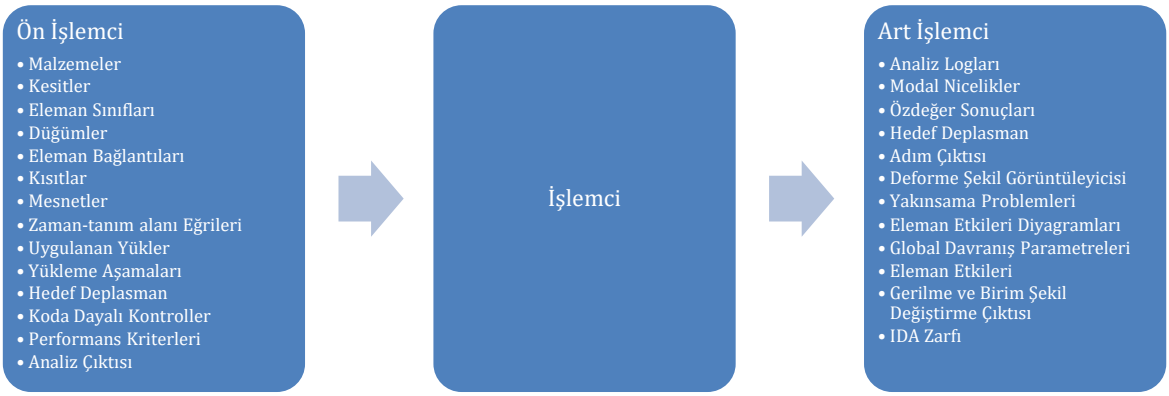
Güvenlik Faktörleri ... *562*
Değerlendirme ve Kontroller için Kapasite Modelleri ... 562
Deformasyon Kapasitesi ... *562*
Kesme Kapasitesi ... *565*
Yığma Elemanlar ... *566*
Kapasite Eğrisi ... 566
Hedef Yer değiştirme (Deplasman) ... 567

Ek H5 - TBDY ... 569
Performans Gereklilikleri ... 569
Kesintisiz Kullanım Performans Düzeyi (KK) ... *569*
Hemen Kullanım Performans Düzeyi (HK) ... *569*
Can Güvenliği Performans Düzeyi (CG) ... *569*
Göçme Önleme Performans Düzeyi (BP) ... *569*
Yapısal Değerlendirmeler için Bilgiler ... 570
Sınırlı Bilgi ... *570*
Kapsamlı Bilgi ... *570*
Bilgi (Güvenilirlik) Katsayıları ... *570*
Güvenlik Katsayıları ... *570*
Değerlendirme ve Kontroller için Kapasite Modelleri ... 570
Deformasyon Kapasitesi ... *570*
Kesme Kapasitesi ... *572*
Yığma Elemanları ... *573*
Kapasite Egrisi ... 573
Hedef Deplasman ... 573

Giriş

SeismoStruct, yapıların statik ve dinamik yükleme altında geometrik *nonlineerite* ve *malzeme inelastisitesini* hesaba katarak büyük deplasman davranışını modelleyebilen bir yapısal analiz sonlu elemanlar programıdır.

Yazılımın üç ana modülü vardır; **Ön İşlemci**: yapısal modelin girdi tanımlamalarının yapıldığı alan, **İşlemci**: analizin çalıştırıldığı alan, **Art İşlemci**: Çıktıların elde edildiği ve görüntülendiği alan; bu üç modülün kontrolü **tamamen görsel arayüz** aracılığıyla gerçekleştirilir. Herhangi bir şekilde girdi veya dosya ayarlama, programlama komut dizisi hazırlama, vb diğer zaman alıcı ve karmaşık metin düzenleme işlemleri yapmayı gerektirmemektedir. Diğer taraftan, İşlemci deplasman eğrilerinin ve yapının deforme şeklinin çizimlerini eş zamanlı olarak gösterilmesi, analizin durdurulup/devam ettirilmesi özelliklerine; Art İşlemci'yse elde edilen tüm çizimlerin özelleştirilmesi gibi kullanıcıların verimliliğini artıran ileri art işlemci özelliklerine sahiptir



Yazılım yapısı

Yazılım, Windows ortamıyla tam uyumludur. Girdi verileri, analiz öncesi kısmı kolaylaştırmak için spreadsheet formatındaki programlarla (ör: Microsoft Excel) hazırlanabilip, buradan SeismoStruct girdi tablolarına kopyalanabilir. Bu işlemin tersi de geçerlidir; tablo (girdi ve çıktı) veriler, yüksek kalite grafikler, model ilk ve deforme şekiller ve bunlar gibi SeismoStruct görsel arayüzünde bulunan tüm öğeleri harici bir programa aktarmak mümkündür (ör: Microsoft Word).

Kullanıcılar, *Yapı Modelleyicisi* ve *Sihirbaz* servisleriyle düzenli/düzensiz 2D/3D yapılar oluşturabilir ve tüm analizleri anında çalıştırabilirler. İşlemin tamamı birkaç dakikadan fazla sürmemektedir.

SeismoStruct içerisinde bulunan bazı modelleme/analiz özellikleri aşağıda belirtildiği gibidir:

- Dokuztane farklı analiz: Dinamik ve statik zaman-tanım alanı analizleri, geleneksel ve adaptif itme analizleri, artımsal dinamik analiz, özdeğer (eigenvalue) analizi, değişken olmayan statik yükleme analizi, tepki spektrumu analizi ve burkulma analizi
- Yirmi tane farklı malzeme modeli: Doğrusal olmayan beton modelleri, doğrusal olmayan yüksek dayanımlı beton modeli, doğrusal olmayan çelik modelleri, , SM modeli, vb.
- 3D elemanlara ait geniş bir kitaplık: doğrusal olmayan kiriş-kolon fiber (lif) elemanı, doğrusal olmayan kafes elemanı, doğrusal olmayan dolgu panel elemanı,doğrusal olmayan yığma elemanı, doğrusal olmayan bağlantı elemanı, vb gibi elemanların birçok çeşitteki ön tanımlı çelik, beton ve kompozit kesit konfigürasyonlarıyla birlikte kullanımı.

- Otuz bir tane histeretik model (histerizis modeli): doğrusal/iki doğrulu/üç doğrulu kinematik pekleşmeli davranış modelleri, boşluk-kanca modelleri, zemin-yapı etkileşimi modeli, Takeda modeli, Ramberg-Osgood modeli, vb.
- Elemanların dönme/kesme kapasitelerive yığma elemanlar için *Koda dayalı Kontroller*: Eurocode 8,ASCE 41.17 (Var Olan Binaların Değerlendirmesi ve Gçlendirilmesine Yönelik Amerikan Şartnamesi), NTC-18 (İtalyan Ulusal Sismik Kodu, 2018), KANEPE(Yunan Sismik Müdahaleler Kodu) ve TBDY (Türk Şartnamesi) olmak üzere desteklenen 6 tane kod vardır.
- Değişik *Performans Sınır Değerlerinin* (ör. yapısal olmayan hasar, yapısal hasar, göçme) ulaşılıp/ulaşılmadığının an be an kontrol edilebileceği *Performans Kritlerleri* seçeneği. Kesitlerin çatlama, akma, göçme durumları sırası da elde edilebilmektedir.
- İki farklı solver (çözümleyici): Skyline solver (Cholesky dekompozisyonu, Cuthill-McKee düğüm sıralama algoritması, Skyline saklama formatı kullanılmıştır) ve Frontal solver ("seyrek" sistemler için, Irons [1970] tarafından geliştirilmiştir ve Izzuddin [1991] tarafından sunulan otomatik sıralama algoritması kullanılmıştır.
- Uygulanan yükler düğüm noktalarına/elemanlara etkiyen, sabit veya değişken kuvvet, deplasman ve ivmelerden oluşabilir. Değişken yükler, zaman benzeri veya zaman alanında orantılı veya bağımsız olarak değişebilir.
- Eleman boyunca ve kesit derinliğince inelastisite dağılımı SeismoStruct tarafından modellenebilmekte olup, hasar birikimi de hassas bir şekilde tahmin edilebilir.
- Yüksek birim şekil değiştirme düzeylerinde sahip olunan nümerik kararlılık ve doğruluk yapının göçme yükünün hassas bir şekilde tayin edilmesine olanak sağlar.
- SeismoStruct, yakınsama sorunları yaşandığı takdirde yük artırımını akıllı bir şekilde parçalarına ayırabilir. Parçalama düzeyi sahip olunan yakınsamama düzeyine bağlıdır. Yakınsama sorunları aşıldığı zaman, yük artımı veya zaman adımı ilk değerine geri döndürülür.

Genel

SİSTEM GEREKSİNİMLERİ

SeismoStruct programının kullanımında aşağıda belirtilen gereksinimleri önermekteyiz:

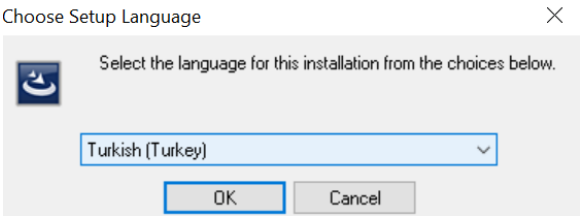
- Windows10, Windows 8, Windows 7, veya Windows Vista işletim sistelerinden birine sahip bir PC (veya "sanal makina") (32-bit ve64-bit olabilir);
- 4 GB RAM;
- 1366x768 veya üzeri ekran çözünürlüğü;
- Yazılımın kaydı için bir internet bağlantısı (tercihen geniş bantlı).

YAZILIMIN KURULMASI/KALDIRILMASI

Yazılımın Kurulması

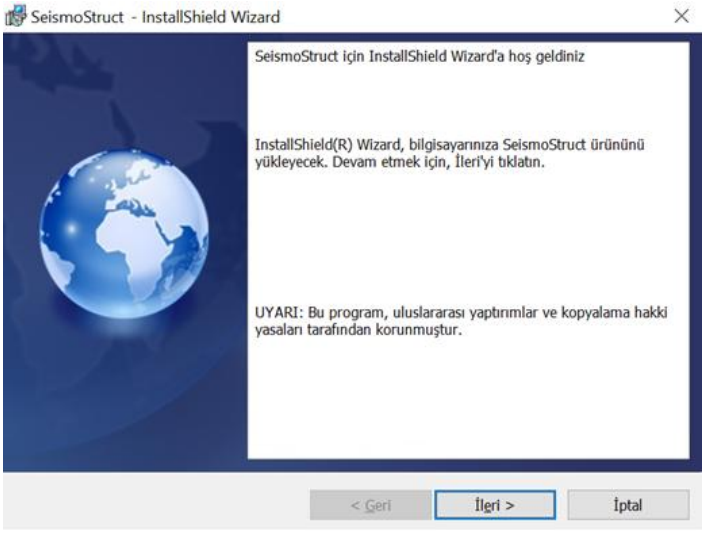
SeismoStruct yazılımını kurabilmek için aşağıdaki adımları takip ediniz:

1. Programın son sürümünü, aşağıdaki web sayfasından indiriniz: https://seismosoft.com/products/
2. Uygulamayı bilgisayarınıza kaydederek, başlatınız. İlk olarak, sizden kurulum dilinizi seçmeniz istenecektir.



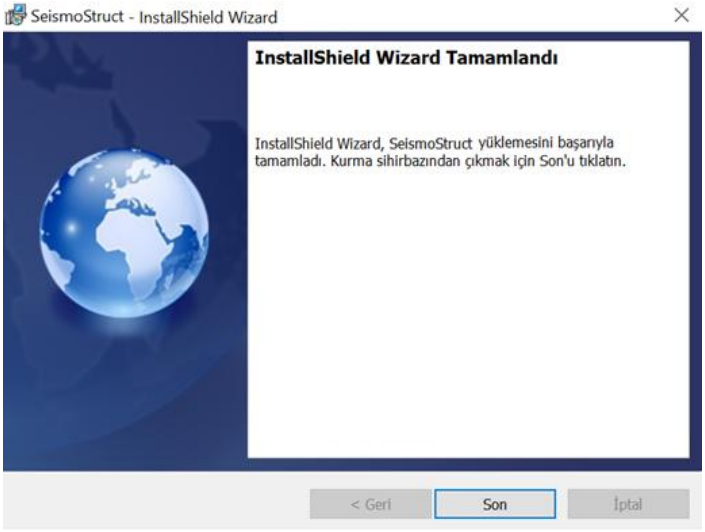
Kurulum dilinin seçilmesi

3. Tercih edilen dil seçeneğinin aşağı çekilen menüden belirlenmesinin ardından, *Tamam* düğmesine tıklayınız.



Kurulum sihirbazı (ilk pencere)

4. *İleri* düğmesine tıklayarak kurulumu başlatınız. Ekranda Lisans Anlaşması belirir, şartları dikkatlice okuduktan sonra kutucuğu işaretleyerek kabul ediniz.
5. *İleri* düğmesine tıklayınız. Sıradaki soruda, *İleri* düğmesine tıklayarak 'varsayılan' dosyayı kullanınız ya da *Değiştir* düğmesine tıklayarak hedef dosyayı belirtiniz.
6. *Yükle* düğmesine tıklayınız ve yazılım yüklenene kadar bekleyiniz.
7. İşlem tamamlandığında, *Son*'a tıklayarak sihirbazdan çıkınız.



Kurulum sihirbazı (son pencere)

Yazılımın Kaldırılması

Yazılımı bilgisayarınızdan kaldırabilmek için aşağıda sıralanan adımları takip ediniz:

1. *Başlangıç (Start)* Menüsünü açınız.
2. *Ayarlar* menüsüne tıklayınız.
3. Ayarlar menüsünde *Sistem* düğmesine tıklayınız.
4. Sol bölmeden *Uygulamalar ve özellikler* düğmesini seçiniz.
5. Yüklü tüm uygulamalar listesinden programı seçiniz.
6. Çıkan *Kaldır* düğmesine tıklayınız.

YAZILIMIN AÇILMASI VE KAYIT SEÇENEKLERİ

SeismoStruct'ı başlatabilmek için *Start > Programs veya All Programs > SeismoSoft > SeismoStruct 2025> SeismoStruct 2025* komutunu izleyiniz. Gösterilen kayıt penceresi belirecektir:



SeismoStruct Kayıt Penceresi

Yazılımı kullanmadan önce aşağıdaki seçeneklerden birini seçmelisiniz:

1. Programı deneme modunda kullanmaya devam edin
2. Akademik lisans edinin (geçerli bir akademik e-posta adresi gerekir)
3. Ticari lisans edinin

NOT: 2 veya 3 no'lu seçenekleri seçtiğiniz takdirde lisans kaydı için aşağıdaki pencereyi doldurmanız gerekmektedir.



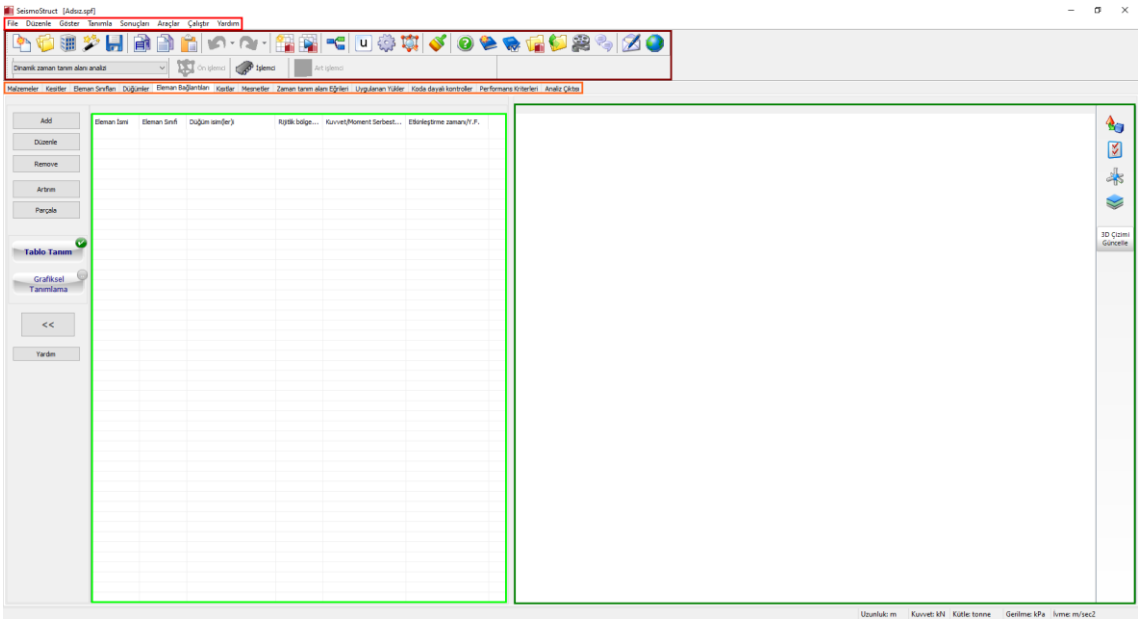
Kayıt Formu

ÖNEMLİ: Lisans anahtarları hakkında belirtilen mesajda da belirtildiği üzere sürüm 2024 ve daha eski sürümlere ait olan lisans anahtarları 2025 sürümünde geçerli değildir. Kullanıcılardan yeni lisans talep etmeleri rica edilmektedir.

Ana Menü ve Araç Çubuğu

SeismoStruct basit ve 'kolay anlaşılır' bir kullanıcı arayüzüne sahiptir. **Ana pencere**'nin ***Ön İşlemci*** alanı varsayılan program ekranıdır ve aşağıda sıralanan kısımlara ayrılmıştır:

- **Ana menü:** program penceresinin en üstünde yer alır;
- **Ana araç çubuğu:** Ana menün altında yer alır;
- **Modüller çubuğu:** Ana araç çubuğunun altında yer alır;
- **Girdi tablosu:** Modüller çubuğunun altında yer alır;
- **3D Model penceresi ve ayarlar çubuğu:** Program penceresinin sağında yer alır;
- **Düzenleme Çubuğu:** Program penceresinin solunda yer alır.



Ön İşlemci Alanı

NOT: Ana menü ve araç çubuğu her program alanından ulaşılabilir (Ön İşlemci, İşlemci, Art İşlemci). Sadece mecut alanda (ör: Ön İşlemci) işe yarayan öğeler aktif halde bulunur, kalanları etkisiz olup gri renkte görünür. Ayrıca, seçilen module bağlı olarak ek bileşenler de belirir.

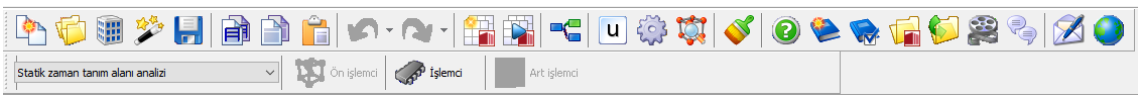
Ana Menü

Ana menü programın komut menüsünü teşkil eder ve aşağıda belirtilen aşağı çekilen menülerden oluşur:

- Dosya
- Düzenle
- Görüntüle
- Tanımla
- Sonuçlar
- Araçlar
- Çalıştır
- Yardım

Ana Araç Çubuğu

Ana araç çubuğu menü içerisinde çok kullanılan öğelere hızlı erişimi sağlar.



Ana araç çubuğu

SeismoStruct içerisinde kullanılan komutlar aşağıda belirtilmektedir:

Komut	Ana menü	Kısayol tuşları	Araç çubuğu simgesi
Dosya	Yeni	Ctrl+N	
	Aç	Ctrl+O	

Komut	Ana menü	Kısayol tuşları	Araç çubuğu simgesi
	Sihirbaz		
	Yapı Modelleyicisi	-	
	Kaydet	Ctrl+S	
	Farklı Kaydet...	-	
	XML Dosyasına Dışa Aktar...		
	XML Dosyasından İçe Aktar...		
	Yapının SPF modelini Görüntüle		
Düzenle	Geri Al	Ctrl+Z	
	Yinele	Ctrl+R	
	Gruba Ekle		
	Grupları Organize Et	-	
	Ada Göre Sırala		
	Sayıya Göre Sırala		
	Seçimi Kopyala	Ctrl+C	
	3D Çizimi Kopyala	Ctrl+Alt+C	
	Seçimi Yapıştır	Ctrl+V	
	Bul...	Ctrl+F	
	Sonrakini Bul	F3	
	Tümünü Seç	Ctrl+A	
Görüntüle	Sonraki Modül	Ctrl+W	
	Önceki Modül	Ctrl+Q	
	Model İstatistikleri		
	Büyük Simgeleri Görüntüle		
	Küçük Simgeleri Görüntüle		
Tanımla	Malzeme özellikleri		
	Kesit özellikleri		
	Eleman Sınıfları		
	Yapısal Düğümler		
	Eleman Bağlantıları		
	Düğüm Kısıtları		
	Mesnetler		
	Doğrusal Eğriler		
	Uygulanan Yükler		
	Aşamalar		
	Hedef Deplasman		
	Adaptif Değişkenler		
	Tepki Spektrumu Değişkenleri		
	Kapasite Kontrolleri		
	Performans Kriterleri		

Komut	Ana menü	Kısayol tuşları	Araç çubuğu simgesi
	Çıktı		
Sonuçlar	Analiz Logları		
	Modal Nicelikler		
	Adım Çıktısı		
	Deforme Şekil		
	Çerçeve Eleman Kuvvetleri		
	Global Davranış Değişkenleri		
	Eleman Etkileri		
	Gerilme ve Birim Şekil Değiştirme Çıktıları		
	IDA Zarfı		
Araçlar	Birim Seçicisi	Ctrl+U	
	AVI Dosyası Yarat...		
	AVI Dosyasını Göster...		
	3D Çizimi Tekrar Çiz	-	
	Proje Ayarları.../Art İşlemci Ayarları...	-	
	3D Çizim Seçenekleri	-	
	Deforme Şekil Ayarları	-	
	Hesap makinası	-	
	SPF Yaratıcısı'nı Aç		
	SeismoBatch'i Aç	-	
Çalıştır	Ön İşlemci		
	İşlemci		
	Art İşlemci		
Yardım	SeismoStruct Yardım	F1	
	3D Modeli Döndür/Hareket Ettir	-	
	SeismoStruct Kullanıcı Kılavuzu		
	SeismoStruct Doğrulama Raporu		
	Doğrulama Örnekleri		
	Örnek Dosyaları İndir		
	Seismosoft Forum		
	Video Öğreticileri		
	Seismosoft'a mesaj gönder		
	SeismoStruct Web Sayfası	-	
	Yeni Lisans Kaydet		
	Hakkında...	-	

Hızlı Başlangıç

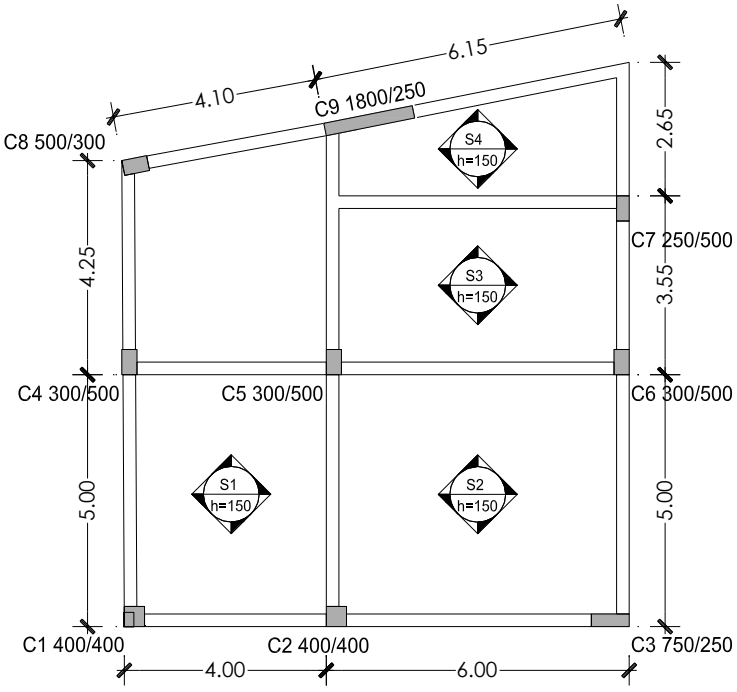
Bu bölüm **SeismoStruct'taki ilk analizlerinizi** içermektedir.

SeismoStruct, kullanım kolaylığı ve esneklik göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır. Hedefimiz ('sorunlu' dinamik zaman tanım alanı analizi de dahil olmak üzere) her türdeki analizi bir kaç dakika içinde çalıştırabilmenizi sağlamaktır. Aslında, SeismoStruct'ı kullanmak açıklamaktan çok daha kolaydır. Sizin de göreceğiniz üzere, birkaç önemli noktayı anladıktan sonra, gerisi çorap söküğü gibi gelecektir.

ÖĞRETİCİ ÖRNEK 1 – İKİ KATLI BİR BİNANIN İTME ANALİZİ

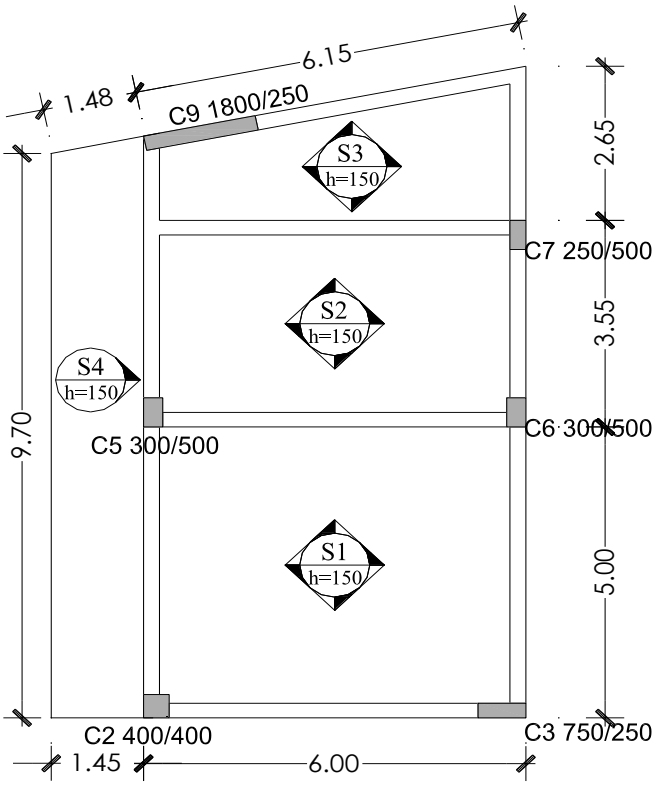
Problem Tanımı

Bu örnekte, iki katlı betonarme bir binayı üç boyutlu olarak modellemeye çalışıp, statik itme analizi yüklemesine maruz bırakacağız. Binanın modellemesini hızlandırmak ve kolaylaştırmak amacıyla, "Yapı modelleyicisi" özelliğinden faydalanılmıştır. İlk ve ikinci katlara ait geometri aşağıda plan görünüşünde verilmektedir.



1. kat plan görünüşü

NOT: SesimoSoft'un web sayfasındaÖğretici Örnek 1'e ait tanımlayıcı bir video bulunmaktadır.

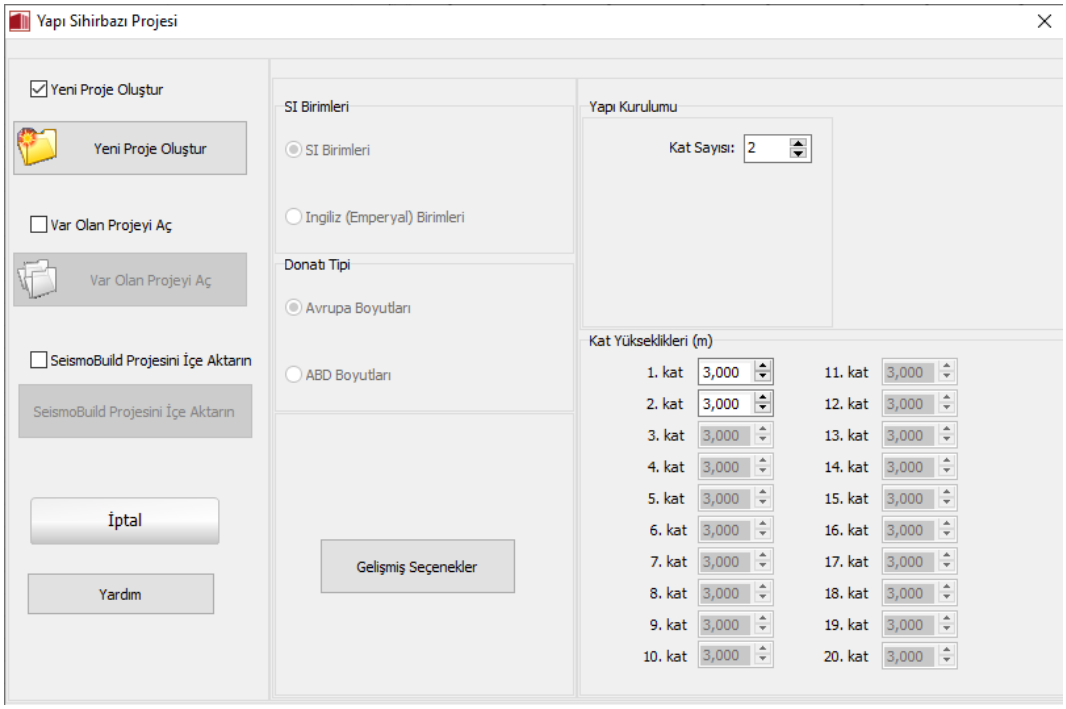


2. kat plan görünüşü

Başlarken: Yeni bir proje

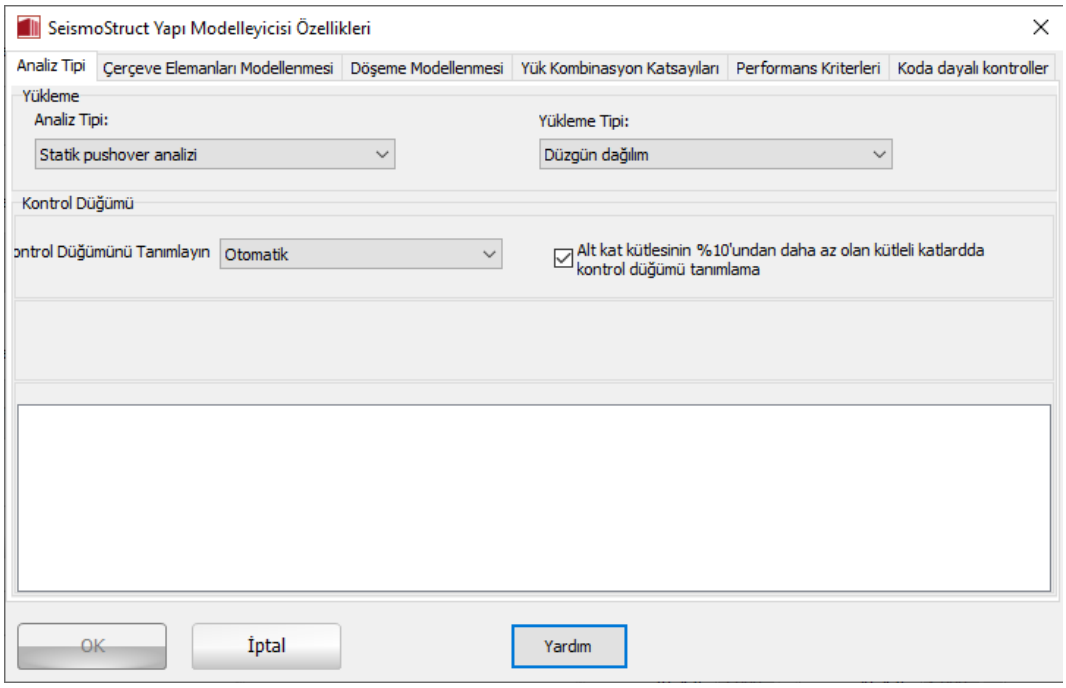
Dosya>Yapı Modelleyicisi menü komutu veya araç çubuğunda bulunan düğmesine tıklanması yoluyla Yapı Modelleyicisi ilk penceresi açılır. Bu pencereden, birim sistemi, malzemeler, kat sayısı, kat yükseklikleri seçilir. Mevcut örnekte, aşağıda belirtilen ayarları giriniz ve ardından *Yeni Proje Oluştur* düğmesine tıklayınız.

- SI Birim Sistemi
- Avrupa tipi betonarme donatısı
- 2 Kat
- Kat yükseklikleri: 3m



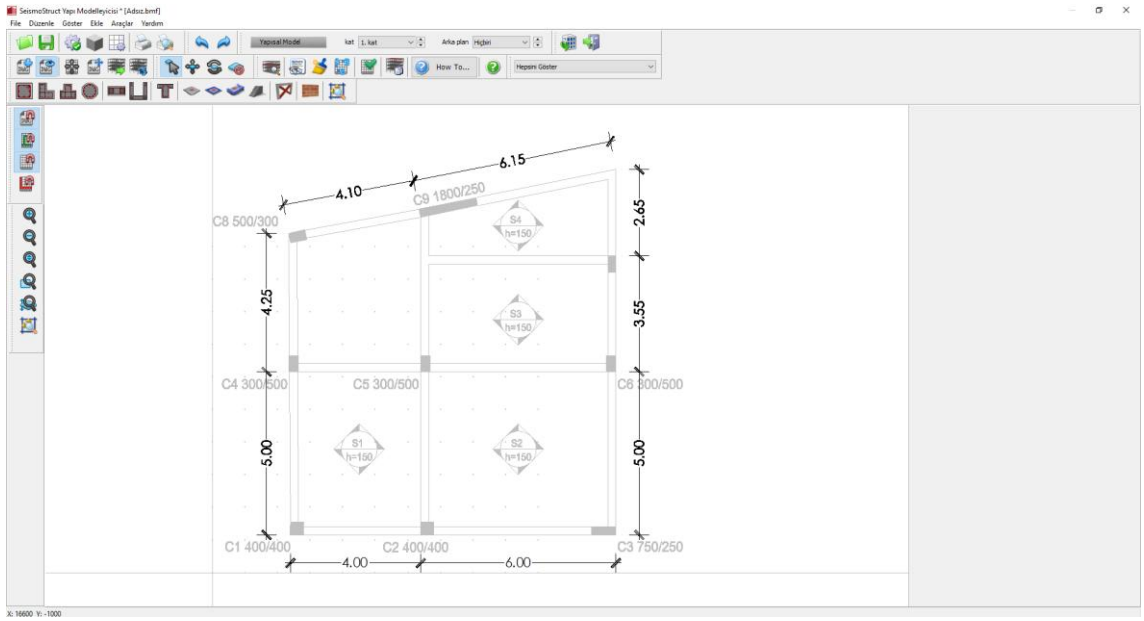
Yapı Modelleyicisi İlk Penceresi

Yapı Modelleyicisi Özellikleri düğmesine ( ) tıkladıktan sonra beliren pencerede Analiz Tipi'ni [bu örnek için Statik Pushover (İtme) Analizi], Çerçeve Elemanları Modellenmesi'ni [bu örnekte kolon/kiriş: plastik mafsal kuvvete dayalı çerçeve elemanı-infrmFBPH, duvar: elastik olmayan kuvvete dayalı çerçeve elemanı-infrmFB ve boyu 1m'den küçük olan eleman: elastik olmayan yerdeğiştirmeye dayalı çerçeve elemanı] ve Döşeme Modellenmesi'ni [Kiriş etkili genişliklerini dahil et seçeneğiyle birlikte] tanımlayınız. Bu pencerede Yapı Kurulumu, Yük Kombinasyonu Katsayıları ve Performans Kriterleri de görüntülenebilir/değiştirilebilir.



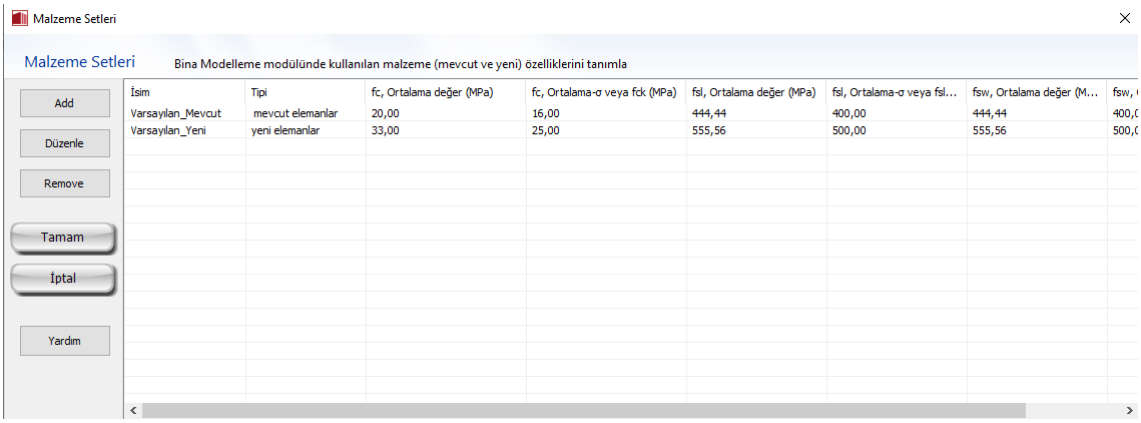
Yapı Modelleyicisi Ayarları penceresi

Elemanların geometri ve konumlarını tanımlayabilmek için, menü komutu (*Dosya > DWG'yi İçe Aktar...*) veya ilgili araç çubuğu düğmesi ( ) yoluyla mevcut bir CAD çizimi içeri aktarılabilir.

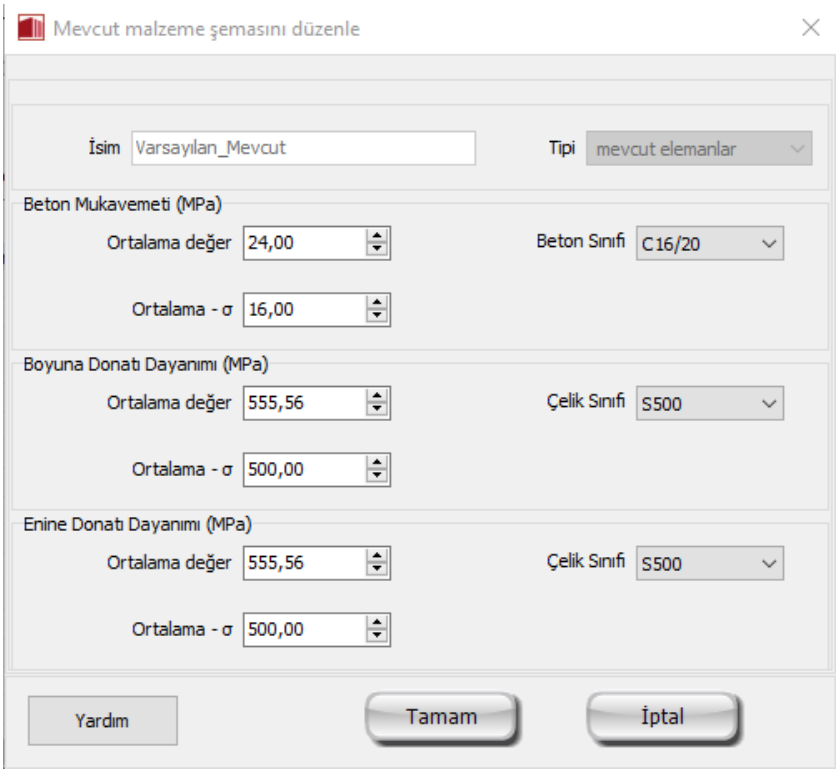


Yapı Modelleyicisi – CAD çiziminin eklenmesi

Yapısal elemanların eklenmesine; dikdörtgen kolonlar için ana menü (*Ekle >Dikdörtgen Kolon...*) üzerinden ya da ilgili araç çubuğu düğmesi ( ) yoluyla başlanabilir.Alternatif olarak, diğer uygun kolon kesitleri, L kesitli( ), T kesitli( ), dairesel kolon( ) veya onların mantolanmış karşıtlarından biri olarak seçilebilir. Ekranın sağ tarafında bulunan Özellikler panelinden ilgili keside ait geometri, zemin seviyesi, boyuna ve enine donatı dizilimleri ve ilgilimalzeme özellikleri, lifli polimer sargı ve yapısal elemanlar için koda dayalı ayarlar tanımlanır. Malzeme Setleri modülünde,elemanın beton ve donatı mukavemet değerleri belirlenir. Malzeme Seti her yapısal eleman için tanımlanmalıdır. Programda varsayılan iki malzeme seti vardır, biri mevcut elemanlar için mevcut öğretici içerisinde kullanılan *Varsayılan Mevcut*adıyla, diğeri ise onarım için eklenen yeni elemanlar için *Varsayılan Yeni* adıyladır. Kullanıcılar yeni malzeme setleri ekleyebilir veya mecvut olanları düzenleyebilir, ancak varsayılan malzeme tertibini kaldıramazlar. Bu öğretici örnekte Varsayılan Mevcut'u seçin ve beton sınıfı için C20/25 ve çelik sınıfı için S500 atayınız.

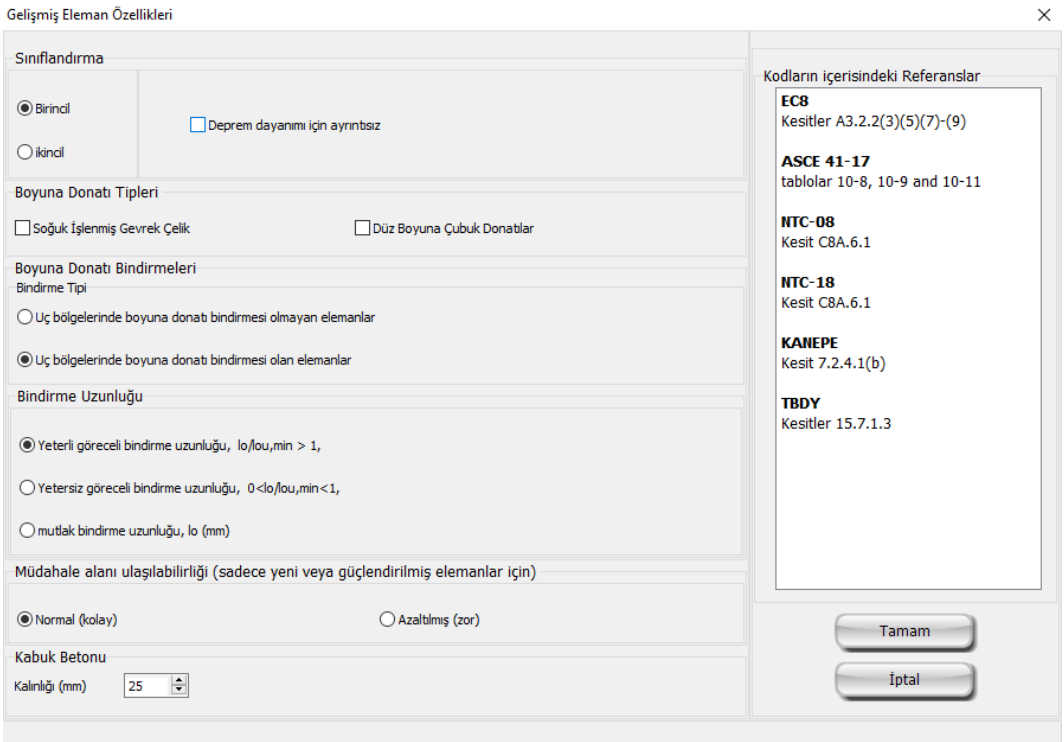


Yapı Modelleyicisi – Malzeme Setleri



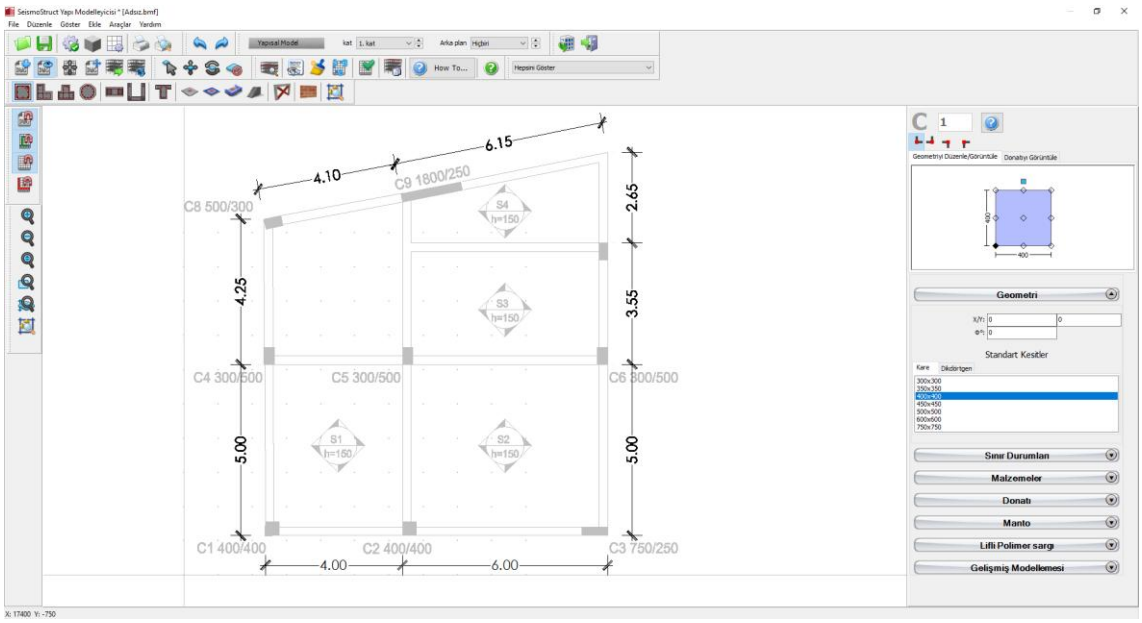
Yapı Modelleyicisi – Var olan Malzemeyi Düzenle

Kullanıcılar *Gelişmiş Eleman Özellikleri* düğmesi üzerine tıklayarak seçilen koda göre yapısal elemanın ayalarını tanımlayabilirler.



Yapı Modelleyicisi – Gelişmiş Eleman Özellikleri

İlaveten, kolonun planda yerleştirileceği 'kesit noktası' (merkez, kenarlar, çevrede noktalar, vb) da yine aynı panelde üst kısımda gösterilen kesit üzerinden seçilebilir. Kesit boyutları kesit üzerindeki değerlere tıklama yoluyla değiştirilebilir, kolonun planda duruş pozisyonuysa döndürme açısı (Φ) yoluyla tanımlanır. Plan görüntüsündeki kolonun döndürme açısı ise 0º, 90º, 180º ve 270ºdüğmeleri yoluyla veya Özellikler Penceresi'nin ilgili düzenleme kutusu üzerinden, uygun açı atanarak değiştirilebilir. Birinci kat kolonu için farklı temel düzeyleri tanımlanabilmesine karşın, bu öğretici örnek içerisinde, ortak bir temel düzeyi olan -1000mm kotu, bütün kolonlara uygulanmıştır.



Yapı Modelleyicisi – Kolon Elemanı Özellikleri

Modelde bulunan elemanlara (kolon/kiriş/duvar) ait boyut ve donatı düzenleri aşağıdaki tablolarda verilmektedir.

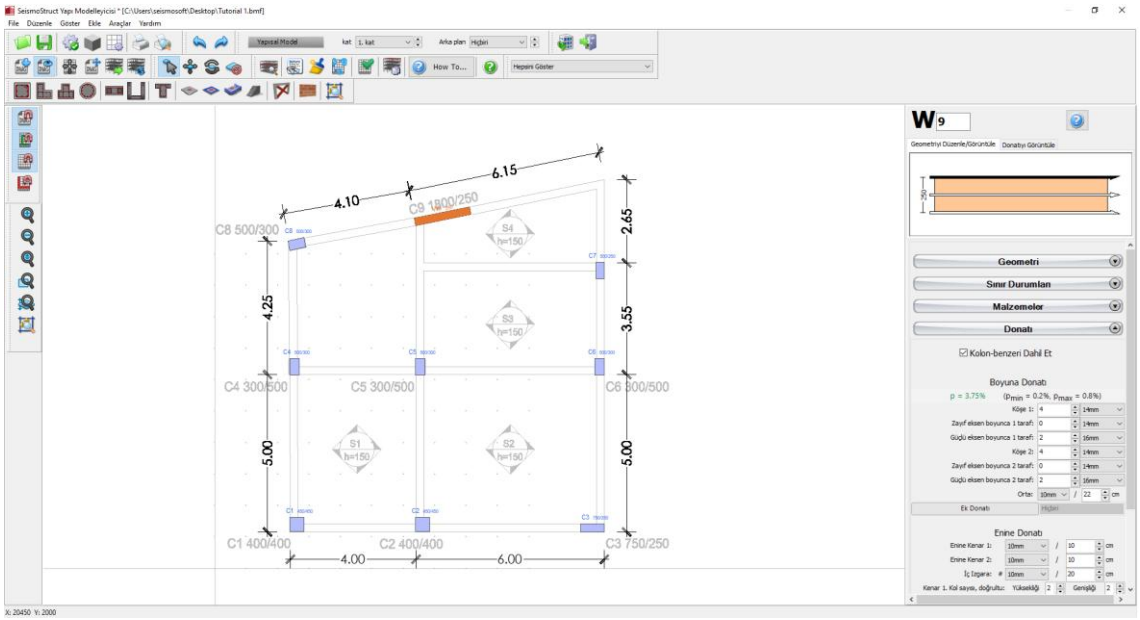
1.Kat Kolonları	Yükseklik (mm)	Genişlik (mm)	Boyuna DonatıDüzeni	Enine DonatıDüzeni
C1	400	400	4∅18+4∅16	∅10/10
C2	400	400	4∅18+4∅16	∅10/10
C3	750	250	4∅16+8∅14	∅10/10
C4	300	500	6∅18	∅10/10
C5	300	500	6∅18	∅10/10
C6	300	500	6∅20	∅10/10
C7	250	500	4∅20+2∅16	∅10/10
C8	300	500	6∅18	∅10/10
C9	250	1800	(4∅16+8∅14)+#∅10/20+(4∅8/m²)	∅10/10

1.Kat Kirişleri Floor	Yükseklik (mm)	Genişlik (mm)	Kiriş Başında B. Donatı Düzeni	Kiriş Başında B. Donatı Düzeni	Kiriş Sonunda B. Donatı Düzeni	Enine Donatı Düzeni
B1	500	250	o3∅14 u4∅14	o2∅14 u4∅14	o3∅14 u4∅14	∅8/10
B2	500	250	o3∅14 u4∅14	o2∅14 u4∅14	o4∅16 u4∅14	∅8/10
B3	500	250	o3∅14 u4∅14	o2∅14 u4∅14	o3∅14 u4∅14	∅8/10
B4	500	250	o3∅14 u4∅14	o2∅14 u4∅14	o2ϕ∅20 u4∅14	∅8/10
B5	500	250	o2∅14 u4∅14	o2∅14 u4∅14	o3∅14 u4∅14	∅8/10
B6	500	250	o3∅14 u4∅14	o2∅14 u4∅14	o2∅14 u4∅14	∅8/10
B7	500	250	o3∅20 u2∅14	o4∅14 u2∅14	o3∅20 u2∅14	∅8/10
B8	500	250	o3∅14 u4∅14	o2∅14 u4∅14	o2∅14 u4∅14	∅8/10
B9	500	250	o2∅14 u4∅14	o2∅14 u4∅14	o2∅18 u4∅14	∅8/10
B10	500	250	o4∅16 u4∅14	o2∅14 u4∅14	o2∅18 u4∅14	∅8/10
B11	500	250	o2∅18 u4∅14	o2∅14 u4∅14	o2∅14 u4∅14	∅8/10
B12	500	250	o2∅14 u4∅14	o2∅14 u4∅14	o3∅18 u4∅14	∅8/10
B13	500	250	o2∅18 u4∅14	o2∅14 u4∅14	o3∅14 u4∅14	∅8/10
B14	500	250	o2∅18 u4∅16	o2∅16 u4∅16	o2∅16 u4∅16	∅8/10
B15	500	250	o4∅16 u2∅16	o4∅16 u2∅16	o4∅16 u2∅16	∅8/10

2.Kat Kolonları	Yükseklik (mm)	Genişlik (mm)	Boyuna DonatıDüzeni	Enine Donatı Düzeni
C2	400	400	4∅18+4∅16	∅10/10
C3	750	250	4∅16+8∅14	∅10/10
C5	300	500	4∅20+2∅16	∅10/10
C6	300	500	6∅20	∅10/10
C7	250	500	4∅20+2∅16	∅10/10
C8	250	1800	(4∅16+8∅14)+#∅10/20+(4∅8/m^2)	∅10/10

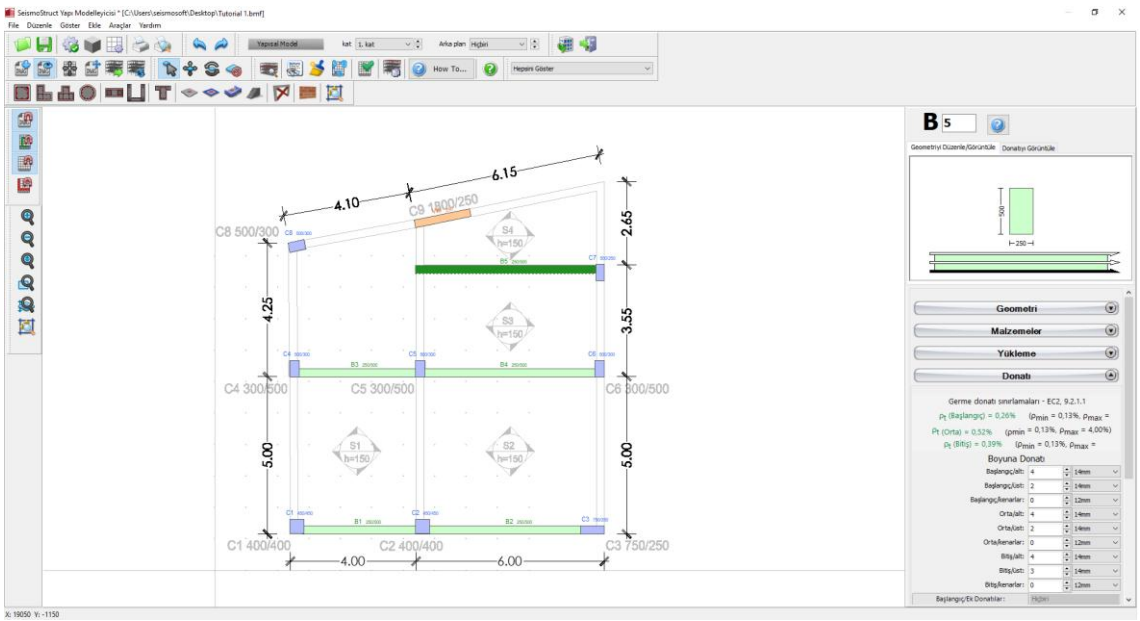
2.Kat Kirişleri	Yükseklik (mm)	Genişlik (mm)	Kiriş Başında B. Donatı Düzeni	Kiriş Başında B. Donatı Düzeni	Kiriş Sonunda B. Donatı Düzeni	Enine Donatı Düzeni
B1	500	250	o4∅16 u4∅14	o2∅14 u4∅14	o4∅16 u4∅14	∅8/10
B2	500	250	o2∅18 u4∅14	o2∅14 u4∅14	o2∅18 u4∅14	∅8/10
B3	500	250	o2∅14 u4∅14	o2∅14 u4∅14	o3∅14 u4∅14	∅8/10
B4	500	250	o3∅20 u4∅14	o2∅14 u4∅14	o2∅14 u4∅14	∅8/10
B5	500	250	o2∅18 u4∅14	o2∅14 u4∅14	o3∅14 u4∅14	∅8/10
B6	500	250	o3∅14 u4∅14	o2∅14 u4∅14	o2∅14 u4∅14	∅8/10
B7	500	250	o2∅14 u4∅14	o2∅14 u4∅14	o3∅18 u4∅14	∅8/10
B8	500	250	o3∅14 u4∅14	o2∅14 u4∅14	o3∅14 u4∅14	∅8/10
B9	500	250	o3∅14 u4∅14	o2∅14 u4∅14	o2∅14 u4∅14	∅8/10
B10	500	250	o4∅16 u2∅16	o4∅16 u2∅16	o4∅16 u2∅16	∅8/10

Duvar Ekle butonununa tıkladıktan sonra, sağda beliren Duvar Özellikleri Penceresi'nden boyutlar, donatı şeması(iki kenarda ve ortadaboyuna ve enine), kolon-benzeri uzunluk, temel seviyesi, malzeme seti, lifli polimer sargı (FRP) ve gelişmiş koda dayalı özelliklertanımlanabilir ve/veya değiştirilebilir. Kesidin plana ekleneceği kenarın seçimi de benzer bir şekilde sağ üstte gösterilen kenarlardan birinin seçimi yoluyla yapılır ve Ana Pencere'den plandaki konumuna yerleştirilir.

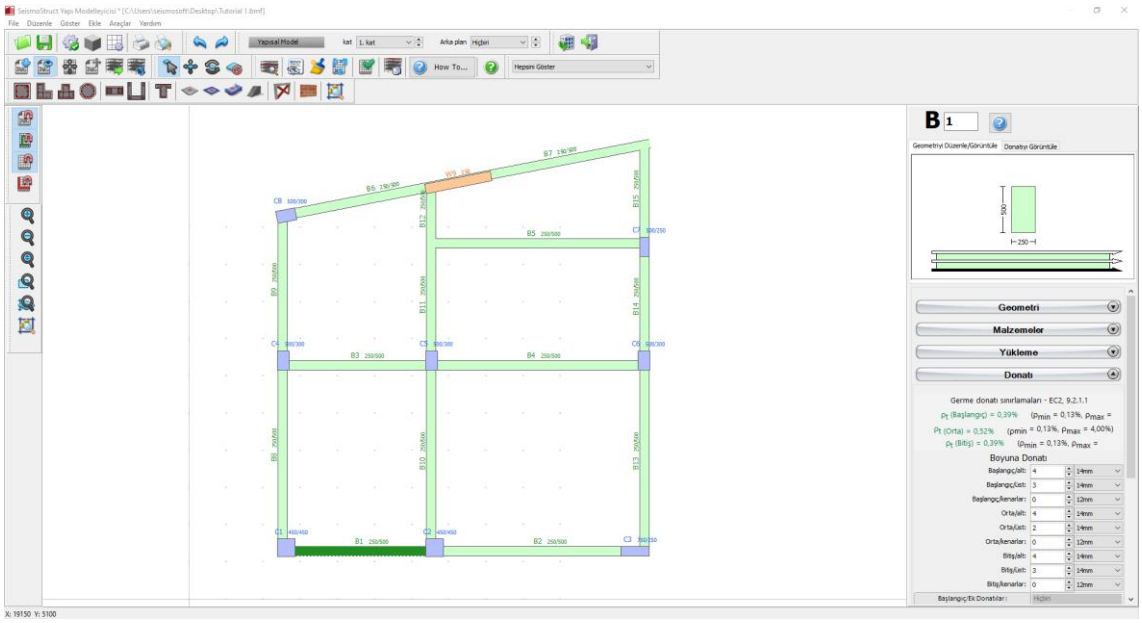


Yapı Modelleyicisi – Duvar Elemanı Özellikleri

Kirişler de kolon ve duvarlara benzer olarak ana menü üzerinden (*Ekle* > *Kiriş*) veya ilgili araç çubuğu düğmesi ( ) yoluyla tanımlanır. Geometri,donatı şablonu, malzeme seti, gelişmiş özellikler daha önce belirtildiği gibi düzenlenebilir; plandaki konumunaysa tercih edilen eksenin sağ üstte gösterilen görünümden seçilmesi yoluyla yerleştirilir. Yapısal sistemin ölü yüküyle veya döşemelerin hareketli yüküyle ilişkilendirilmeyen herhangi bir kalıcı yükü tanımlamaya yarayacak olan ek yayılı yük de tanımlanabilir.

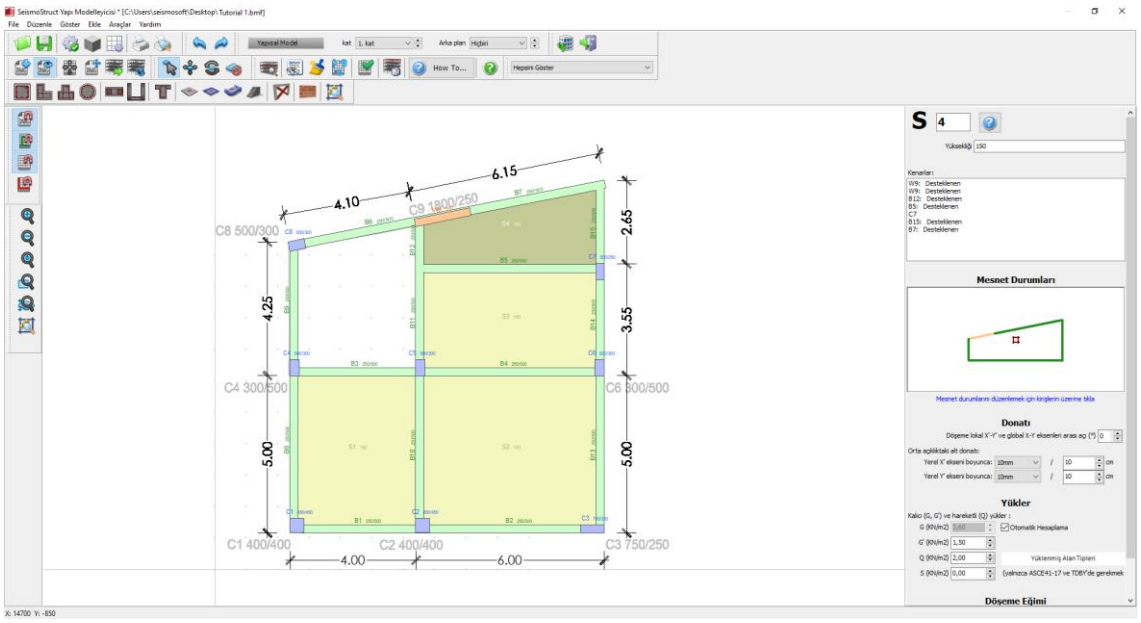


Yapı Modelleyicisi – Elemanların Eklenmesi



Yapı Modelleyicisi – Kiriş Elemanı Özellikleri

Döşemelerin eklenmesi ana menü üzerinden (*Ekle > Döşeme*) veyaaraç çubuğu düğmesi ( )yoluyla yapılır. Ardından, döşeme özellikleri (yükseklik, ek kalıcı vehareketli yüklerin yanı sıra kesitin yüksekliği ve donatısı) tanımlanır ve yerleştirilmesi için yapısal elemanlar(kolonlar,duvarlar ve kirişler) tarafından çevrili olan bir alana tıklanır. Beliren "Yüklenen Alan Tipi" butonuyla, hareketli yükler seçilen kodun yükleme kategorisine göre otomatik olarak atanır. Döşemenin zati ağırlığı; malzeme, geometri ve yükseklik bilgilerine göre otomatik olarak hesaplanır. Döşeme tanımlandıktan sonra,döşeme yüklerinin dağıtılacağı kirişleri belirleyen destek koşulları, Özellikler Penceresi'ndeki ilgili sınırlara tıklayarak değiştirilebilir. Ayrıca, eğimli veya yükseltilmiş döşeme atama seçeneği, koordinatları ve döşemenin sadece üç noktasındaki yüksekliği tanımlanarak kullanılabilir duruma gelir.

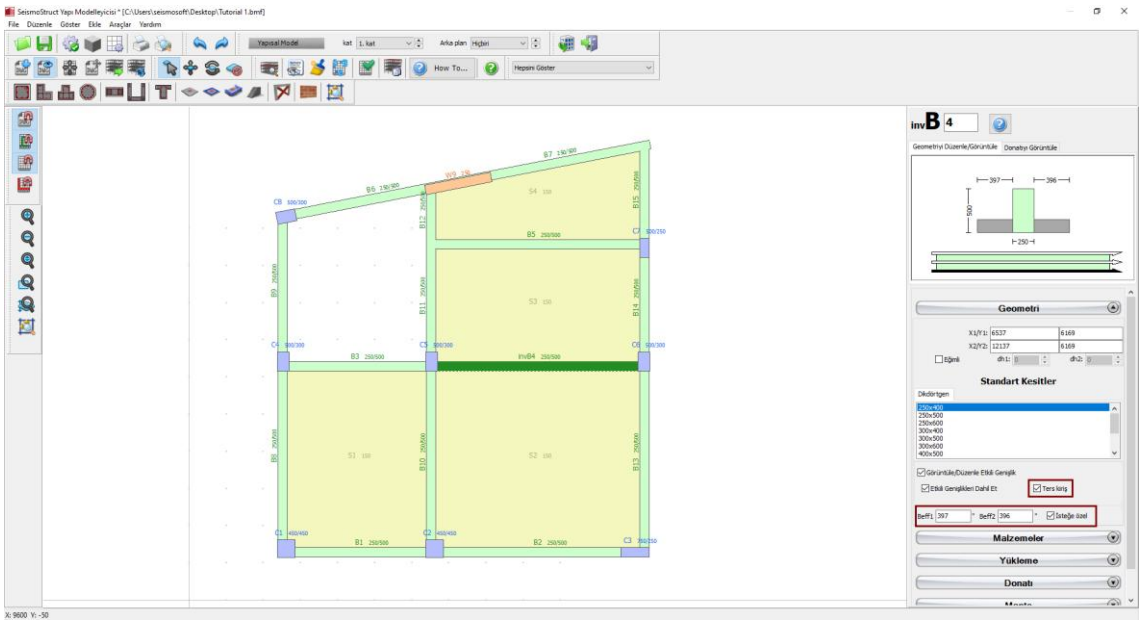


Yapı Modelleyicisi – Döşeme Elemanı Özellikleri



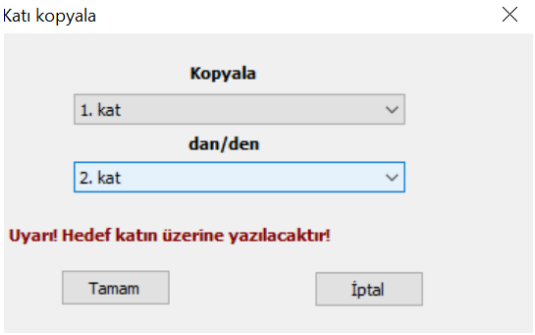
Yapı Modelleyicisi – Yüklenmiş Alan Kategorileri

Tüm elemanları ekledikten sonra, herhangi bir keside ait özellikleri üzerine tıklamak yoluyla görüntüleyebilir veya değiştirebilirsiniz. Döşemelerin tanımlanmasının akabinde her bir kirişe ait etkili genişlik otomatik olarak hesaplanır; bu değer kullanıcı tarafından Kiriş Özellikleri Penceresi'nden değiştirilebilir (bkz: aşağıdaki şekil).



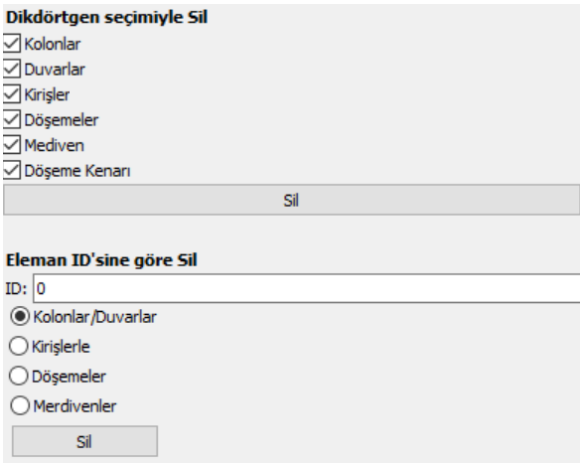
Yapı Modelleyicisi – Kiriş Elemanı Özellikleri

Bu aşamada, 2. katı hali hazırda tanımlı olan 1. Katı kopyalayarak tanımlayabiliriz. Bu işlem, ana menü (*Araçlar > Katı Kopyala...*) veya ilgili düğme ( ) yoluyla gerçekleştirilebilir.



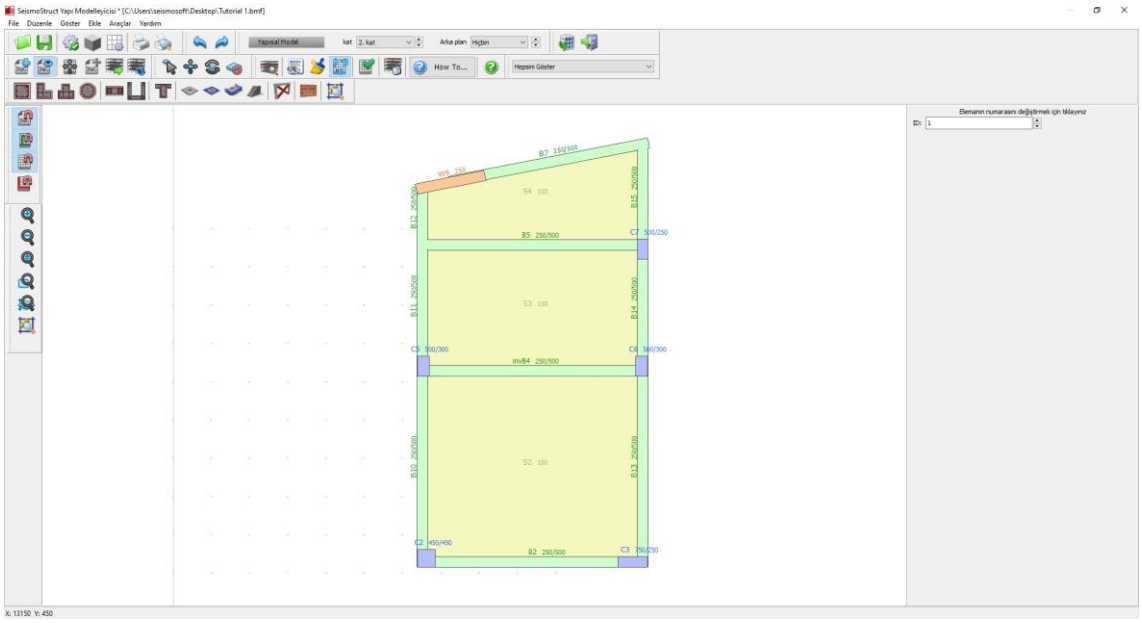
Yapı Modelleyicisi – Kat kopyalama iletişim kutusu

İkinci katta mevcut olmayan elemanlarkullanıcılar ana menüde bulunan (*Araçlar > Sil...*)komutundan düğmesine tıklanarak veya Ana Pencere üzerinde bir diktörtgen alan seçilip sil butonuna basarakyapılabilir.



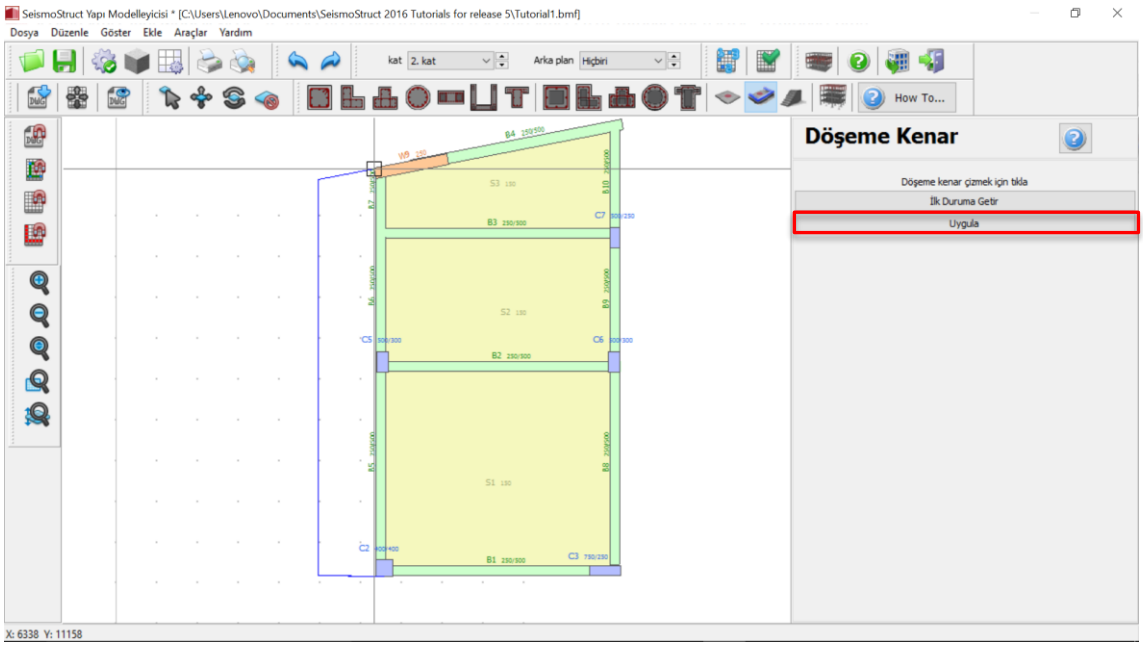
Yapı Modelleyicisi – Eleman silme iletişim kutusu

Yapısal elemanların tekrar numaralandırılması servisine ana menu üzerinden (*Araçlar > Elemanları Tekrar Numaralandır...)* veya ilgili araç çubuğu düğmesi ( ) yoluyla erişilebilir. Bir elemana tıklanmasının ardından seçilmiş olan numara o elemana atanır, kalan elemanlarsa tekrar numaralandırılır.



Yapı Modelleyicisi – Elemanların tekrar numaralandırılması

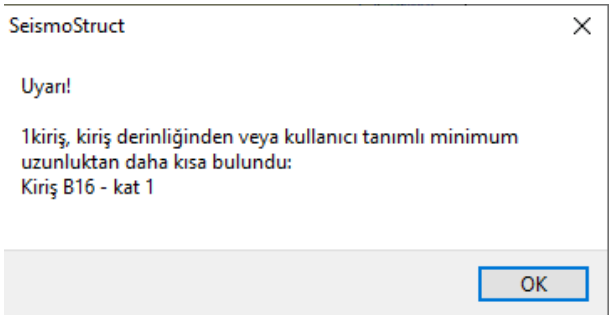
Konsol döşemelerin (ör: balkon) tanımlanabilmesi için öncelikle Serbest Kenar (veya Serbest Kenarların) tanımlanması gereklidir. Bu işlem ana menu (*Ekle >Döşeme Kenarları& Ankastreler*) veya ilgili araç çubuğu düğmesi ( ) yoluyla gerçekleştilir.Ankastre kenarına ait noktaların seçilmesinin ardından sağ panelde bulunan *Uygula* düğmesine tıklanır ve yapısal elemanlar/Serbest Kenarlar vasıtasıyla kapalı bir alan oluşturulur. Ardından, bu alana tıklanarak ankastre döşeme tanımlanır.



Yapı Modelleyicisi – Serbest Kenar eklenmesi

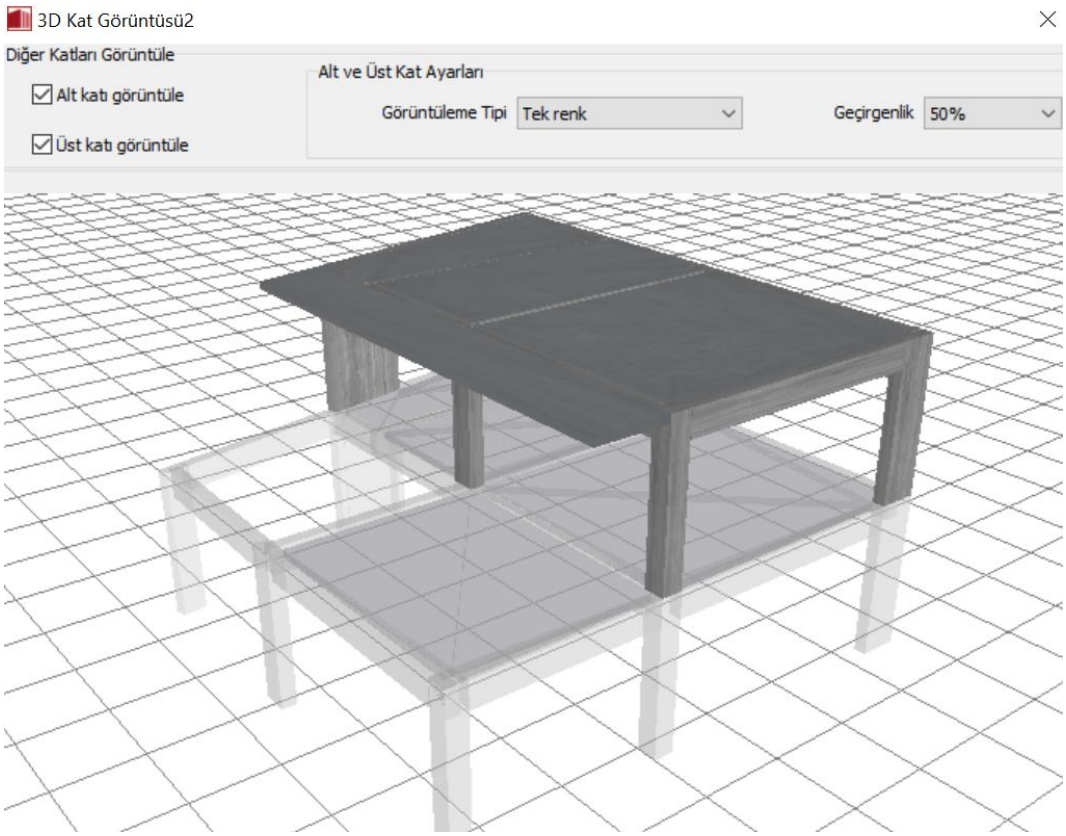
Yapısal modelin oluşturulmasının ardından, grafiksel öğelerden kaynaklı olarak, bir veya birden fazla kısa kirişin oluşması son derece sık rastlanan bir durumdur(örneğin, bir kirişin ucunu bir kolon kenarının biraz ötesine uzatarak) . Bunun önüne geçebilmek için eleman bağlantılarını program içinde doğrulamak gerekmektedir. Bu işlemi ana menu üzerinden (Araçlar > Bağlantıları Teyit Et) veya araç çubuğu üzerinde bulunan ( ) düğmesine tıklayarak gerçekleştirebilirsiniz. Bu tür kirişler varsa,

aşağıdaki mesaj görüntülenir. kesit yüksekliğinden daha küçük serbest açıklığa sahip herhangi bir kirişin varlığı için



Yapı Modelleyicisi – Bağlantıları Teyit Et

Ayrıca, araç çubuğu düğmesi vasıtasıyla,doğruluğunu kontrol etmek için geçerli katın 3D modelini görüntülüyebilirsiniz.

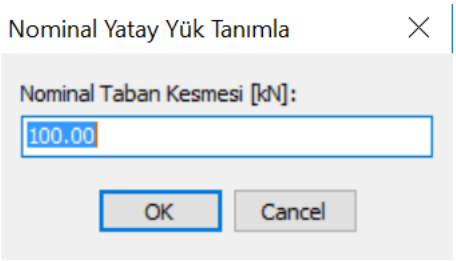


Yapı Modelleyicisi- Katın 3D Modelini Görüntüle

Bu aşamada yapı modeli tamamen oluşturulmuş durumdadır. Ana menü (*Dosya > Farklı Kaydet ...*)/ (*Dosya >Kaydet*) veya ilgili araç çubuğu düğmesi ( ) vasıtasıyla Yapı Modelleyicisi Proje'sini, Yapı Modelleyicisi dosyası olarak (*.bmf uzantılı olarak, ör: Tutorial 1.bmf) kaydediniz. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, bu projenin *.spf uzantısına sahip olmadığı için SeismoStruct tarafından açılamayacağı, yalnızca Yapı Modelleyicisi tarafından açılabileceğidir.

Kayıt işleminden sonra yeni bir SeismoStruct Projesi oluşturmak için hazır durumda bulunmaktasınız. SeismoStruct Projesi'ni tanımlayabilmek için, ana menu komutunu (*Dosya >Çık ve Proje Oluştur*) takip edebilir ya da ilgili araç çubuğu düğmesine ( ) tıklayabilirsiniz. Seçilmiş olan analiz tipine bağlı olarak

yeni bir pencere belirir; bu bizim örneğimizde itme analizi için taban kesme kuvvetinin tanımlandığı penceredir.



Yapı Modelleyicisi – Toplam Taban Kesme Kuvveti

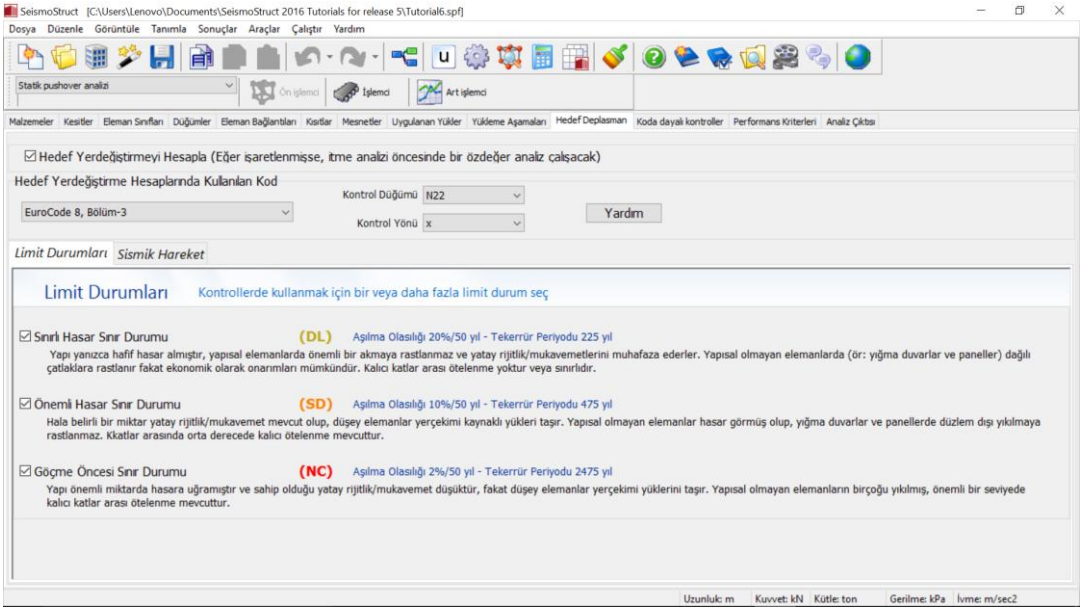
Ardından, sistemin sahip olduğu kütle dağılımına göre program otomatik olarak eşdeğer artımsal yükleri düğümlere dağıtır.

Ön İşlemci-Yükleme Aşamaları

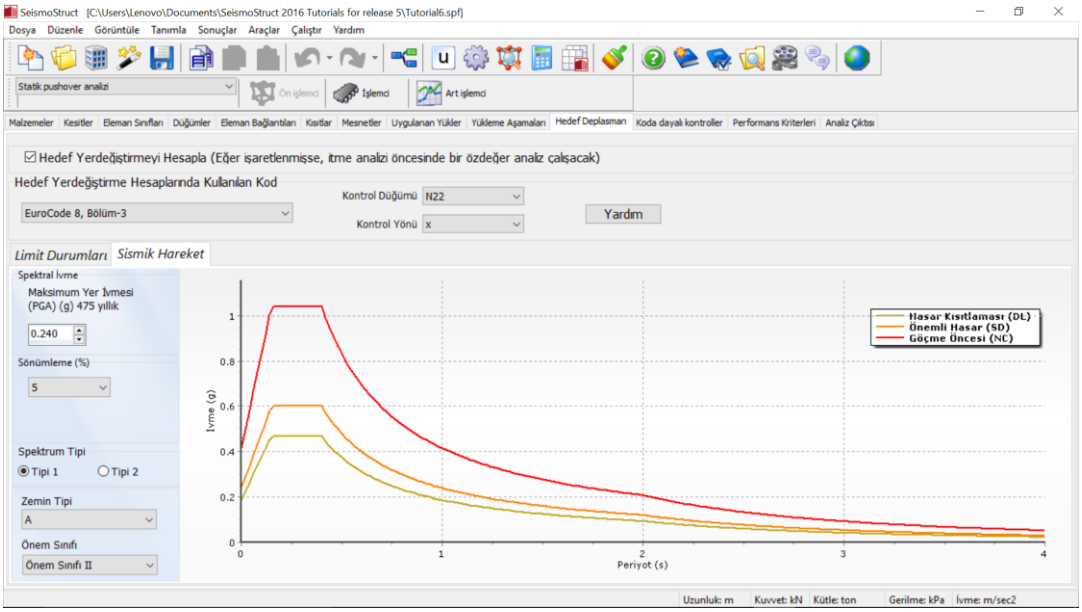
İtme analizine ait yükleme stratejisi **Yükleme Aşamaları** modülünde tanımlanır. Program, varsayılan ayar olarak %2 toplam ötelenme oranına sahip *Davranış Kontrollü* İtme Analizi'ni yükler, hedef deplasmana da 50 adımda ulaşır. Yükleme doğrultusu X'dir ve en büyük yükleme değerinin uygulandığı tepe noktası da kontrol düğüm noktasıdır.

Ön İşlemci-Hedef Deplasman

Kullanılan kod, kontrol düğümü ve yönü, seçilen Limit (Sınır) Durumu veya Performans Hedefleri ve Sismik Hareketkolayca bu modülde kolayca tanımlanabilir. Varsayılan seçenekler bu öğretide kullanılacaktır.



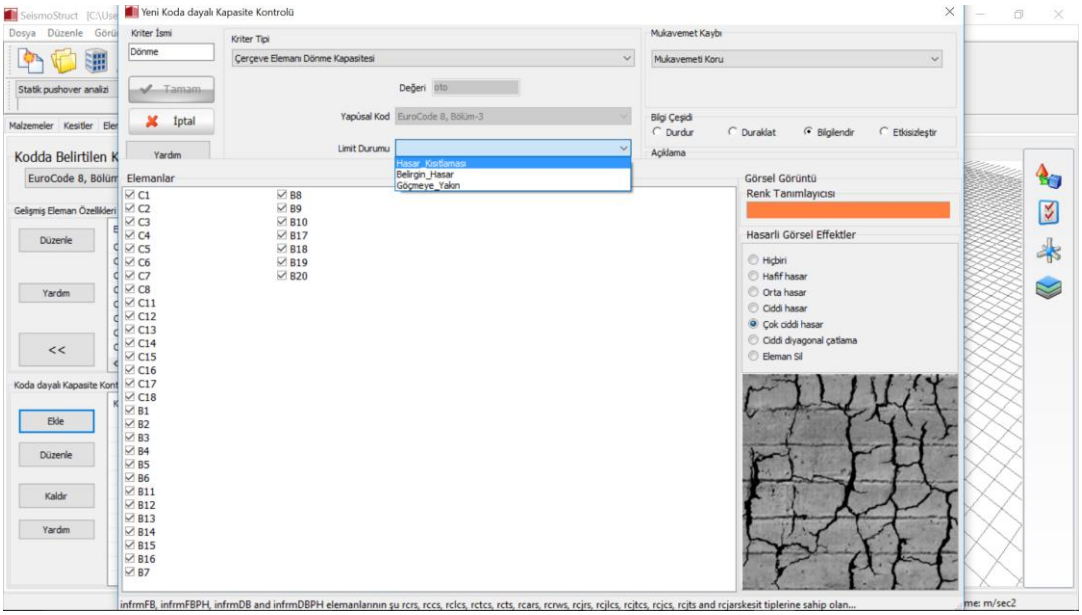
Hedef Deplasman – Limit (Sınır) Durumları



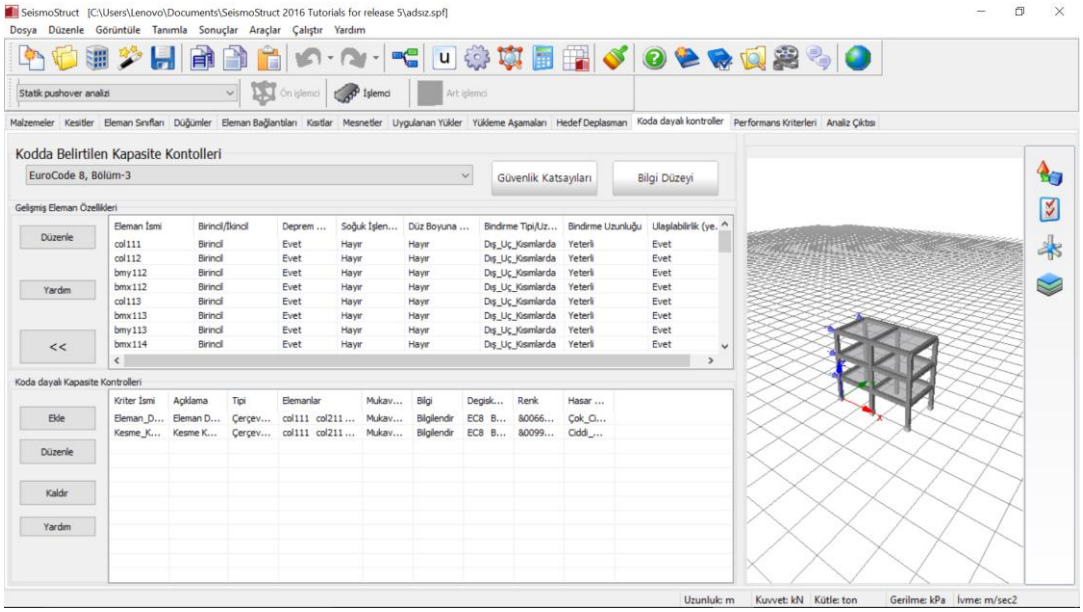
Hedef Deplasman – Sismik Hareket

Önİşlemci-Koda dayalı Kontroller

2016 sürümünden itibaren, eleman dönmesi ve kesme kapasitesi kontrollerinin otomatik olarak yapılacağı bir seçenek sunar. Bu modülde Güvenlik Katsayıları ve elde edilen Bilgi Düzeyinin yanı sıra kontroller için kullanılacak kod da seçilebilir. Ayrıca, Yapı Modelleyicisi'nde tanımlanan bütün elemanların Gelişmiş Eleman Özellikleri de görüntülenebilir ve Koda dayalı Kontroller modülünden değiştirilebilir. Bu öğretici örneğin amacından dolayı, belirgin hasar limit durumundaki eleman dönmesi ve kesme kapasitesi kontrolü tanıtılacaktır.



Yeni Koda Dayalı Kapasite Kontrolü modülü



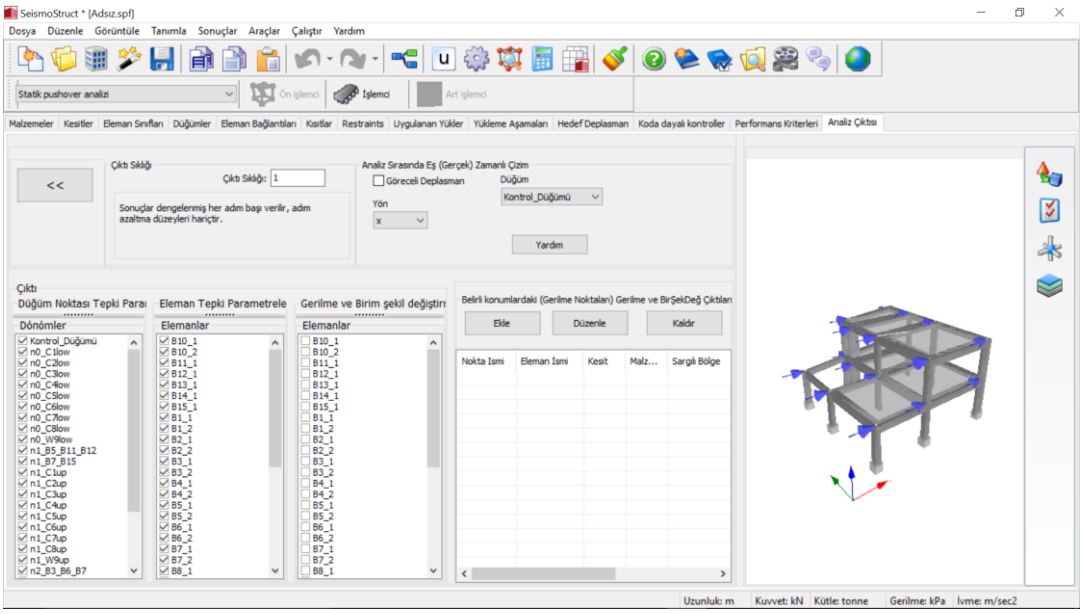
Koda dayalı Kontroller Modülü

Ön İşlemci-Performans Kriterleri

Performans Kriterleri modülü, Yapı Modelleyicisi Ayarları'nda tanımlanan sınır değerlere gore ayarlanmış olarak belirir. Varsayılan kontrol ayarları eleman dönmesi ve kesme mukavemetidir.

Ön İşlemci-Analiz Çıktısı

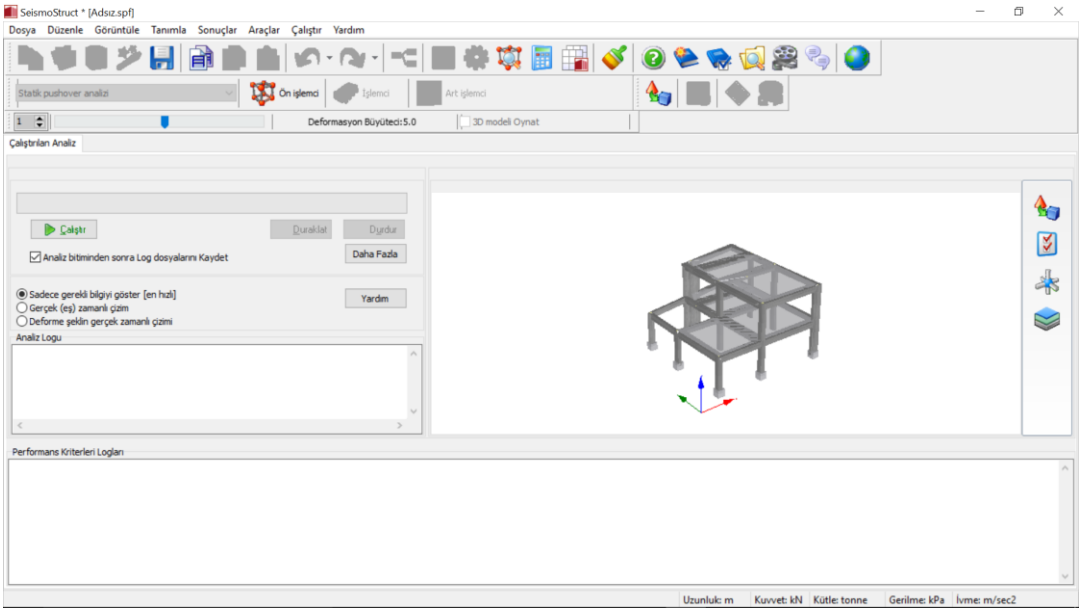
İşlemci alanına ulaşmadan önce, çıktı tercihlerini **Analiz Çıktıları** modülünden ayarlamak gereklidir, ve gösterildiği gibi gerçekleştirilir:



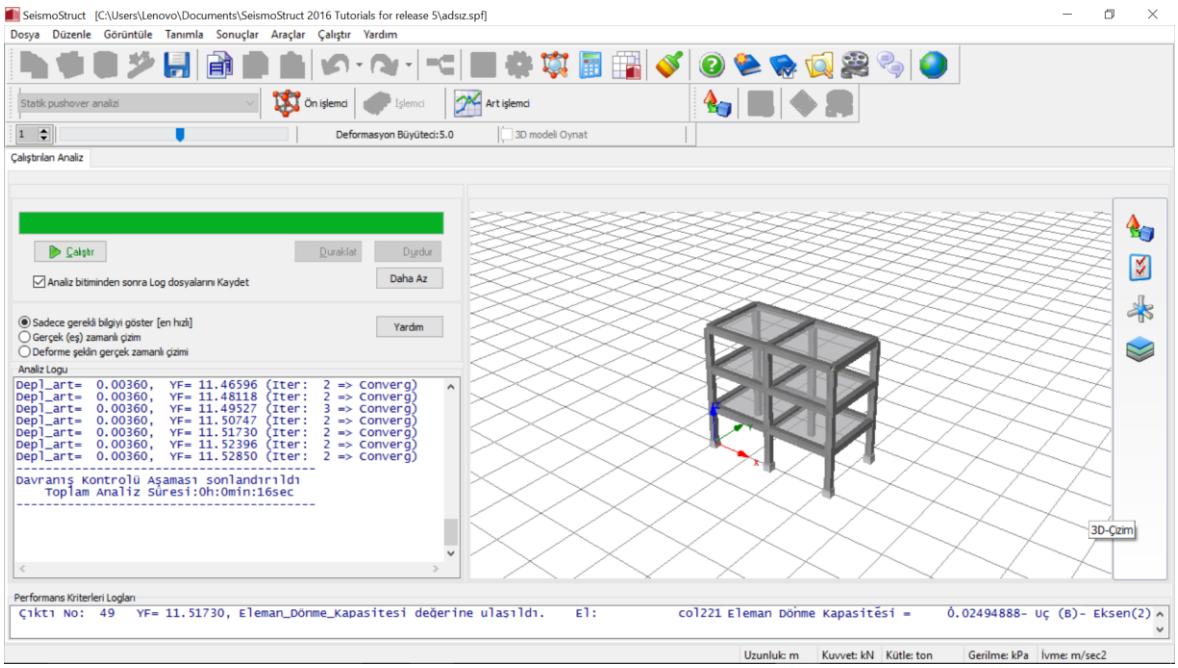
Analiz Çıktısı modülü

İşlemci

İşlemci alanı içerisinde, analiz çalıştırılır. *Çalıştır* düğmesine tıklayınız.



İşlemci alanı



Analizin çalıştırılması

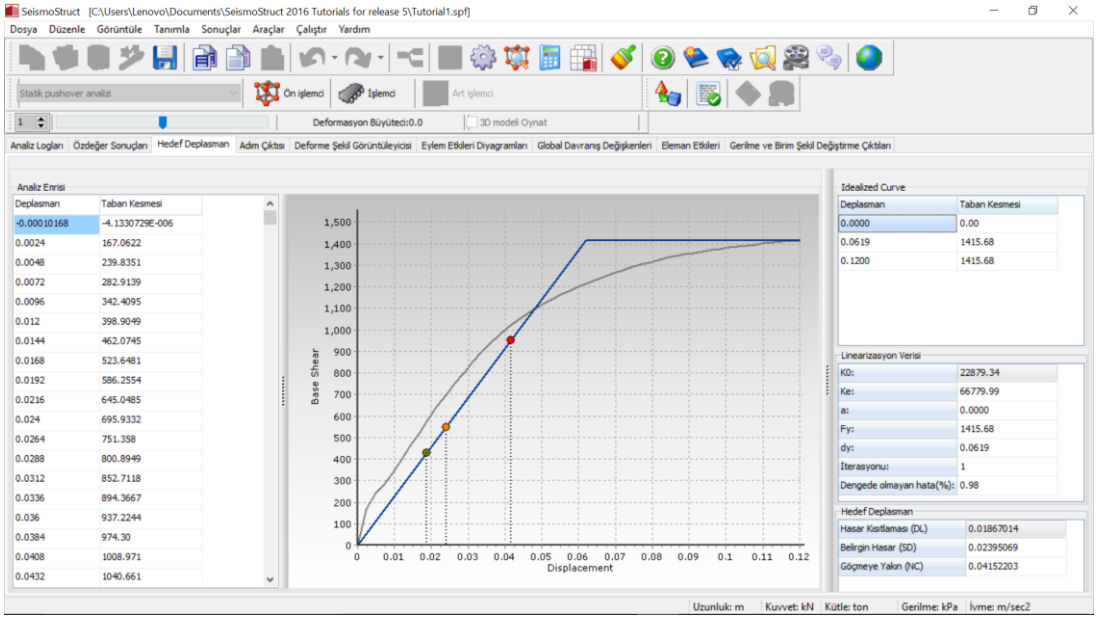
NOT: Analizçalıştırılırken, üçfarklı grafiksel (görsel) seçenekten faydalanabilirsiniz: (i) sadece gerekli bilginin gösterilmesi, (ii) eş (ya da gerçek) zamanlı çizim (bu örnekte Taban Kesmesi-Tepe Noktası Deplasmanı) ve (iii) deforme şeklin eş (ya da gerçek) zamanlı çizimi. İlk seçenek, aynı zamanda en hızlı olan seçenektir.

Analiz son bulduğunda, araç çubuğu üzerinden ilgili düğmeye () tıklayınız ya da ana menüden *Çalıştır > Art İşlemci* yolunu seçiniz.

Art İşlemci – Hedef Deplasman

Art İşlemci alanı, sonuçların tablo veya grafiksel formatta görüntülenebildiği ve herhangi başka bir Windows uygulamasına kopyalanabildiği bir seri modülden oluşmaktadır.

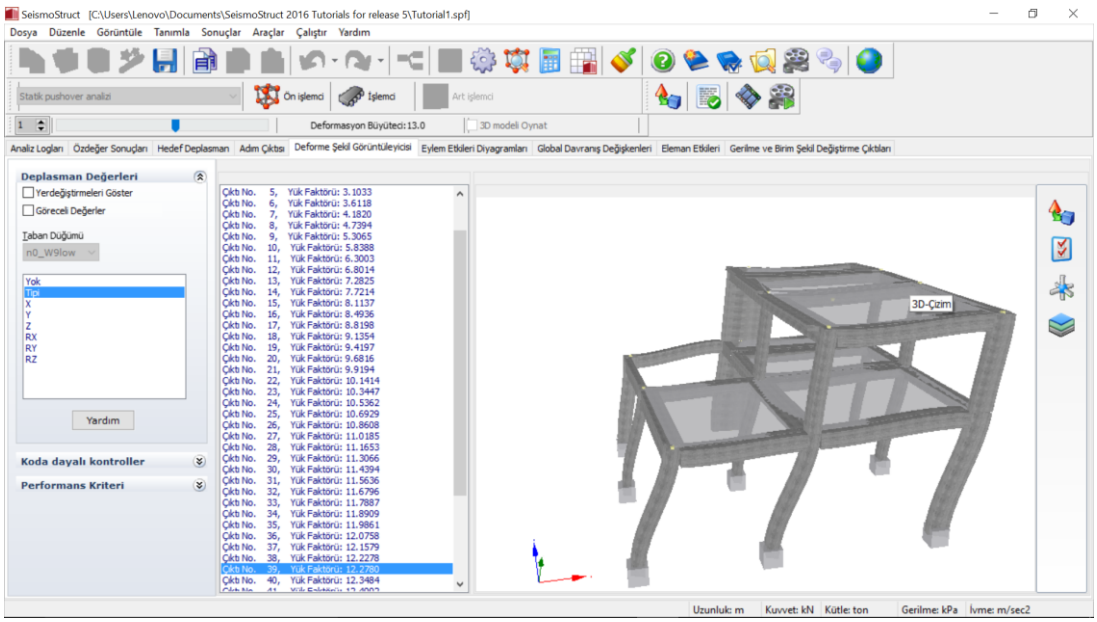
Hedef Deplasman modülünde,Ön İşlemcide seçilen limit durum için hesaplanan hedef yerdeğiştirmenin yanısıra,linearizasyonun öncesinde ve sonradında, kapasite eğrilerini görüntüleme imkanınız vardır.



Hedef Deplasman Modülü

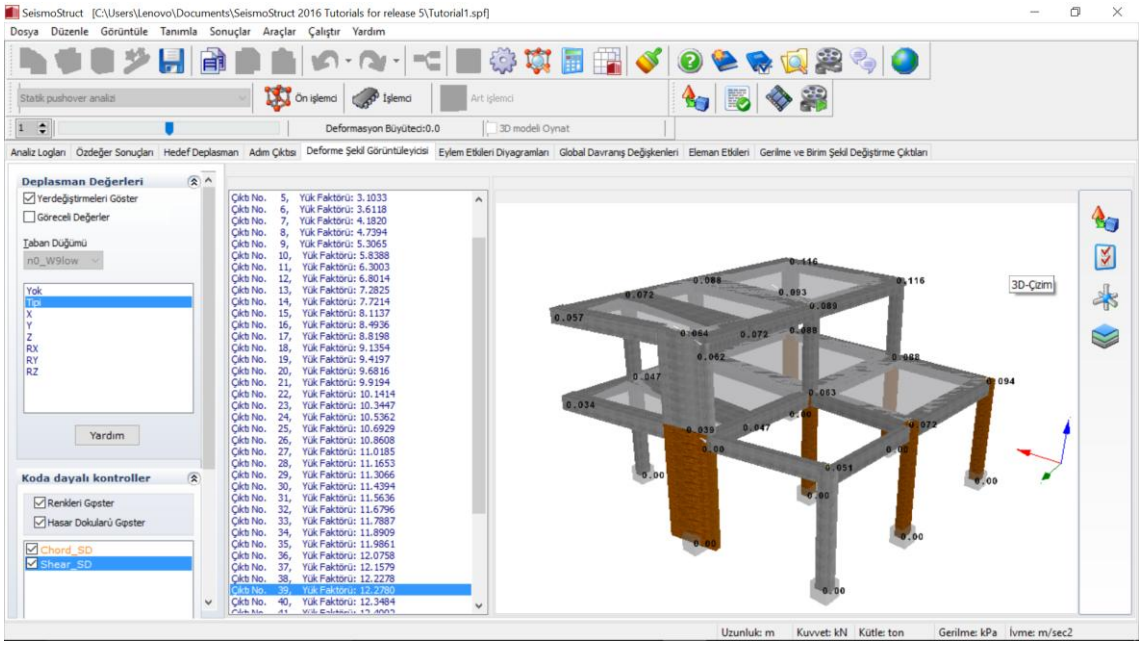
Art İşlemci – Deforme Şekil Görüntüleyicisi

Deforme Şekil Görüntüleyicisi modülünde, analizin her adımında deforme şekli görüntüleme imkanınız vardır. İlgili çıktı tanımlayıcısını (ismini) tıklayarak deforme şekli güncelleyebilirsiniz (bkz. alttaki şekil).



Deforme Şekil Görüntüleyicisi modülü

Tanımlı performans kriterlerine veya koda dayalı kontrole göre sınır değerleri aşılmış elemanlar, ilgili görüntüle seçeneği tıklanarak ve görüntülenen kontrollerin ve kriterlerin altındaki listelerden seçilerek görüntülenebilir. Deplasman değerleriyse, ilgili kutucuğun işaretlenmesi yoluyla görüntülenir.



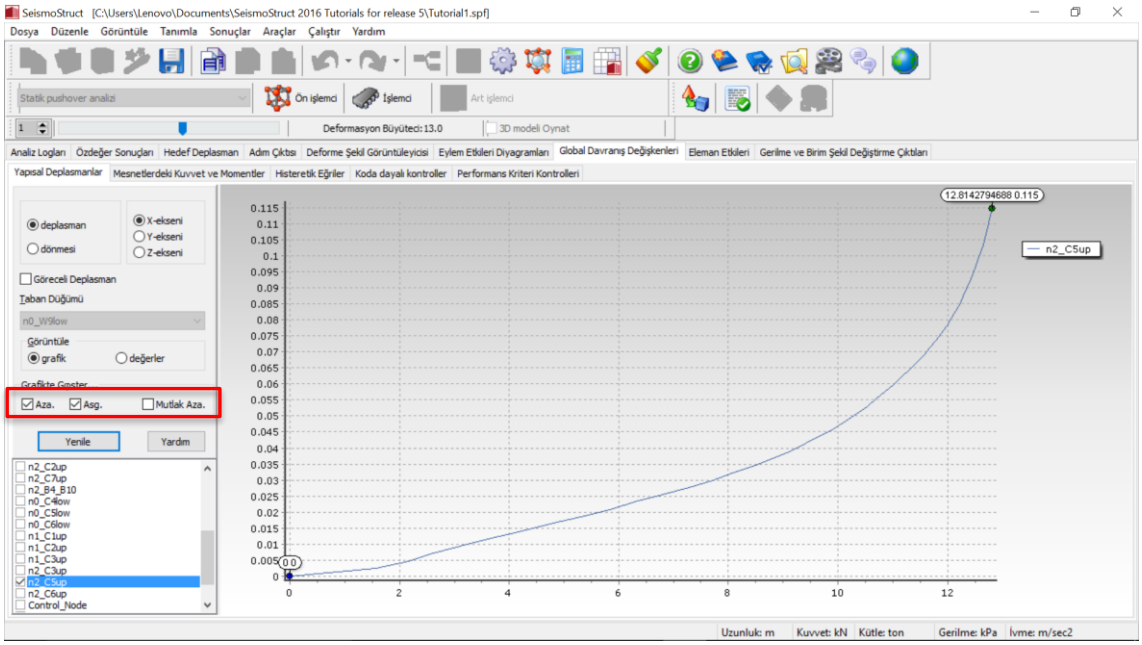
Deforme Şekil Modülü – Deformasyonlar ve Koda dayalı kontroller görünümü

Art İşlemci – Global Davranış Değişkenleri

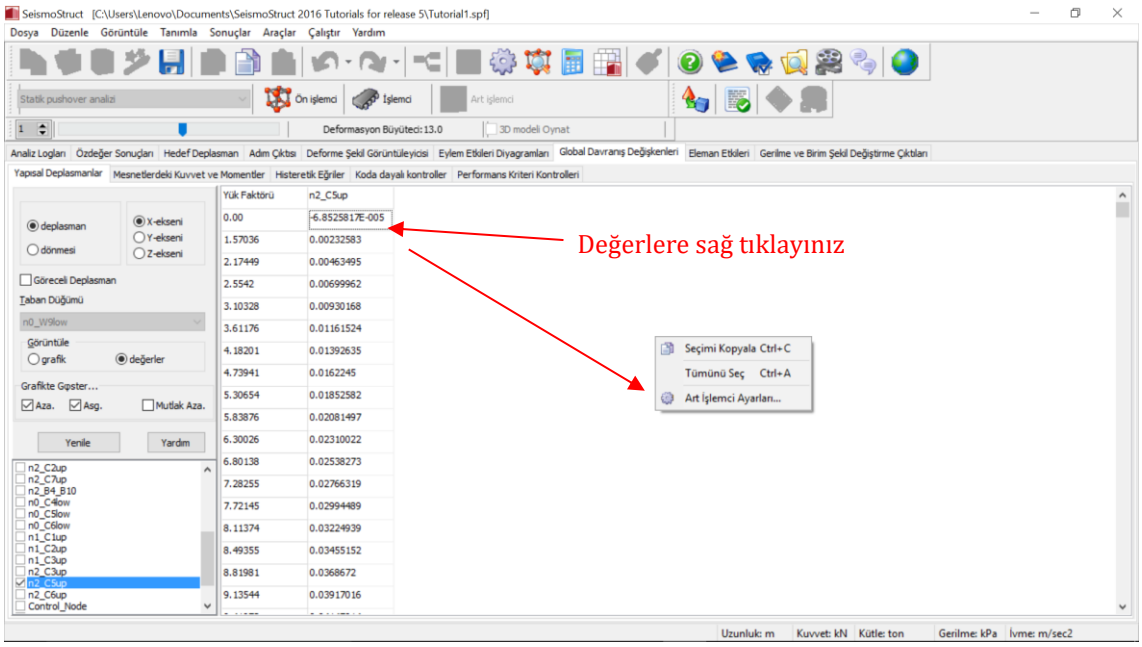
Global Davranış Değişkenleri modülünde şu sonuçların çıktısını alabilirsiniz: (i) yapısal deplasmanlar, (ii) mesnetlerdeki kuvvet ve momentler ve (iii) histeretik eğriler.

Öncelikle, x yönündeki deplasmanları görüntüleyebilmek için (i) *Yapısal Deplasmanlar* sekmesine tıklayıp, (ii) sırasıyla, *deplasman* ve *x-ekseni*'ni seçip, (iii) listeden karşılık gelen düğümü ilgili kutucuğu işaretleyerek seçip (-> n2_C5up), (iv) sonuç görüntüleme şeklini (*grafik* veya *değerler*) belirleyip, (v) *Yenile* düğmesine tıklayınız.

NOT: Sonuçlar global koordinat sistemindedir, Excel veya benzeri bir programa aşağıda gösterildiği gibi aktarılabilir.

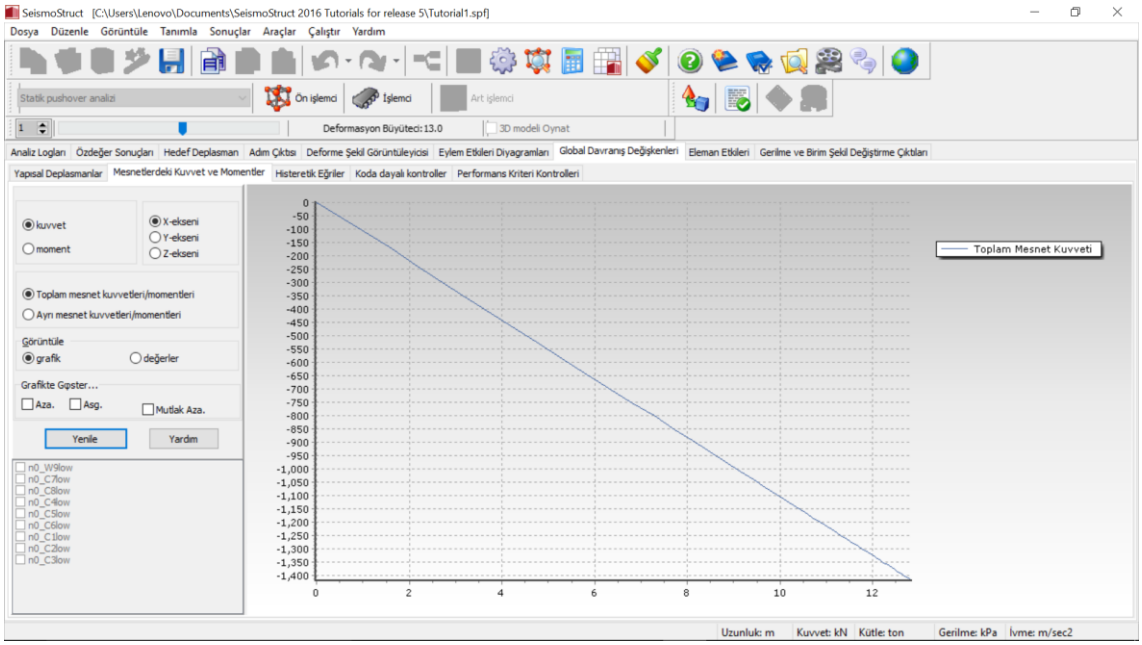


Global Davranış Değişkenlerimodülü (Yapısal deplasmanlar – grafik modu)



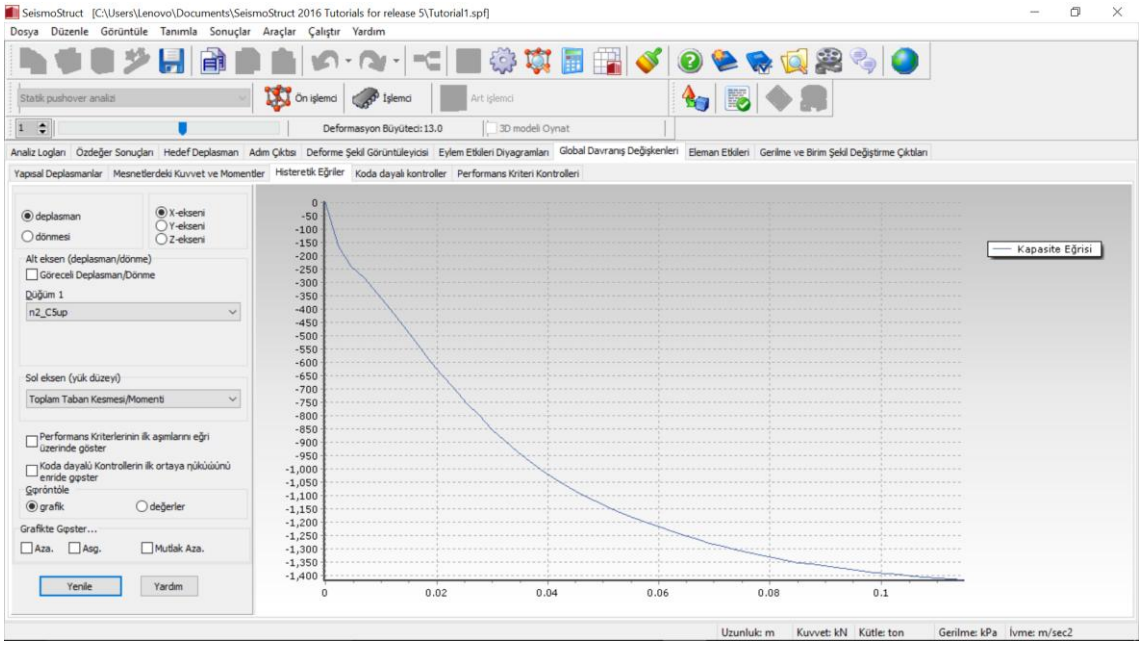
Global Davranış Değişkenleri modülü (Yapısal deplasmanlar – değerler modu)

İkinci olarak, toplam mesnet kuvvetlerini (toplam taban kesmesini) elde edebilmek için: (i) *Mesnetlerdeki Kuvvet ve Momentler* sekmesine tıklayıp, (ii) sırasıyla; *kuvvet*, *x ekseni* ve *toplam mesnet kuvvetleri/momentleri*'ni seçip, (iii) sonuç görüntüleme şeklini (*grafik* veya *değerler*) belirleyip, (iv) *Yenile* düğmesine tıklayınız.



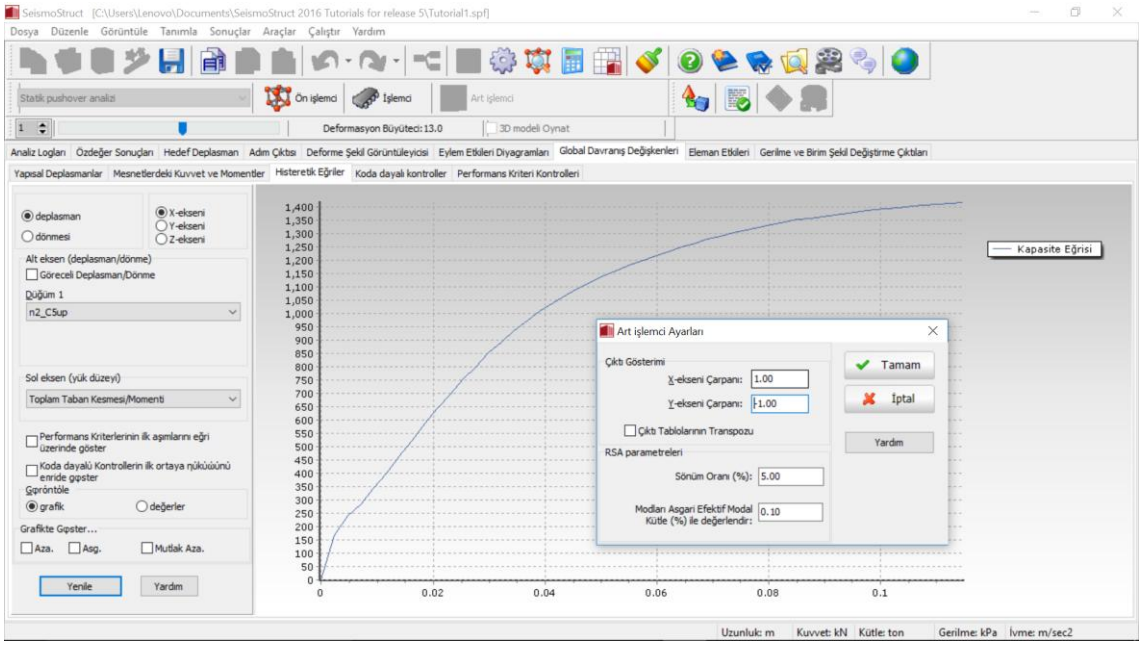
Global Davranış Parametreleri modulü (Mesnetlerdeki Kuvvet ve Momentler – grafik modu)

Üçüncü olarak, yapınıza ait kapasite eğrisini çizdirebilmeniz için: (i) *Histeretik Eğriler* sekmesine tıklayıp, (ii) sırasıyla; *deplasman* ve *x-ekseni*'ni seçip, (iii) alt eksende görüntülemek için aşağı çekilen menüden karşılık gelen düğümü (ör. n2_C5up) seçip, (iv) sol eksende görüntülemek için *Toplam Taban Kesmesi/Momenti* seçeneğini seçip, (v) sonuç görüntüleme şeklini (*grafik* veya *değerler*) belirleyip, (vi) *Yenile* düğmesine tıklayınız.



Global Davranış Parametreleri Modulü (Histeretik Eğriler – grafik modu)

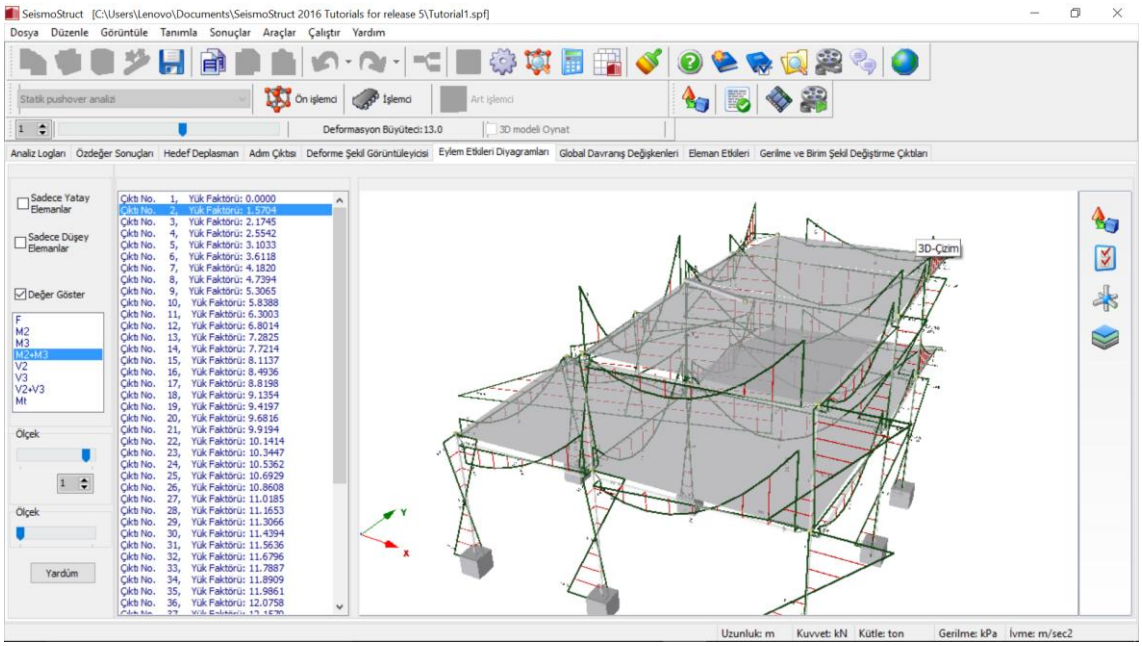
Kesme kuvvetlerini pozitif olarak görüntüleyebilmek için, (i) 3D çizim penceresine sağ tıklayıp, (ii) Art İşlemci Ayarları'nı seçip, (iii) Y-ekseni çarpanı yerine "-1" değerini giriniz.

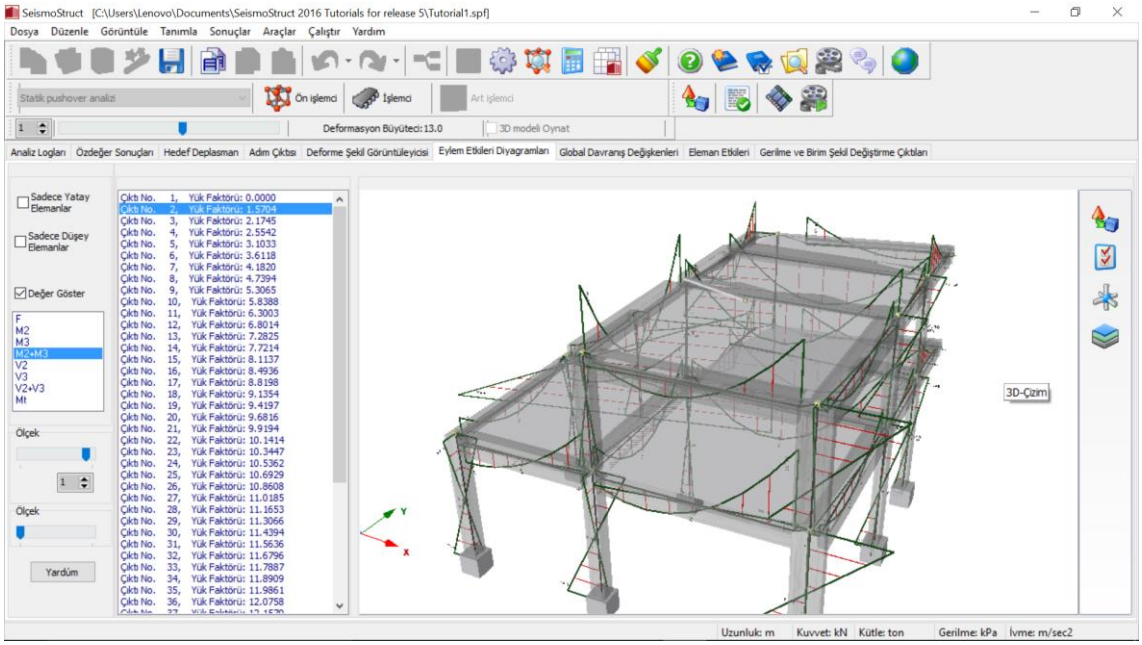


Global Davranış Parametreleri Modulü (HisteretikEğriler – grafik modu)

Art İşlemci – Eleman Etkileri Diyagramları

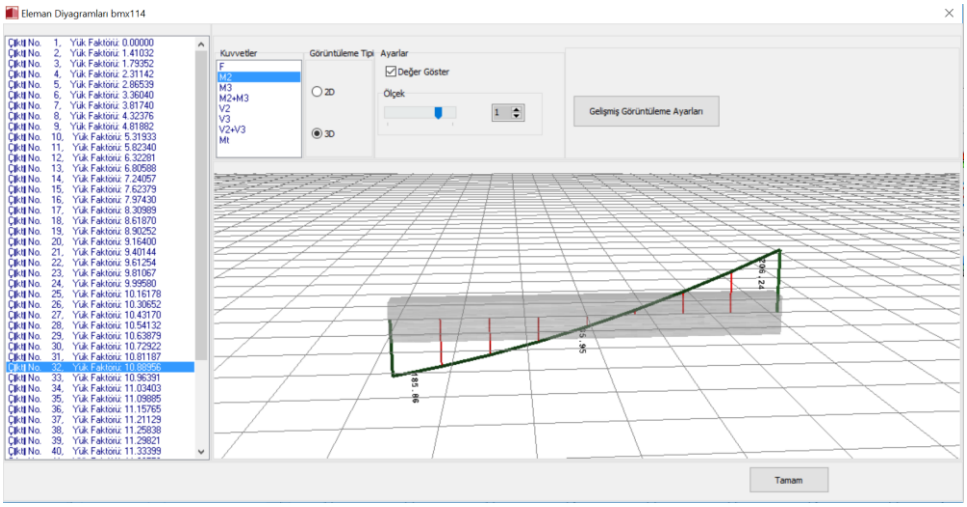
ElemanEtkileri Diyagramları modülünde, her analiz adımında gerçekleşen tesir (kuvvet ve moment) diyagramlarını görüntüleyebilirsiniz (bkz. aşağıdaki şekil).



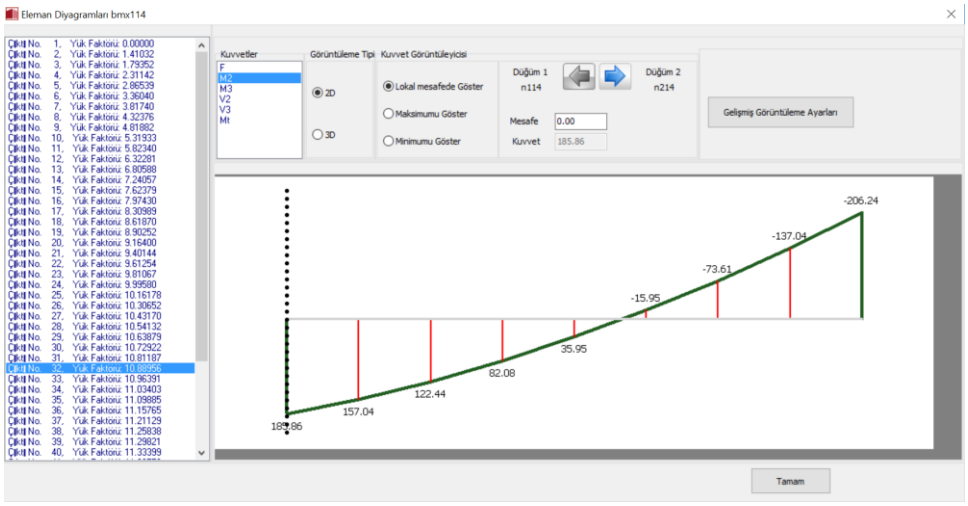


Eleman Etkileri Modulü (Çerçeve Eleman Kuvvetleri Görüntüleyicisi)

Herhangi bir elemana çift tıklayarak, ilgili diyagramları 3D veya 2D olarak görüntleyebilirsiniz (bkz. Aşağıdaki şekil).



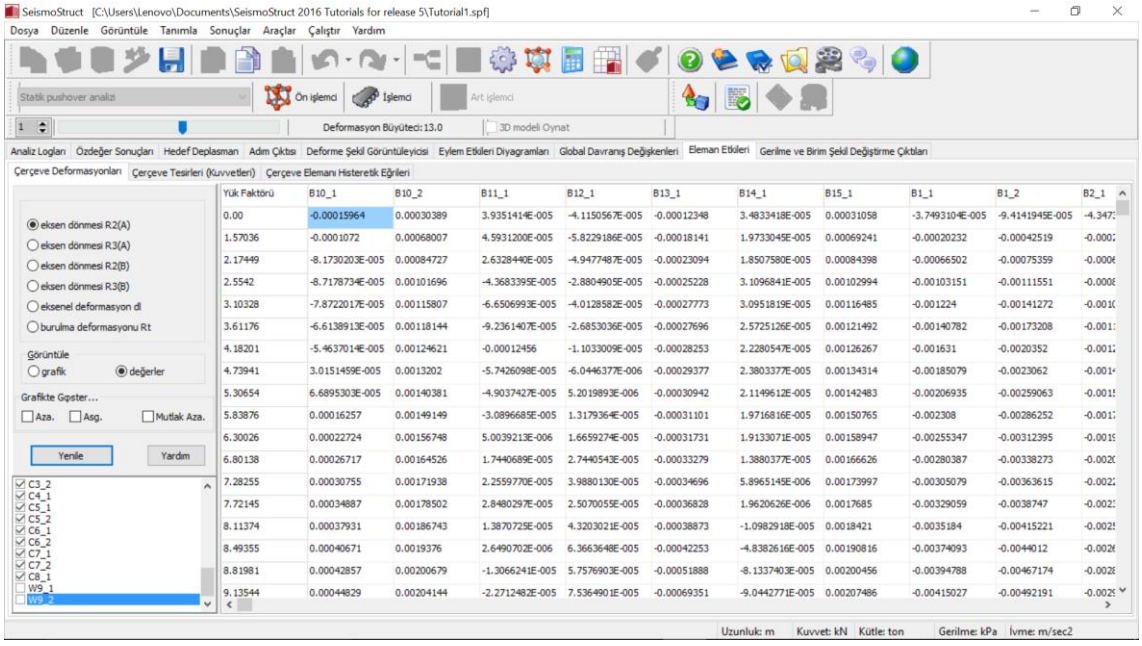
Bir kiriş elemanına ait 3D diyagram



Bir kiriş elemanına ait 2D diyagram

Art İşlemci - Eleman Eylem Etkileri

En güncel kodlardan (bkz. Eurocode 8, NTC-18, KANEPE, ASCE 41.17, vb.) uygulanan kontrollerdeki ana değerler olan **eleman dönme değerleri** ve **eleman kesme kuvvetleri**, *Çerçeve Deformasyonları* ve *Çerçeve Kuvvetleri* sekme pencerelerinden aktarılabilir.İlkiyle başlayalım. Yapısal elemanların tanımlanması için elastik olmayan kuvvete dayalı çerçeve elemanları (infrmFB) kullandığınız için, eleman dönmelerinin çıktılarını direkt olarak (i) *Çerçeve Deformasyonları* sekmesini seçip, (ii) ilgilendiğiniz yöndeki *eleman dönmesini* (ör. R2) belirtip, (iii) listeden elemanlara karşılık gelen kutucukları işaretleyip, (iv) sonuç görüntüleme moduna (*grafik* veya *değerler*) karar verip, (v) *Yenile* düğmesine tıklayınız.

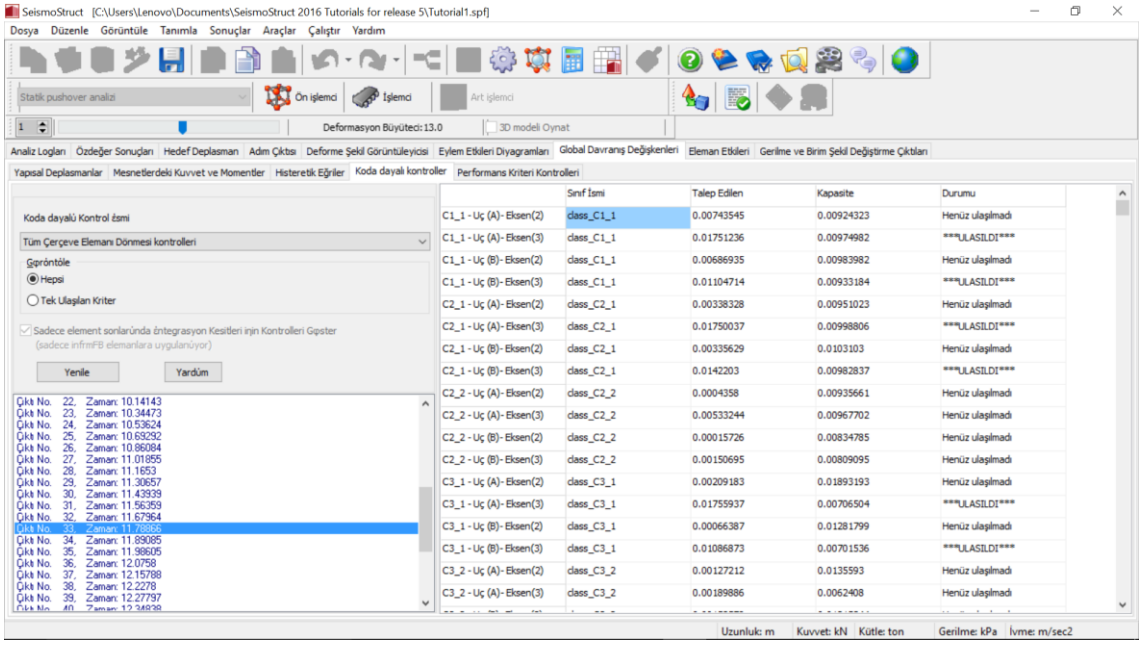


Eleman Etkileri Modulü (Çerçeve Deformasyonları – değerler modu)

NOT: Sonuçlar, Excel veyabenzeri bir programa aktarılabilir.

Art İşlemci – Koda dayalı Kontroller ve Performans Kriterleri

SeismoStruct, yapısal elemanların kapasitelerinin tahmininde kullanıcıların elle hesap yapmalarına gerek kalmaması için, seçilen limit durumları için desteklenen Kodlarda (Eurocode 8, ASCE 41-23, NTC-18, KANEPE ve TBDY) tanımlanan ifadelere göre kiriş dönüşü ve kesme kapasitesi kontrollerini otomatik olarak gerçekleştirme seçeneği sunar.Bu işlem, Art İşlemci'nin *Global Tepki Parametreleri* sayfasındaki *Koda dayalı Kontroller* sekmesinden gerçekleştirilebilir.



Koda dayalı kontroller

Kullanıcı belirli bir koda dayalı kontrolü veya aynı tip bütün tanımlı kontrolleri seçebilir. Eleman dönmesi ve kesme kapasitesi olmak üzere iki tip koda dayalı kontrol mevcuttur.

Kullanıcı analiz adımlarından birine tıkladığında, bütün yapısal elemanlar için tüm kontrolleri içeren bir liste belirir. Bu veri, talep, kapasite ve belirlenen kontrolün belirlikonumlardaulaşılıp ulaşılmadığını içerir.

Koda dayalı kontrollere ek olarak ulaşması beklenen farklı performans sınır durumlarına(malzeme birim şekil değiştirmesi, kesit eğriliği, eleman dönmesi ve kesme değerleri)analiz boyunca an be an kontrol edilecek olan performans kriterlerinin tanımlanması yoluyla erişilir.

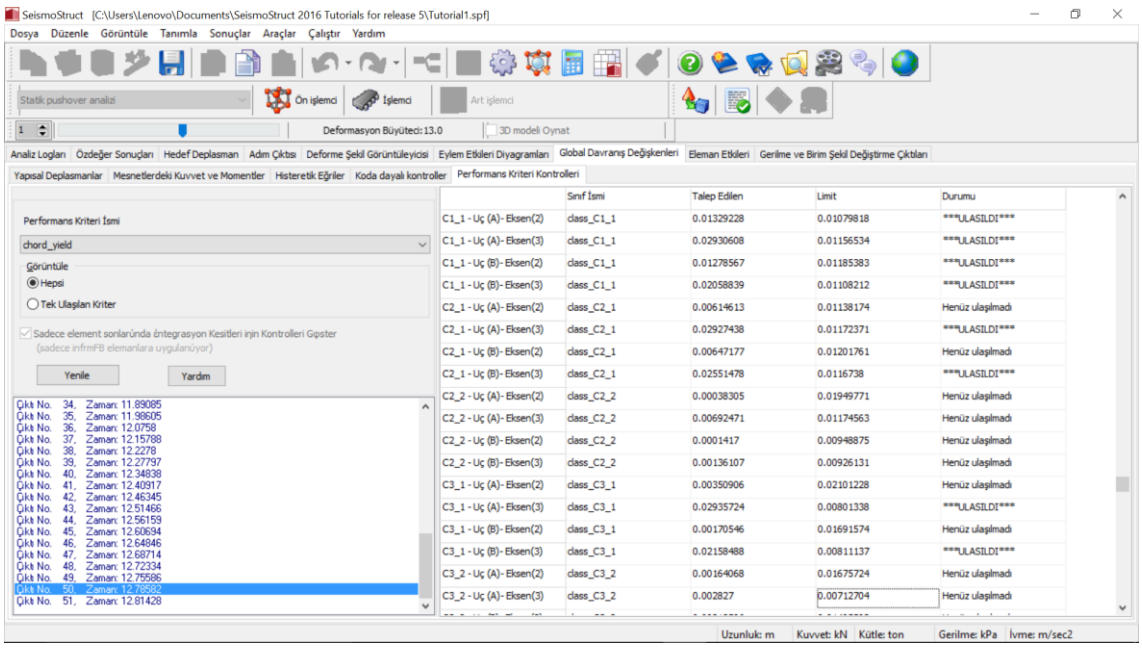
Bu işlem, Art İşlemci'de bulunan *Global Davranış Değişkenleri* sayfasının *Performans Kriterleri Kontrolleri* sekmesinden gerçekleştirilebilir. Yapı Modelleyicisi tarafından (i) eleman dönmeleri *chord_rot*, (ii) kesme kapasitesi kontrolleri de *shear* olarak ayarlanır.

NOT: Koda dayalı Kontroller ile Performans Kriterleri arasındaki temel bir fark bulunmaktadır.Performans kriterleri, tepki miktarlarının beklenen değerlerine karşı gelirken, koda dayalı kontrollerse, ilgili kod ve yönetmelikler tarafından tanımlanan güvenli değerlendirme metodlarını takip eder. Koda dayalı kontrollerde, farklı performans düzeylerine karşılık gelen eşik değerlerinin hesabında malzeme mukavemetlerini ilgili güvenlik ve güvenilirlik katsayılarını kullanarak konzervatif tarafta kalacak vir şekilde kullanır. Diğer taraftan, performans kriterleri hesaplarındaysa herhangi bir katsayı kullanılmaz, dolayısıyla ortalama malzeme mukavemetleri kullanılır.

Kullanıcılar, herhangi bir performans kriteri ismini veya aynı kesit tipindeki kriteri seçebilir. SeismoStruct içerisinde sekiz tipte performans kriteri tanımlanabilir: (i) Tüm betonarme ve kompozit

kesitler için beton birim kısalması, (ii) Tüm betonarme ve kompozit kesitler için donatı birim uzaması, (iii) Tüm çelik veya kompozit kesitler için çelik birim uzaması, (iv) Kesit eğriliği, (v) Çerçeve elemanları için eleman dönmeleri (belirli bir değerin geçilip geçilmediği kontrol edilir), (vi) Çerçeve elemanları için kesme kuvvetleri (belirli bir değerin geçilip geçilmediği kontrol edilir), (vii) Çerçeve elemanları için eleman dönme kapasite kontrolleri (kapasitenin aşılıp aşılmadığı kontrol edilir), (viii) Çerçeve elemanı kesme kapasite kontrolleri (kapasitenin aşılıp aşılmadığı kontrol edilir).

Kullanıcılar, herhangi bir analiz adımının sonuçlarına tıkladığında, seçilmiş olan performans kriterinin tüm integrasyon kesitleri için lokal eksen (2) ve (3) yönlerinde gerçekleştirilen kontolleri görüntülenir. Sunulan veri içerisinde: istem, kapasite ve seçili performans kriterinin aşılıp aşılmadığı belirtilir.



Performans Kriterleri Kontrolleri

> **NOT: Farklı Performans Kriterleri'nin tanımlanması Ön İşlemci'de bulunan Performans Kriterleri Sayfası'ndan ya da Yapı Modelleyicisi Ayarları'ndaki Performans Kriterleri sekmesinden yapılabilir.**

Tebrikler, ilk öğretici örneğinizi bitirdiniz!

ÖĞRETİCİ ÖRNEK 2 – İKİ KATLI BİR BİNANIN İTME ANALİZİ

Problem Tanımı

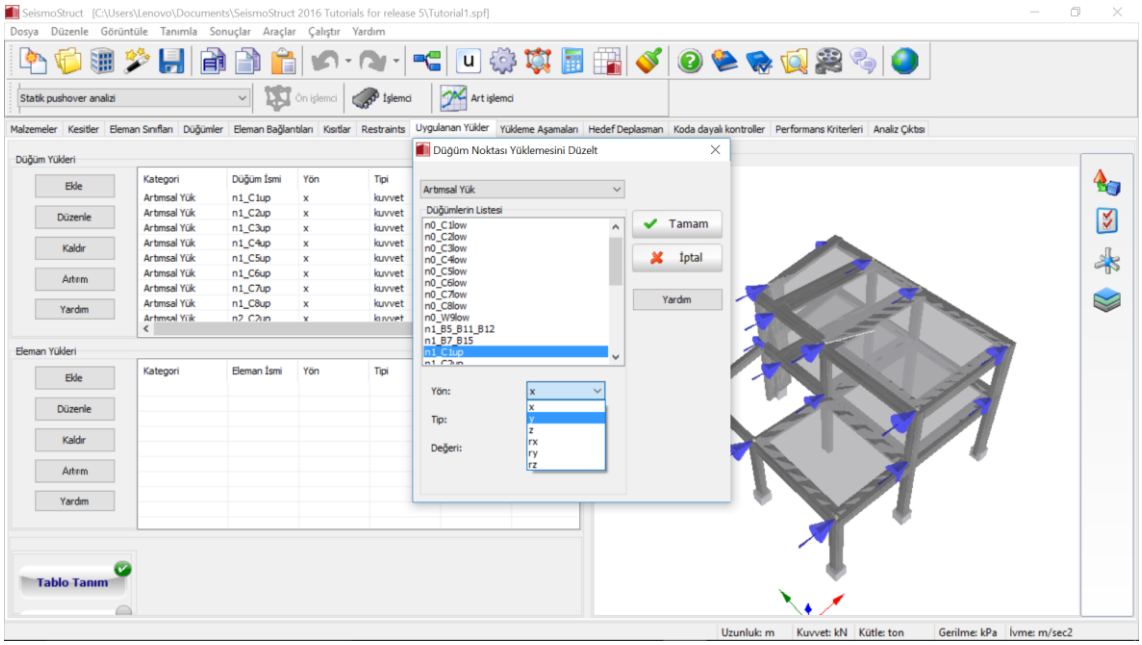
Öğretici Örnek 1'de oluşturulmuş olan model kullanılacaktır.

Başlarken: Var olan bir projeyi açmak

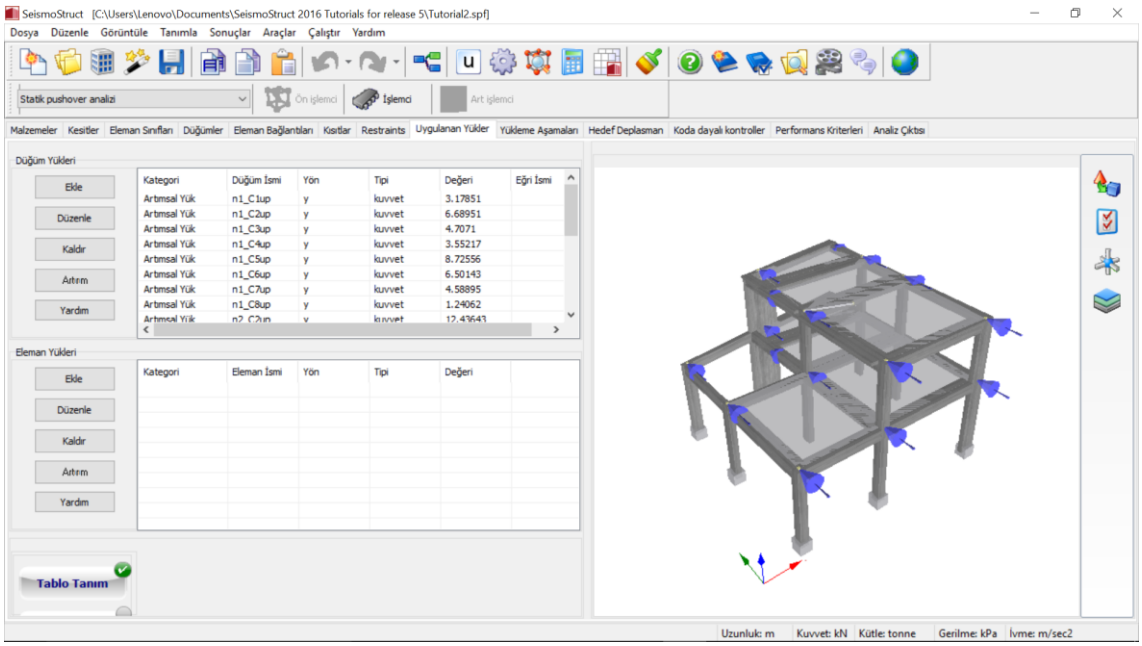
Bu örneğe başlarken: (i) SeismoStruct ilk penceresini açıp, (ii) *Dosya > Aç* menü komutunu takip ederek ya da araç çubuğundaki simgesine tıklayarak bir önceki SeismoStruct projesini (Tutorial1.spf) açıp, (iii) *Dosya > Farklı kaydet...* menü komutunu izleyerek projeyi yeni bir isimle kaydediniz (ör: Tutorial2.spf).

Ön İşlemci – Uygulanan Yükler

Tüm artımsal yükleri seçip, X doğrultularını Y doğrultusu ile değiştiriniz ve Tamam düğmesine tıklayınız.



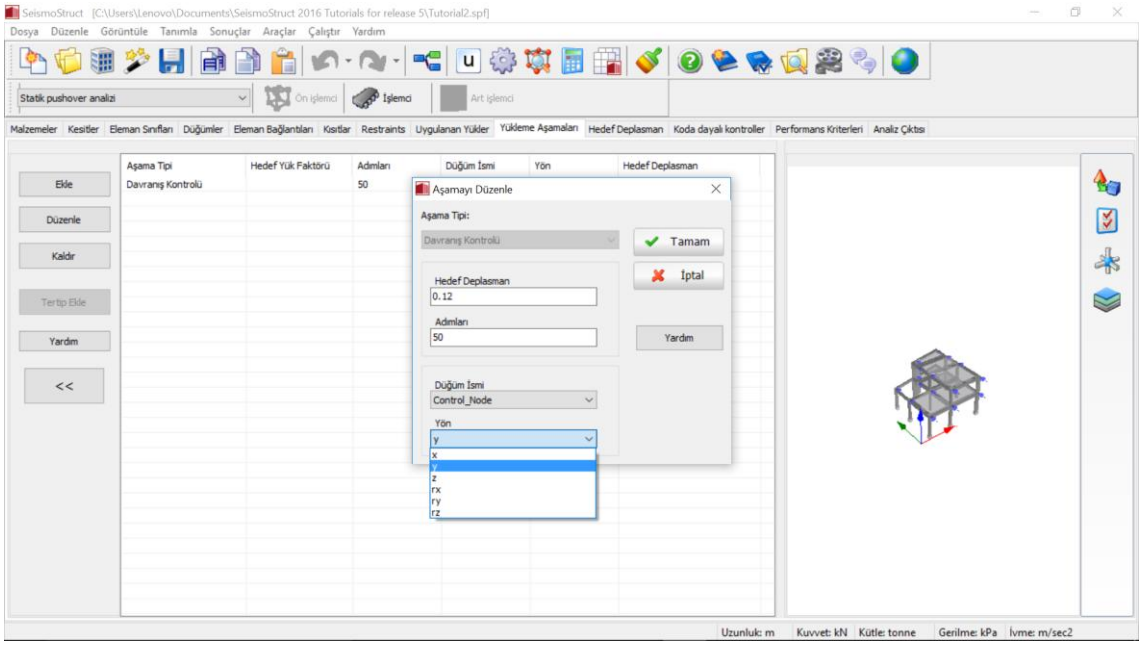
Uygulanan Yüklerin düzenlenmesi



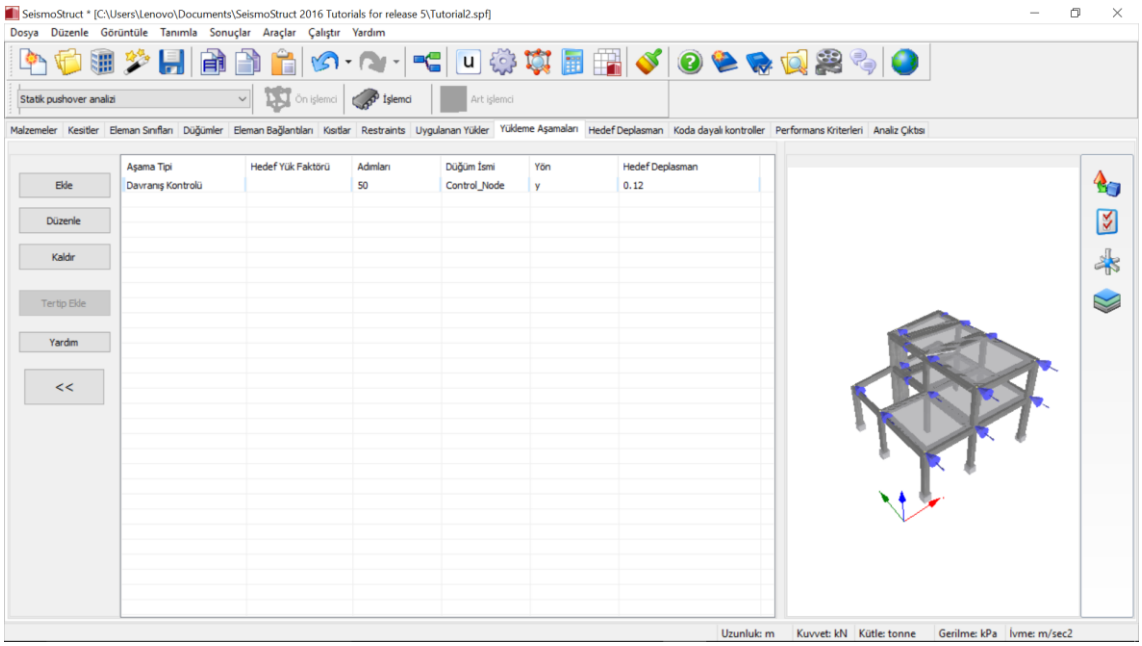
Uygulanan Yükler modülü

Ön İşlemci – Yükleme Aşamaları

Aşama tipini seçip, Düzenle düğmesine tıklayınız. Açılan opencerede Hedef Deplasmanı X'den Y'ye çeviriniz ve Tamam'ı tıklayınız.



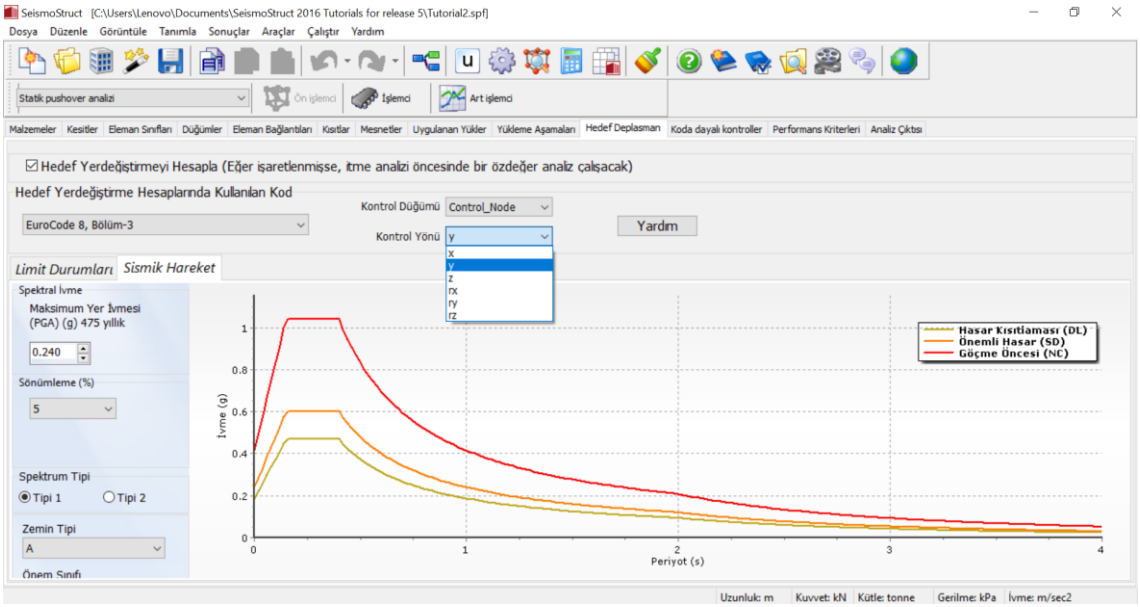
Yükleme Aşamaları modülünün düzenlenmesi



Yükleme Aşamaları modülü

Ön İşlemci – Hedef Deplasman

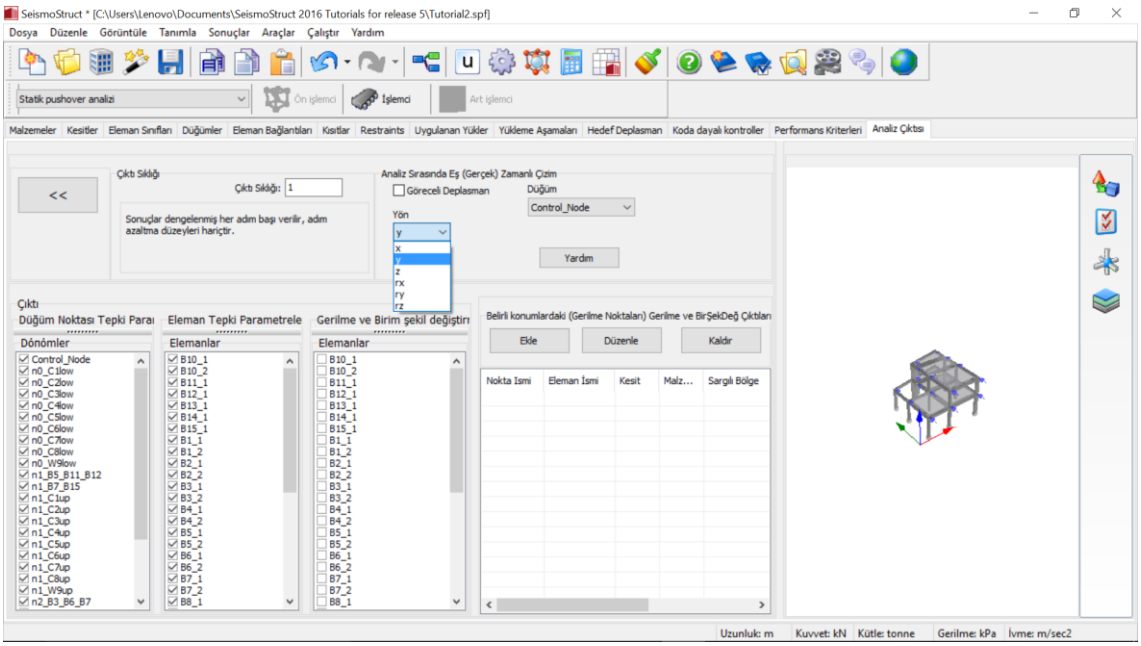
Hedef Deplasman modülünde, kontrol yönünü X'den Y'ye çeviriniz.



Hedef Deplasman Modülü

Ön İşlemci – Analiz Çıktısı

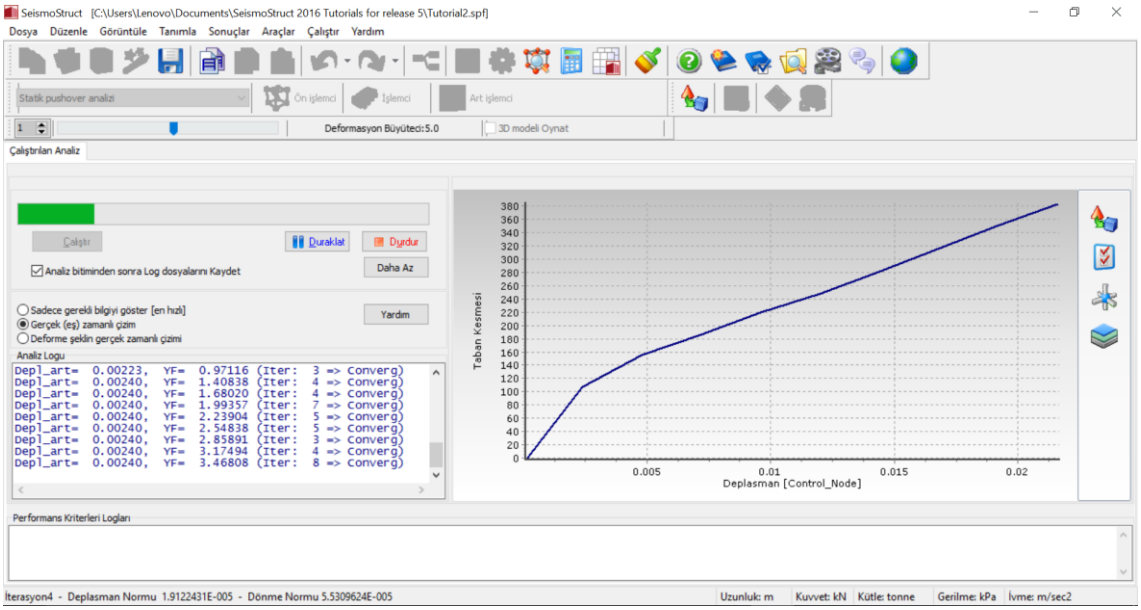
Analiz Çıktısı modülünde, Gerçek (eş) zamanlı çizim kısmındaki doğrultuyu X'den Y'ye çeviriniz.



Analiz Çıktıları modülü

İşlemci

Çalıştır düğmesine tıklayınız.



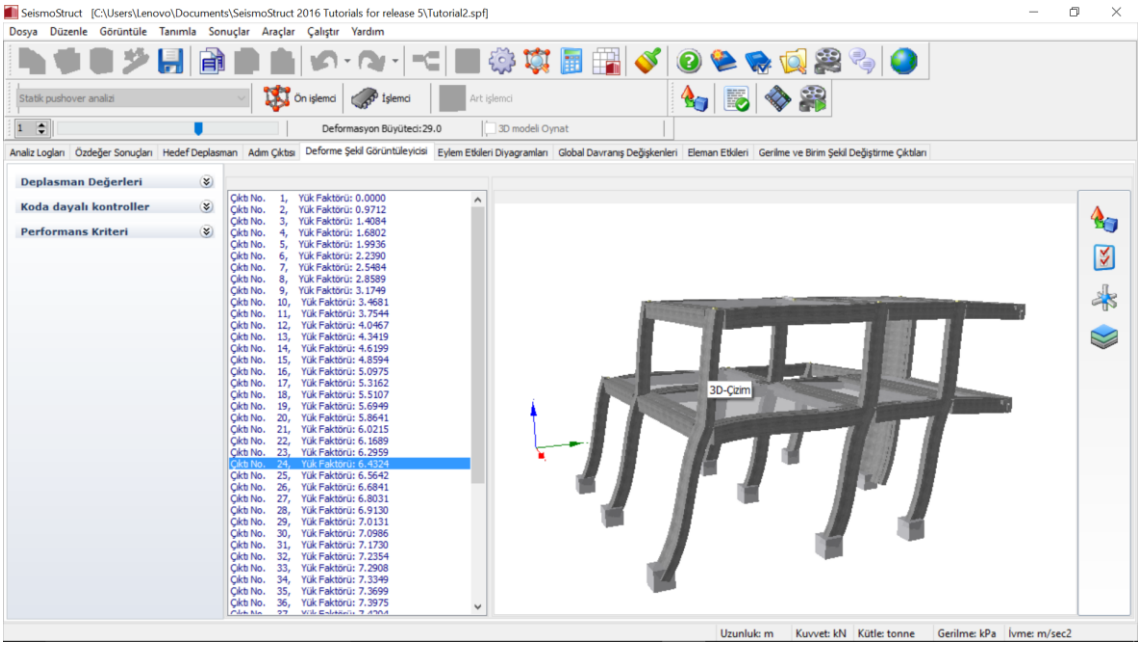
İşlemci Alanı

Analiz bittiğinde, araç çubuğu düğmesi olan 

'a tıklayınız ya da Çalıştır > Art İşlemci ana menü komutunu takip ediniz.

Art İşlemci

Deforme Şekil Görüntüleyicisi modülünde, analizin her adımında deforme şekli görüntüleme imkanınız vardır. İlgili çıktı tanımlayıcısını (ismini) tıklayarak deforme şekli güncelleyebilirsiniz (bkz. alttaki şekil).



Deforme Şekil Görüntüleyicisi modülü

ÖĞRETİCİ ÖRNEK 3 – İKİ KATLI BİR BİNANIN DİNAMİK ZAMAN TANIM ALANI ANALİZİ

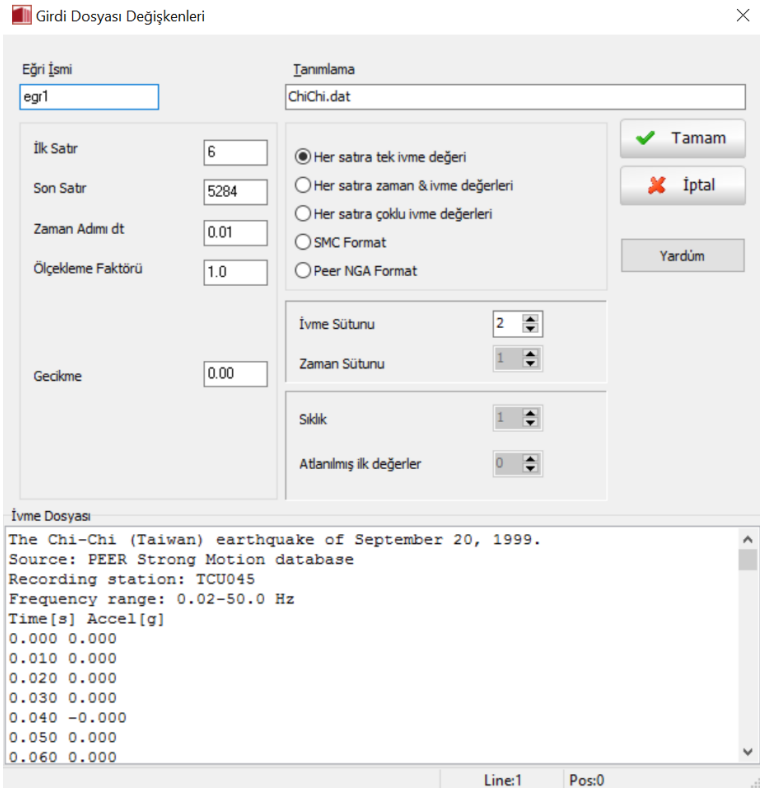
Problem Tanımı

İşlemi hızlandırmak amacıyla bu örnekte de Örnek 1'de oluşturulan ve Örnek 2'de değiştirilen modeli kullanalım.

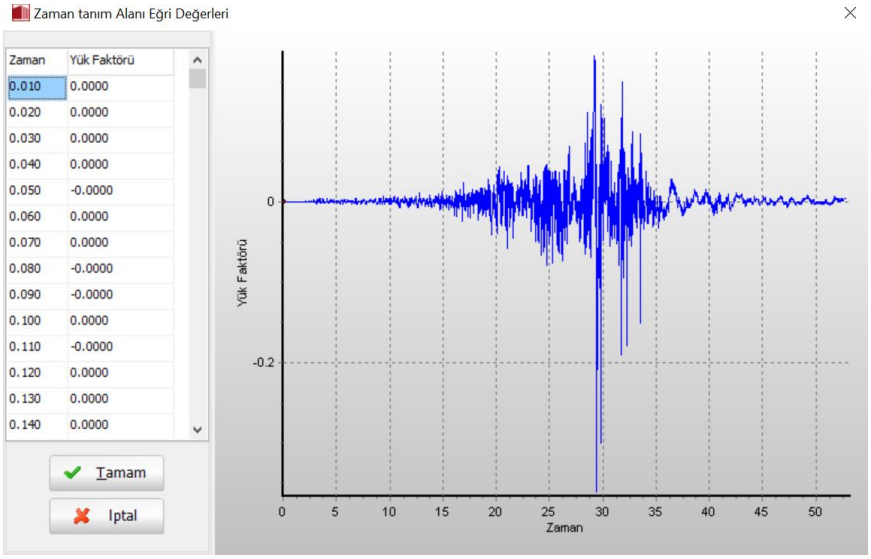
Başlarken: Var olan bir projeyi açmak

Araç çubuğu üzerinde bulunan Yapı Modelleyicisi ( ) düğmesine tıklayınız. Açılan pencerede, Var Olan Projeyi Aç kısmına tıkladıktan sonra halihazırda oluşturulmuş durumda bulunan BMF projesini açınız (Tutorial1.bmf). Açıldıktan sonra, ana menü üzerinden farklı bir isimle kaydediniz (*Dosya > Farklı Kaydet...*). Bu aşamada, *Yapı Modelleyicisi Ayarları*'ndan ( ) *Dinamik zaman-tanım alanı analizi*'ni seçiniz. SeismoStruct projesin oluşturabilmek için, Çık ve Proje Oluştur düğmesine ( ) tıklayınız. İvme kaydının tanımlanacağı ekran belirdikten sonra aşağıdaki adımları takip ediniz:

1. Dosya Seç düğmesi vasıtasıyla, uygulamak istediğiniz ivme kaydını seçiniz (ör: *C:\ Program Files\ SeismoSoft\ SeismoStruct\ SeismoStruct_2021\Accelerograms \ ChiChi.dat);*
2. Eğri Çarpanı'nıve diğer Girdi Dosyası Değişkenleri'ni tanımlayınız (varsayılan➔9,81)

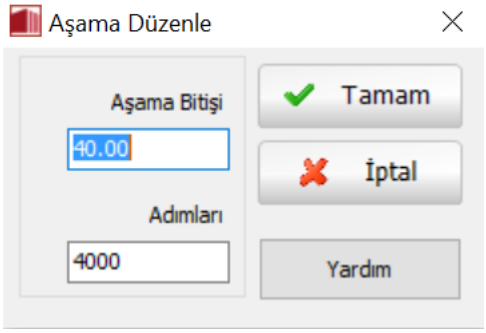


Girdi Dosyasi Parametreleri-Yükeğrisi



İvme Kaydının Zaman Tanım Alanı Eğri Değerleri

Eğriyi yükledikten sonra, analizin zaman adımlarının tanımlı olduğu zaman tanım alanı aşamalarını değiştirebilirsiniz Bunu gerçekleştirmek için *Zaman Tanım Alanı Aşamaları*'nda bulunan Düzenle düğmesine tıklayınız, çıkan iletişim kutusundan (i) *Aşama Bitişi*'ni (40 s) ve (ii) *Adımları*'nı (-> 4000) tanımlayınız.

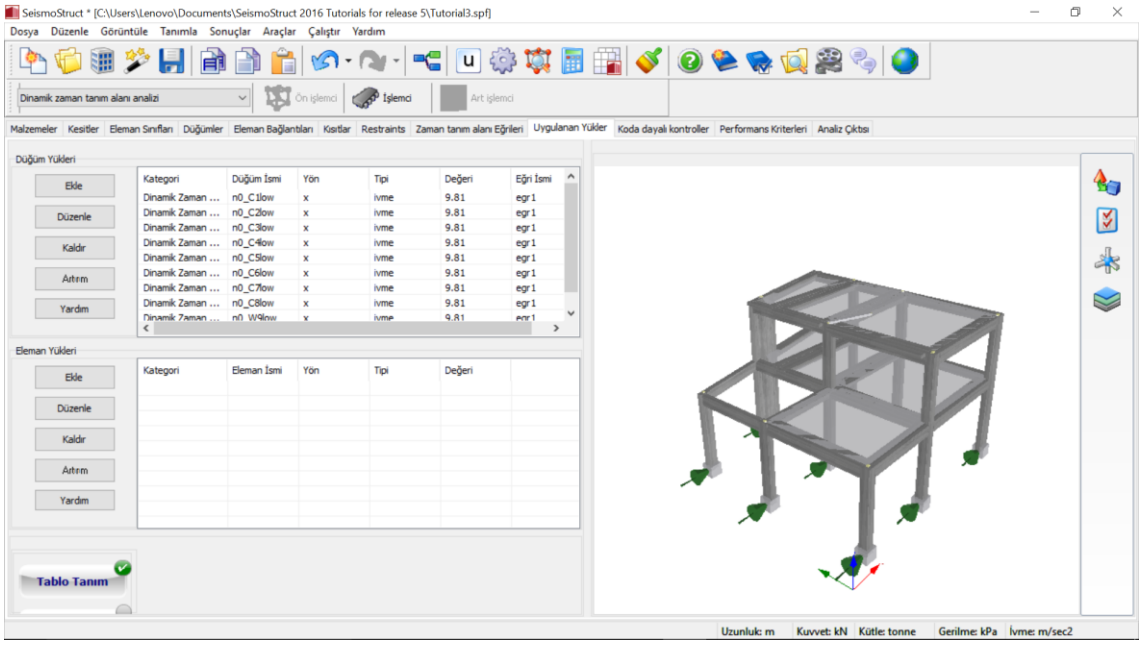


Zaman tanım alanı aşaması

NOT: Program zaman adımıolandt'yi otomatik olarak hesaplar (40/4000 = 0.01)

Ön İşlemci – Uygulanan Yükler

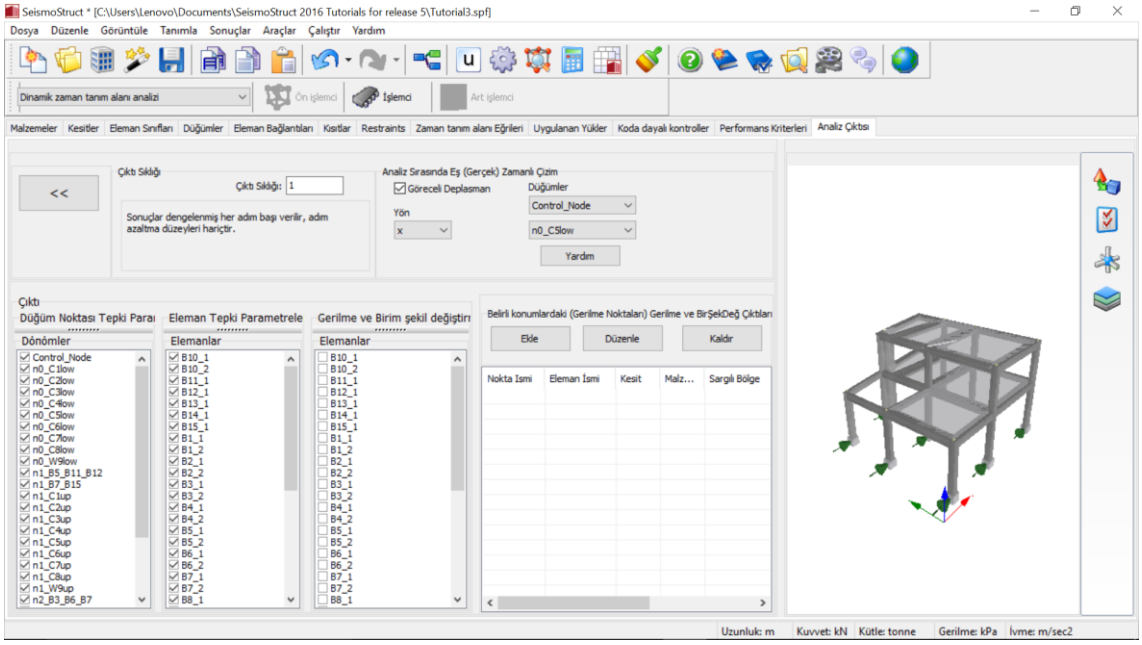
Program, zeminle temas halinde bulunan düğüm noktaları için X doğrultusunda etkiyen Dinamik Zaman tanım alanı yüklemesini otomatik olarak uygular.



Dinamik zaman tanım alanı yükleri

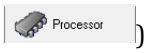
Ön İşlemci – Analiz Çıktısı

İşlemci'ye geçmeden önce, **Analiz Çıktısı** modülünden çıktı seçimlerinizi yapabilirsiniz (bkz: aşağıdaki şekil).



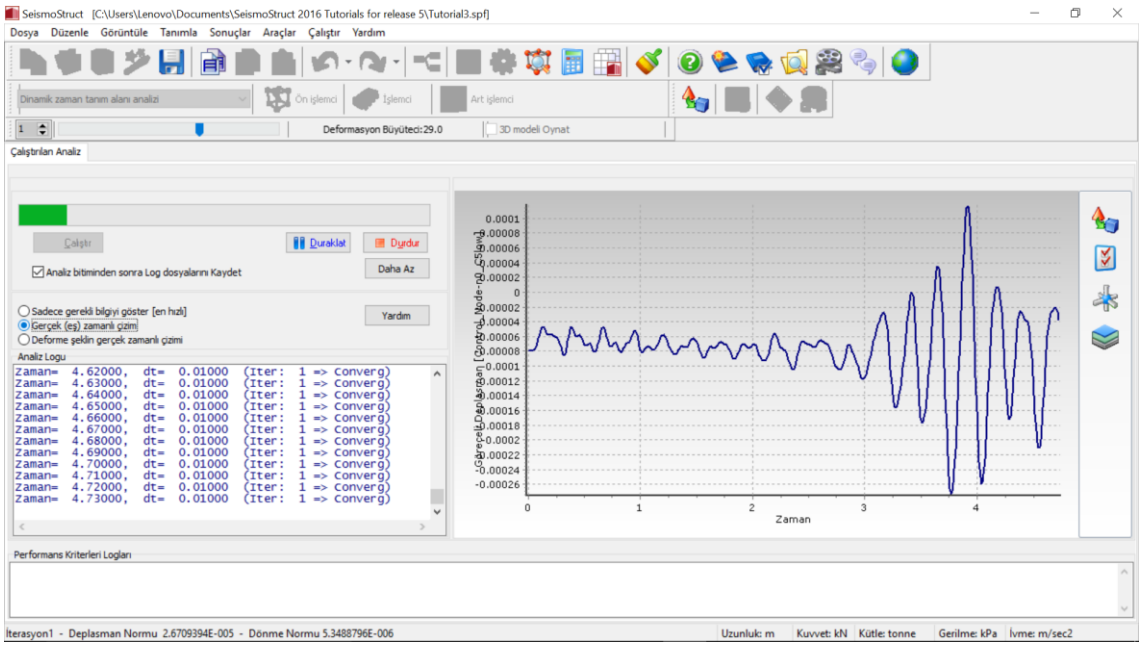
Analiz çıktısı modülü

NOT: Örnek 1'den farklıolarak bu sefer, tepe düğüm noktasının (Kontrol Düğümü) taban düğüm noktasına (n0_C5low) göre toplam göreceli deplasman değerinin eş (gerçek) zamanlı çizimini isteyeceğiz.

Çalıştır > *İşlemci* ana menü komutunu izleyerek ya da ilgili araç çubuğu düğmesine () tıklayarak **İşlemci** kısmına geçiniz.

İşlemci

Çalıştır düğmesine tıklayınız.



Analizin çalıştırılması

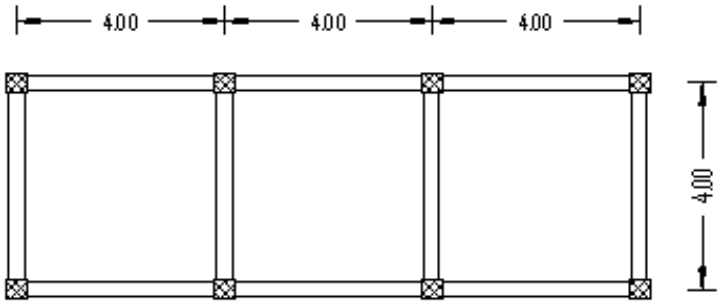
Analiz son bulduğunda, araç çubuğunda bulunan  düğmesine basarak analiz sonuçlarına ulaşınız. Örnek 1'de gösterildiği üzere, **Art İşlemci**'de yapının her analiz adımındaki deforme şeklini *Deforme Şekil Görüntüleyicisi* aracılığıyla görüntüleyebilir, yapının zaman tanım alanı davranışını ekstrapole edebilir ve bunun gibi işlemler gerçekleştirebilirsiniz.

ÖĞRETİCİ ÖRNEK 4 – İKİ KATLI BİR BİNANIN İTME ANALİZİ

NOT: Örnek 1'de modeli oluştururken *Sihirbaz* veya *Yapı Modelleyicisi* servislerini kullanmayıp, tüm modeli adım adım kendiniz oluşturacaksınız.

Problem Tanımı

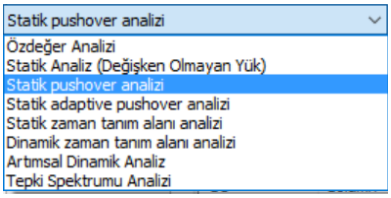
İtme analizi uygulamanız gereken üç boyutlu, iki katlı betonarme bir binanın modellenmesini ele alalım. Yapının düzenli olduğunu, üç açıklıktan ve iki paralel çerçeveye sahip olduğunu kabul edelim. Çerçeveler arası uzunluk 4m ve kat yükseklikleriyse 3m olsun (bkz. aşağıdaki şekil).



Yapıya ait plan görünüm

Başlarken: Yeni bir proje

SeismoStruct ilk penceresine ulaşabilmek için menüden *Dosya > Yeni...* komutunu izleyebilirsiniz veya araç çubuğundaki düğmesine tıklayabilirsiniz. Takibindeyse, ilk olarak Ön-İşlemci penceresinde sol üst köşede bulunan aşağı çekilen menüden *Statik pushover (itme) analizi* seçilir. (bkz. aşağıdaki şekil).



Analiz tipinin seçimi

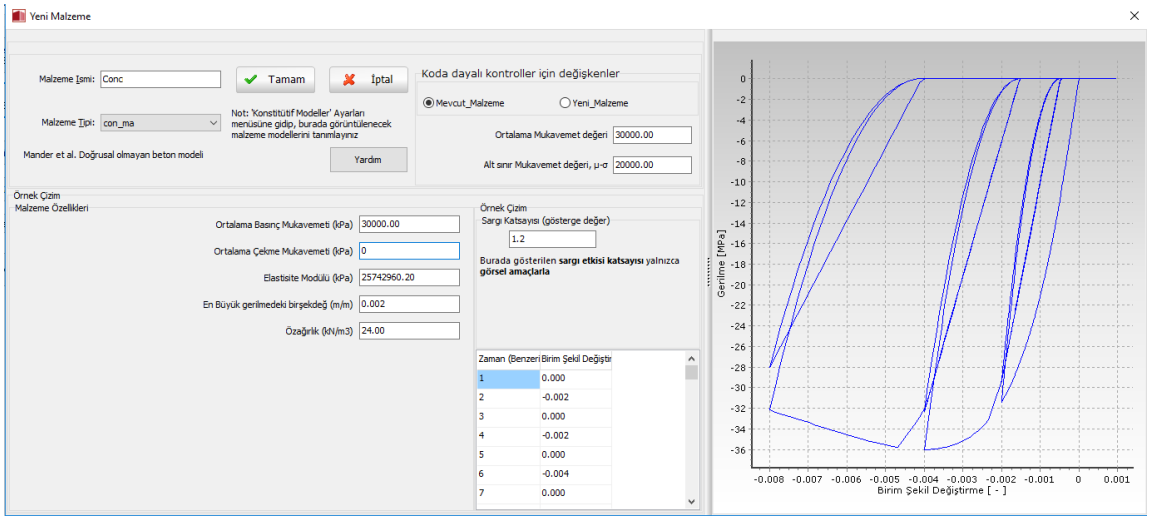
Analiz tipi seçildikten sonra, modeli oluşturmaya başlayabilirsiniz.

Ön İşlemci – Malzemeler

Malzemeler modülü doldurmanız gereken ilk modüldür. Yeni bir malzeme eklerken, **iki seçeneğe** sahipsiniz: (i) *Malzeme Sınıfı Ekle* düğmesine tıklayıp ön tanımlı bir malzeme sınıfı seçebilir veya (ii) *Genel Malzeme Ekle* düğmesine tıklayıp tüm malzeme özelliklerini kendiniz tanımlayabilirsiniz.

Bu örnekte, bulunan eleman kesitlerini tanımlamak için üç farklı malzemenin tanımlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Ekranın sol kısmında bulunan *Genel Malzeme Ekle* düğmesi tıklandıktan sonra, aşağıda belirtilen adımları takip etmeniz gerekmektedir:

1. Malzemenin isminin atanması (➔ Beton);
2. Malzeme tipinin aşağı çekilen menüden seçilmesi (➔ con_ma);
3. Malzeme özelliklerinin tanımlanması (➔ varsayılan değerler -> Ek C - Malzemeler);
4. Koda dayalı Kontroller için gereken Değişkenlerin tanımlanması(➔ Mevcut Malzeme).



Beton malzemesi

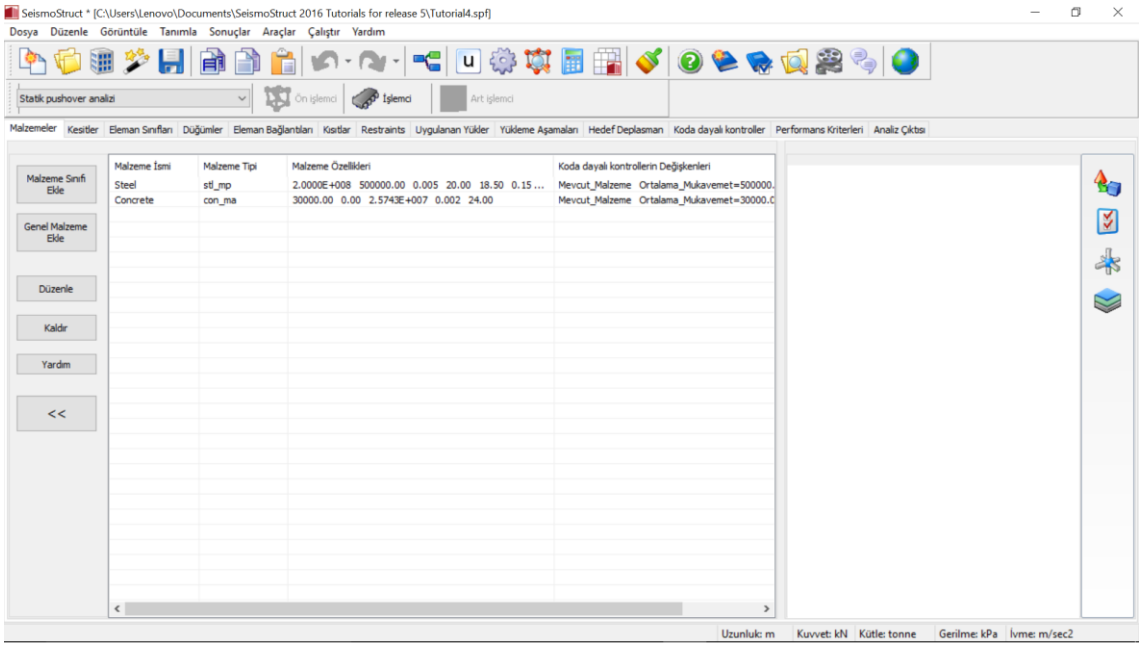
Az önce takip ettiğiniz sırayı çelik malzemesi için de uygulamalısınız:

1. Malzemenin isminin atanması (➔ Çelik);
2. Malzeme tipinin aşağı çekilen menüden seçilmesi (➔ stl_mp);
3. Malzeme özelliklerinin tanımlanması (➔ varsayılan değerler ->Ek C - Malzemeler);
4. Koda dayalı kontroller için gereken değişkenlerin tanımlanması(➔ Mevcut malzeme).

SeismoStruct v7.0 ve üzerinde, sargısız beton bölgesi için üçüncü bir eleman tanımlamaya gerek yoktur. Kullanıcılar, Kesitler modülünde sargı donatısının tanımlamak yoluyla sargısız beton bölgesini de tanımlamış olurlar.

NOT: Bu örnekte, Mander et al. Doğrusal olmayan beton modeli ve Menegotto-Pinto çelik modeli kullanılmaktadır.

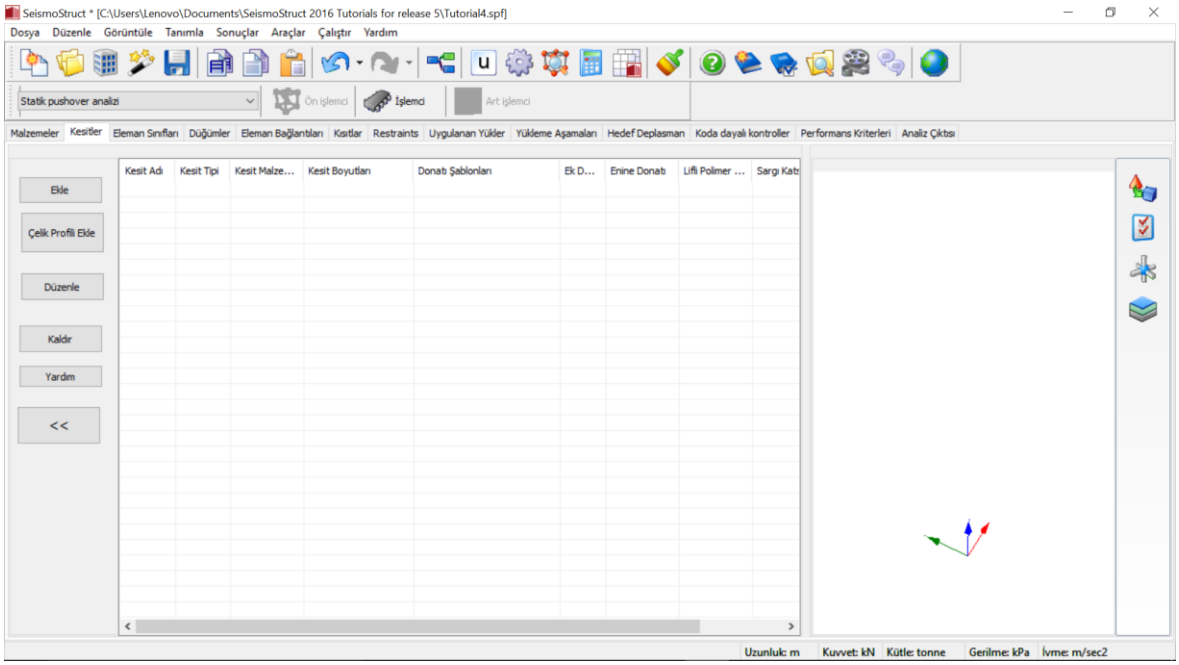
Sonunda, **Malzemeler** modülü belirtilen gibi görünür:



Malzemeler modülü

Ön İşlemci – Kesitler

Malzemeler tanımlandıktan sonra, **Kesitler** modülüne geçilir ve yapısal elemanların kesit özelliklerini tanımlamak için *Ekle* düğmesine tıklanır.



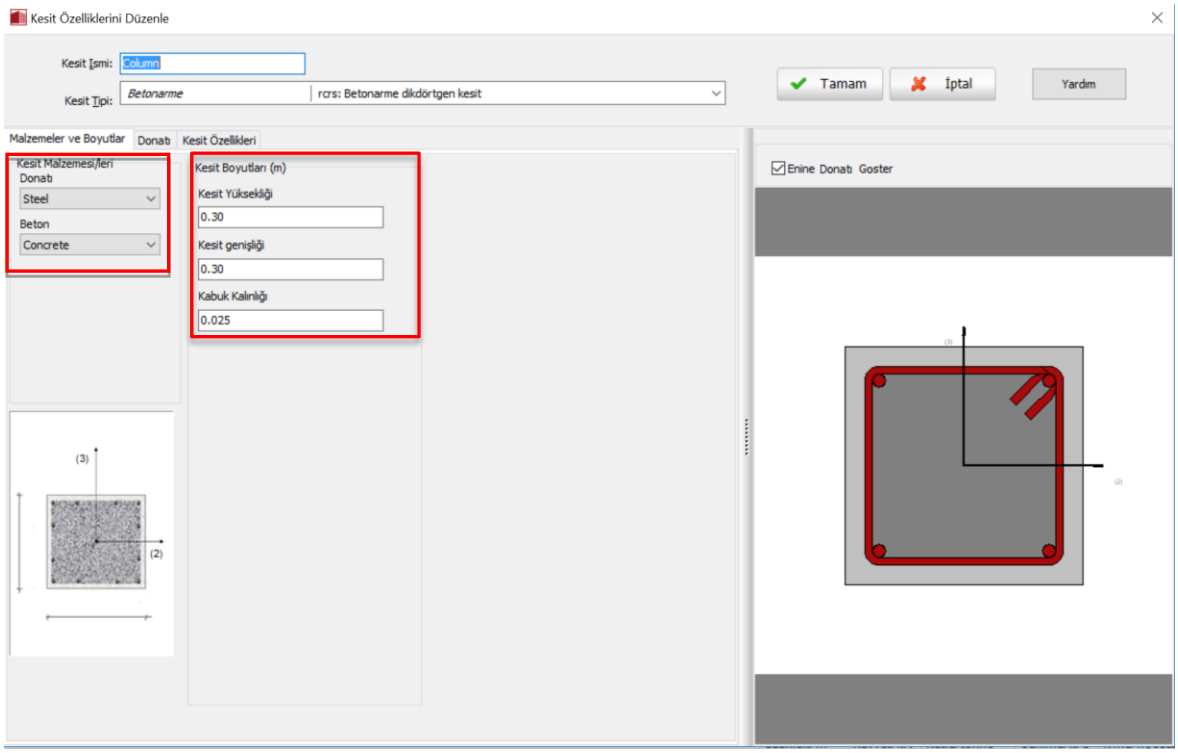
Kesitler Modülü

Bu örnekte aynı kesit tipine (betonarme dikdörtgen kesit-rcrs) sahip iki farklı kesit tanımlanacaktır; bu kesitlerin ilki kolonlar için olan 'Kolon', ikincisiyse kirişler için olan 'Kiriş'tir. Her bir kesit için aşağıda tanımlı olan adımları takip etmeniz gerekmektedir:

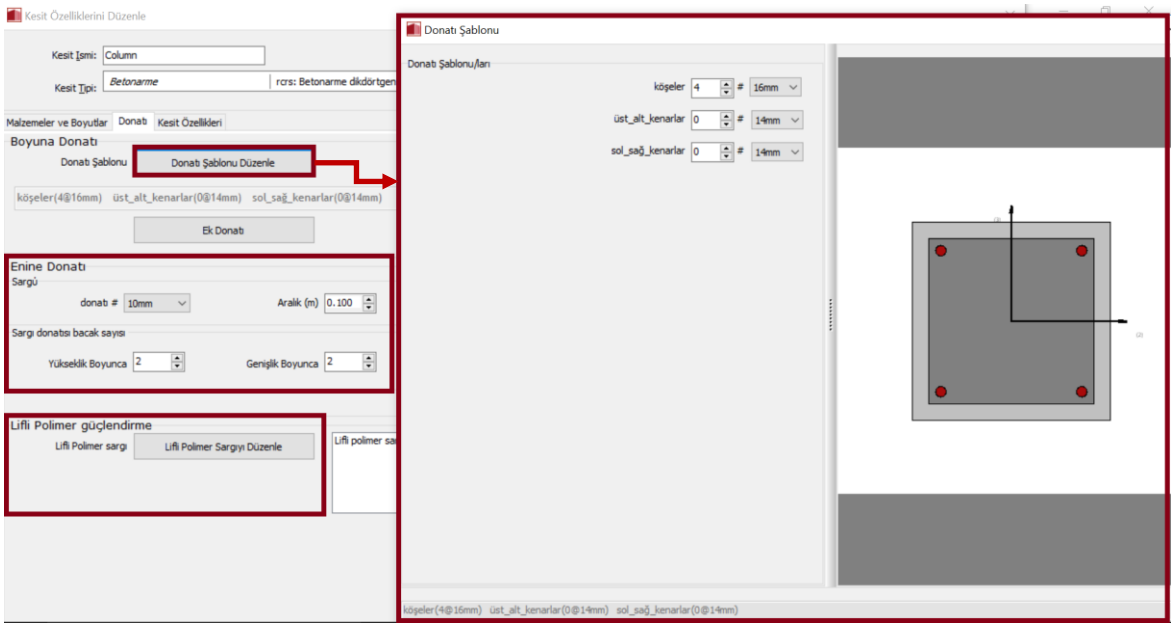
1. Kesit adı atanması;
2. Kesit tipinin aşağı çekilen menüden seçilmesi;
3. Kesit malzemelerinin aşağı çekilen menülerden seçilmesi;
4. Kesit boyutlarının tanımlanması;
5. Donatı şablonunun düzenlenmesi;
6. Lifli Polimer Sargı atanması

Aşağıdaki tabloda kesit özellikleri özetlenmektedir (boyutlar ve donatı olarak):

Kesit Özellikleri	Kolon değerleri	Kiriş değerleri
Yükseklik (m)	0,3	0,4
Genişlik (m)	0,3	0,3
Kabuk Kalınlığı (m)	0,025	0,025
Boyuna Donatı	4 ϕ16	8 ϕ16
Enine Donatı	ϕ10/10	ϕ10/10
Lifli Polimer Güçlendirme	Lifli Polimer Sargı Yok	Lifli Polimer Sargı Yok

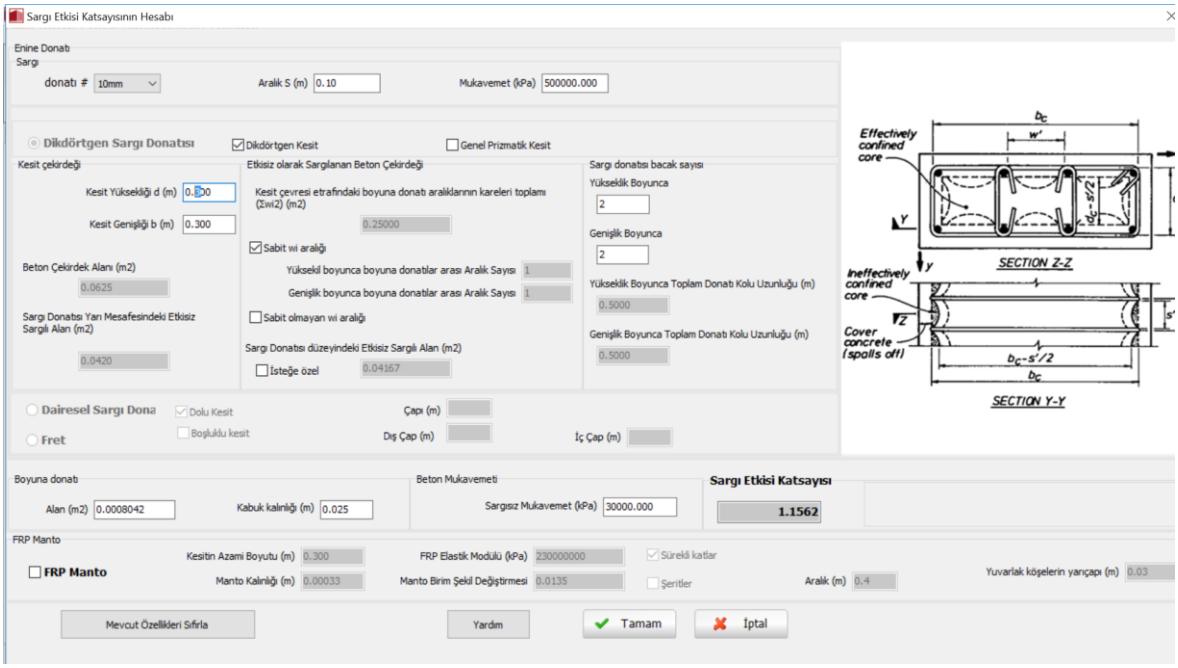


Kolon kesidi (malzemeler ve boyutlar)

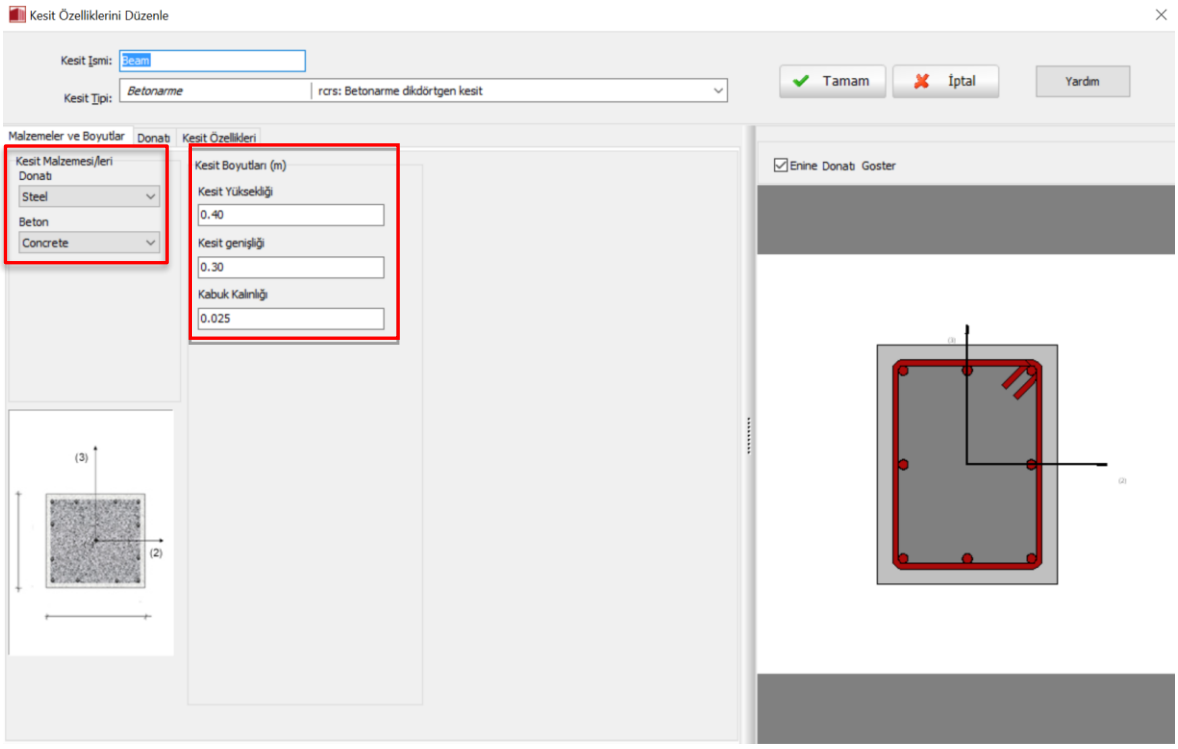


Kolon kesiti (donatı düzeni)

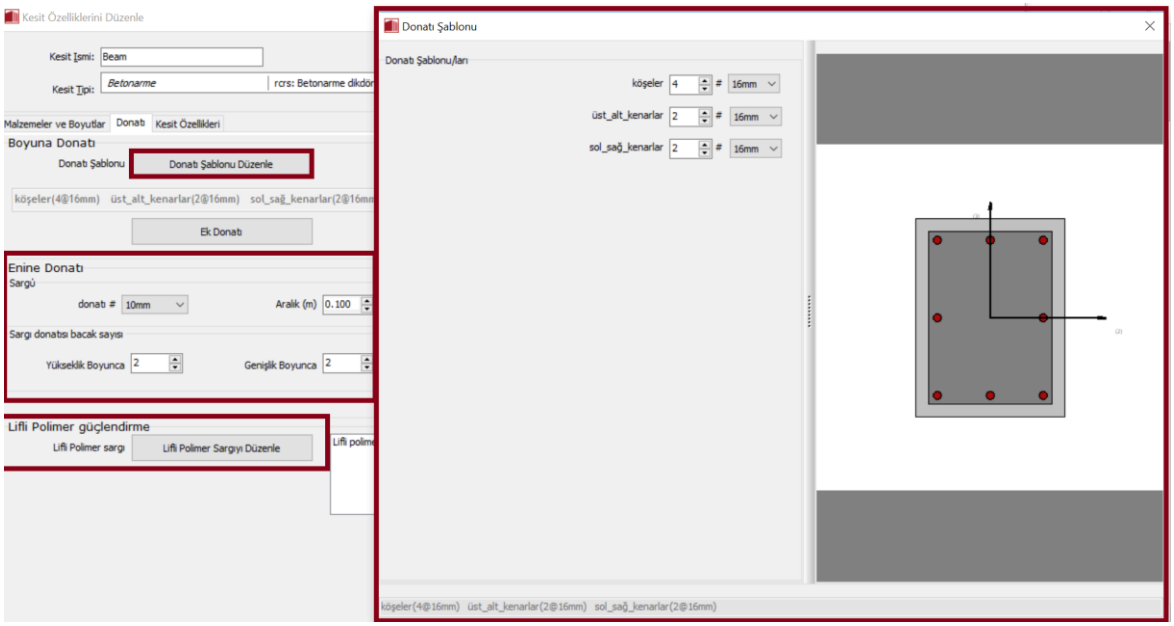
Kullanıcılar, otomatik olarak hesaplanan sargı etkisi katsayısını Kesit Özellikleri sekmesinden görüntüleyebilir veya değiştirebilirler.



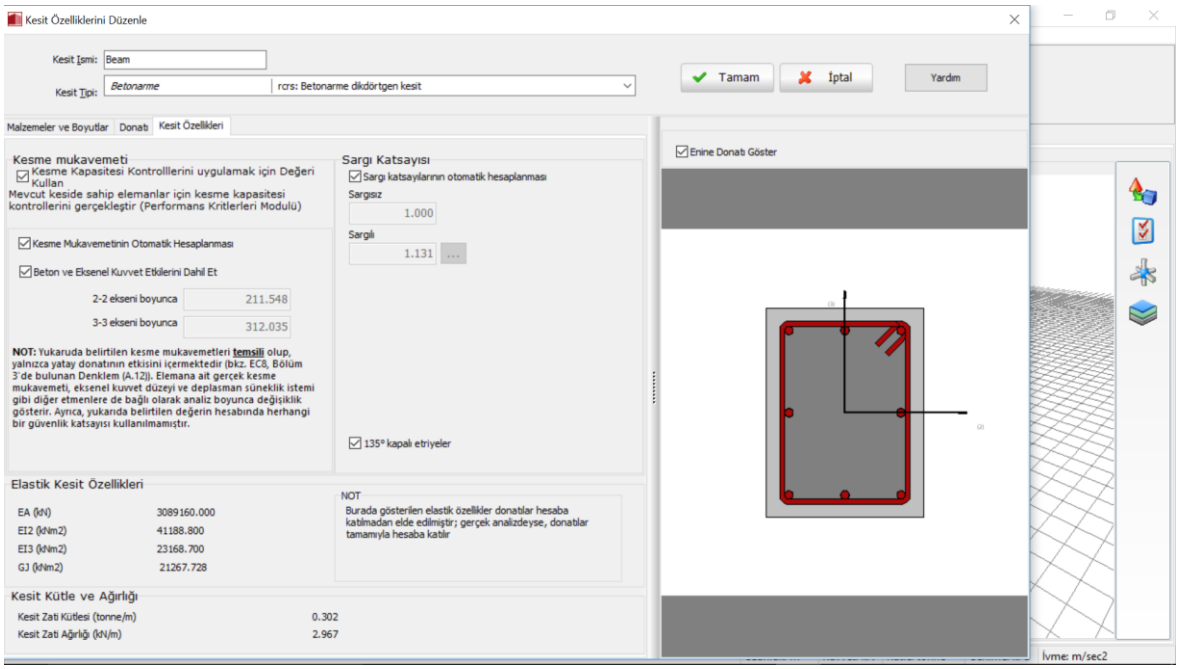
Sargı etkisi katsayısı hesabı



Kiriş kesiti (malzeme ve boyutları)



Kiriş kesiti (donatı düzeni)



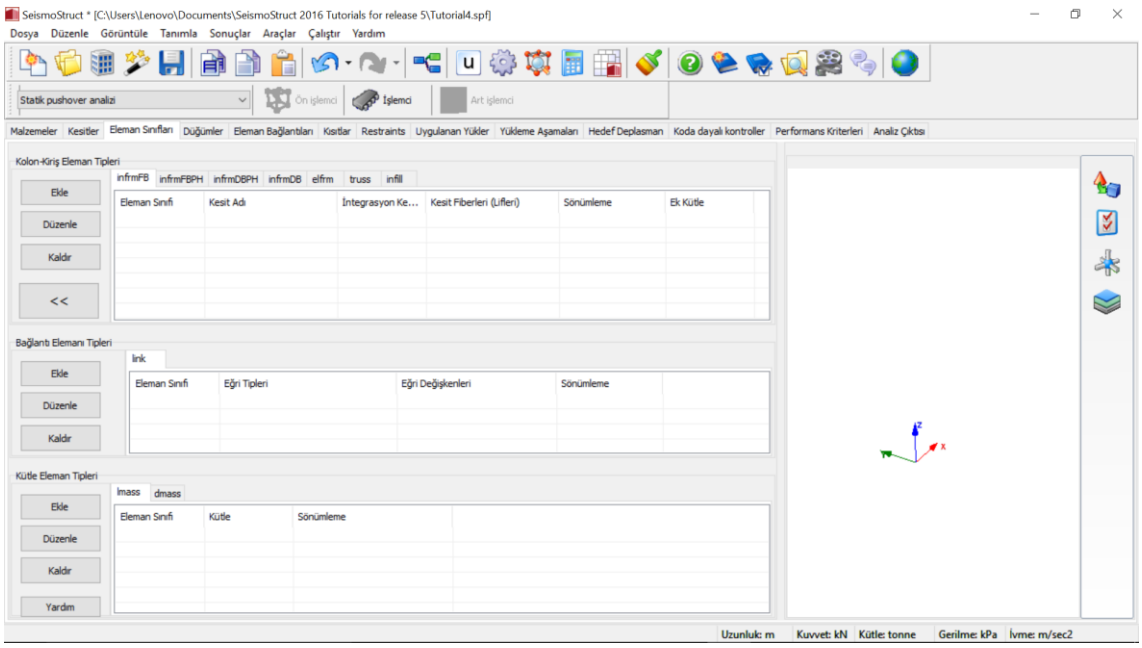
Kiriş kesiti (Kesit Özellikleri)

NOT 1: Kesitler modülünde gösterilen kesme kapasitesi EC8-Part 3'deki ifade kullanılarak hesaplanır. Eksenel kuvvet etkisi veya sünek yerdeğiştirme talebi gibi diğer faktörleri değil de sadece enine donatı katkısını dikkate aldığından dolayı, bu değer sadece göstergedir. Denklemin Lv oranı, 6*(MaxDim) ve 12*(MinDim)'in asgarisi olarak varsayılan bir eleman uzunluğunu uygulayarak hesaplanır. (MaxDim) ve (MinDim) sırasıyla azami ve asgari kesit boyutunu göstermektedir.

NOT 2: Bu modülde gösterilen EA, EI ve GJ değerleri sadece temsilidir (ör. analizde kullanılmaz). Bu deüerler, ana kesit malzemesinin elastik malzeme özellikleri kullanılarak hesaplanır (ör. betonarme kesitlerindeki beton). Gözetleme noktalarındaki hiçbir kesit ayrıklaştırması Ön İşlemci'de yer almaz (bunun yerine, analiz sırasında gerçekleşir).

Ön İşlemci – Eleman Sınıfları

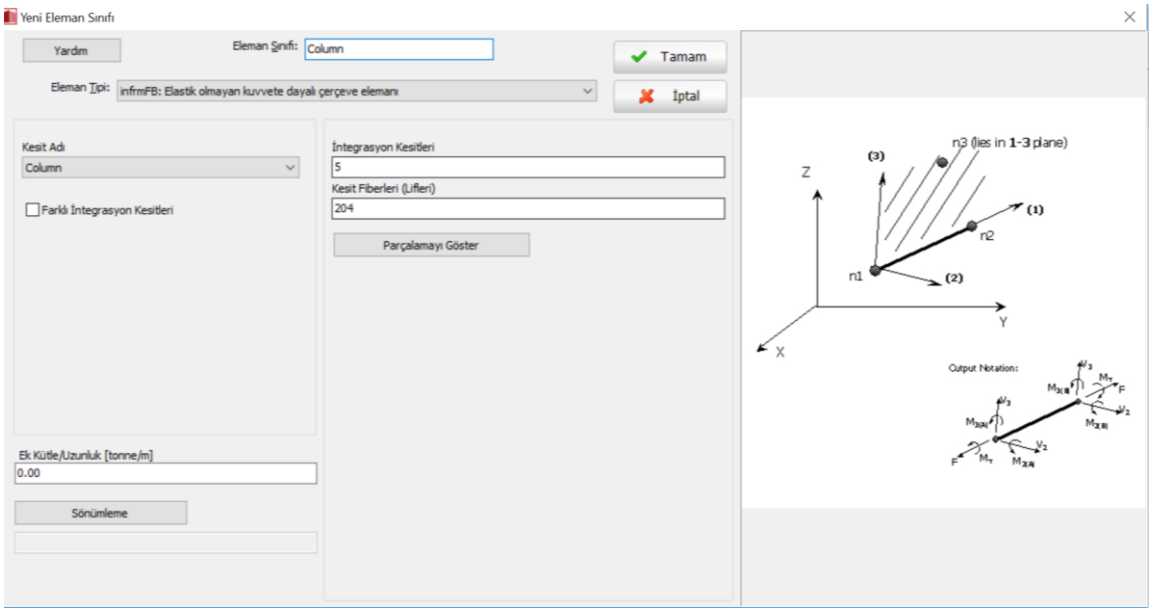
Daha önce tanımlanmış olan her kesit için, **Eleman Sınıfları** modülünden bir eleman sınıf tanımlanması gerekir. *Kiriş-Kolon Eleman Tipleri* ile ilgili olan *Ekle* düğmesine tıklanınca bir iletişim penceresi açılır.



Eleman Sınıfları modülü

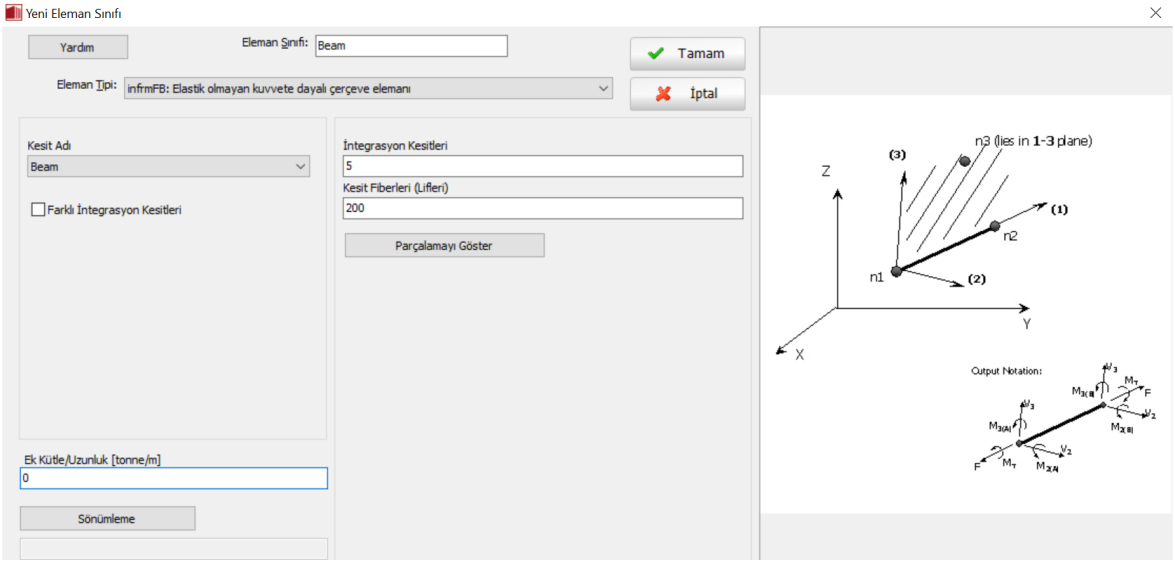
Bu iletişim penceresinde, aşağıda belirtilen adımları takip etmelisiniz:

1. Eleman sınıfına bir isim atanması (➔ Kolon);
2. Eleman tipinin aşağı çekilen menüden seçimi (➔ infrmFB elemanı);
3. Karşılık gelen kesit isminin aşağı çekilen menüden (➔ Kolon);
4. İntegrasyon kesitleri sayısının (➔ 5) ve kesit fiber (lif) sayısının (➔ 200) atanması;
5. Ek kütle/uzunluk atanması (➔ Hiçbir kütle/uzunluk atanmadı);
6. Eleman Özel Sönümlenme tanımlanması (➔Hiçbir eleman özel sönümlenme uygulanmadı. Dolayısıyla, Proje Ayarları'nda tanımlanan sönümlenme kullanılacaktır.)



Eleman Sınıflarının tanımlanması (Kolon)

Kiriş elemanı için bir sınıf oluşturmak için de aynı prosedürü takip ediniz.

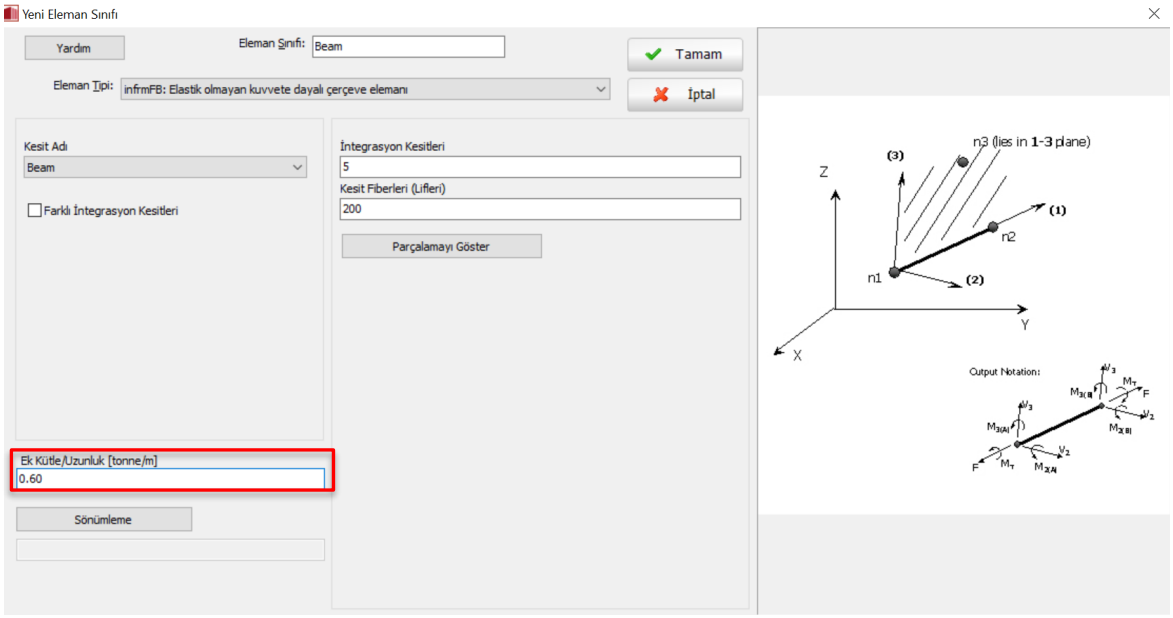


Eleman Sınıflarının tanımlanması (Kiriş)

Kiriş elemanlarına etki eden düşey yükleri dikkate almak için, kiriş elemanı sınıfına ek bir kütle/uzunluk atayabilirsiniz. Bu örnekte, 0,6 t/m olarak ele alalım.

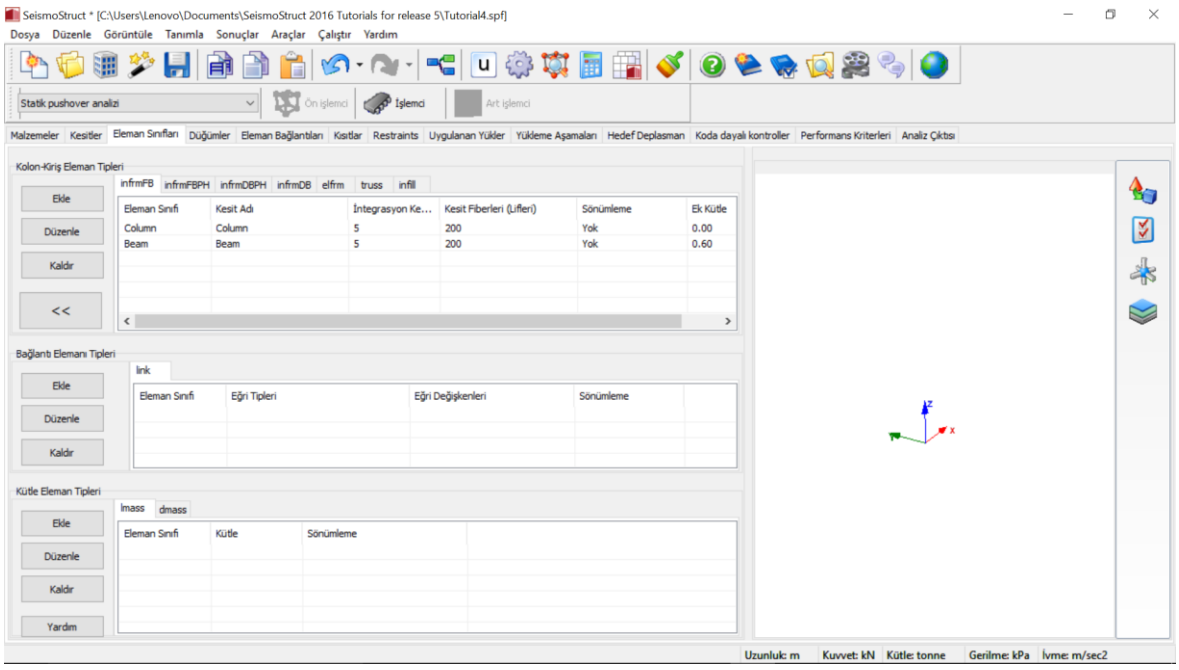
NOT 1: Ek kütle/uzunluk, sadece *'Kütlelerden kaynaklanan (SADECE yerçekimi yönünde), g değerine dayanan yükler'* veya *'Kullanıcı tanımlı katsayılara göre herhangi bir dönüşümsel yöndeki kütlelere dayanan yükler'* seçeneği kontrol edilerek yüklere çevrilecektir. Bu seçenekler, Proje Ayarları panelindedir (Proje Ayarları -> Yerçekimi & Kütle).

NOT 2: Ekkütle/uzunluk, *yayılıyük elemanı*(dmass) kullanılarak da tanımlanabilir.



Kiriş eleman sınıfı (Ek kütle)

Sonunda, **Eleman Sınıfları** modülü aşağıdaki gibi görünür:



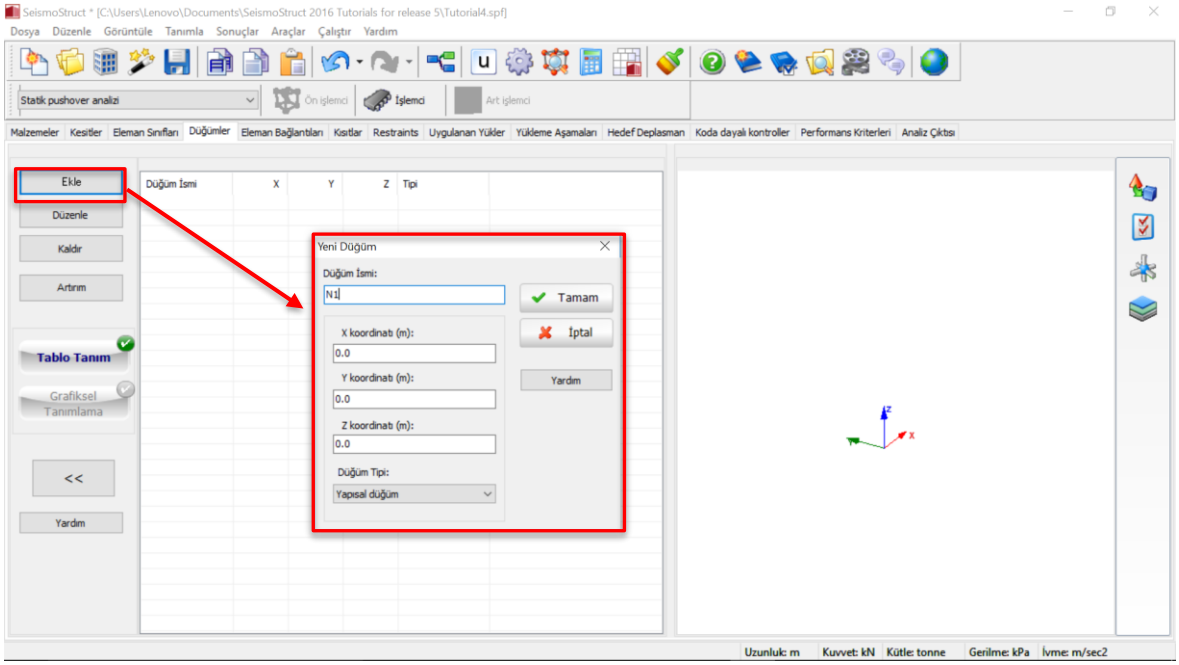
Eleman Sınıfları modülü

Ön İşlemci – Düğümler

Bu aşamada, yapının geometrisinin tanımlanması gerekmektedir. Dolayısıyla, düğümleri tanımlamak için **Düğümler** modülüne geçiniz.

NOT: Bu örnekte sadece bir adet yapısal düğüm tanımlayacaksınız. Kalan düğümler *Artırım* fonksiyonu kullanılarak oluşturulacaktır.

Tanımlayacağınız ilk düğüm **yapısal** bir **düğüm**dür. Ekle düğmesine tıklayıp, yeni düğüm iletişim penceresinden (i) düğüm adını atayıp (➔ N1), (ii) koordinatlarını girip ((➔ x=0, y=0, z=0), (iii) aşağı çekilen menüden düğüm tipini seçiniz (➔ yapısal düğüm).

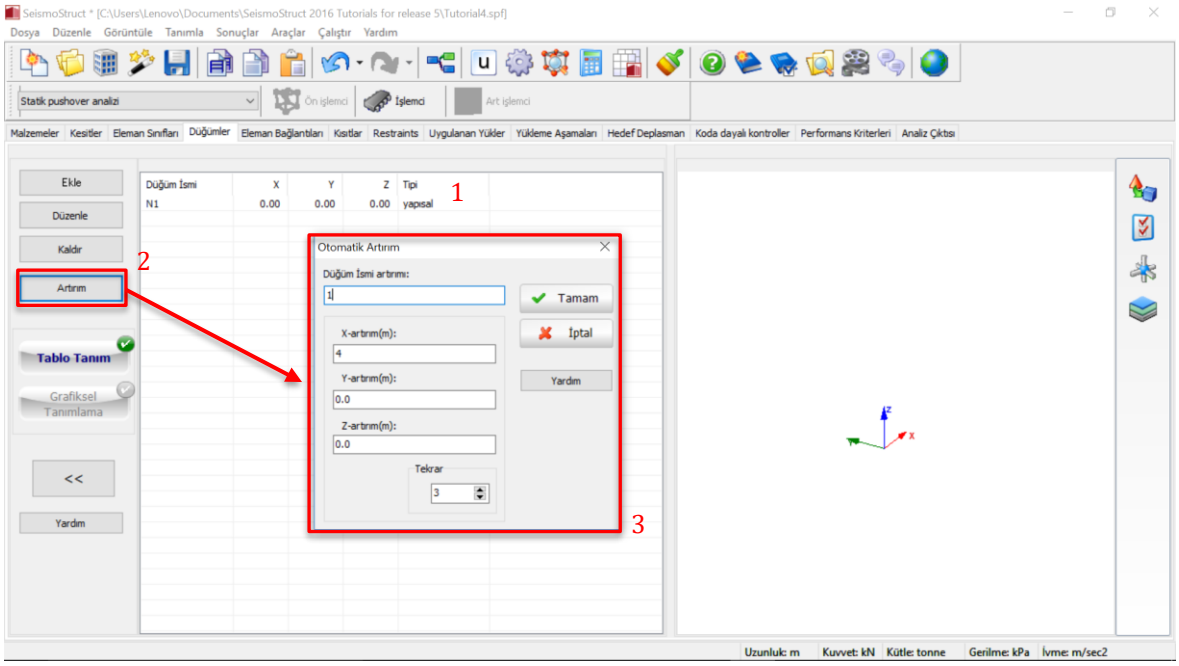


Düğümler modülü ve yeni düğüm tanımlanması

Diğer düğümleri oluşturmak için aşağıda belirtilen adımları takip etmelisiniz:

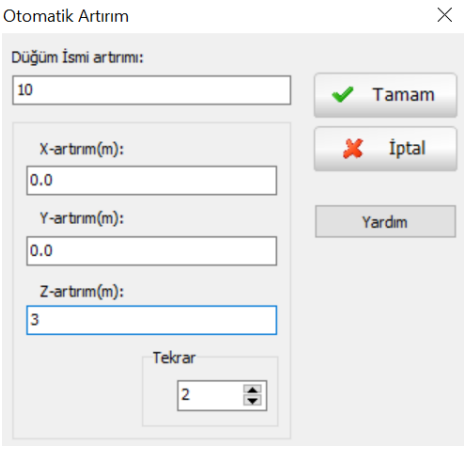
1. Tanımlamış olduğunuz düğümün seçilmesi;
2. *Artırım* düğmesine tıklanması;
3. Düğüm noktası ismine ait artırımının atanması (➔ 1);
4. Sağ yön doğrultusundaki artırımın (➔ X-artırım) tanımlanması (➔ 4);
5. Tekrar sayısının belirtilmesi (➔ 3).

Bu işlemler sonucunca, Y=0 olan tüm taban düğümlerini elde edersiniz (lütfen bir sonraki şekle bakınız).



Artırım servisi

Şimdi, düğümlerin Z doğrultusunda artırımı için: (i) tanımlamış olduğunuz düğümleri seçip, (ii) *Artırım* düğmesine tekrar tıklayıp, (iii) düğüm noktası isim artırımını belirleyip (➔ 10), (iv) Z doğrultusundaki artırımı belirleyip (➔ 3), (v) tekrar sayısını belirleyiniz (➔ 2).

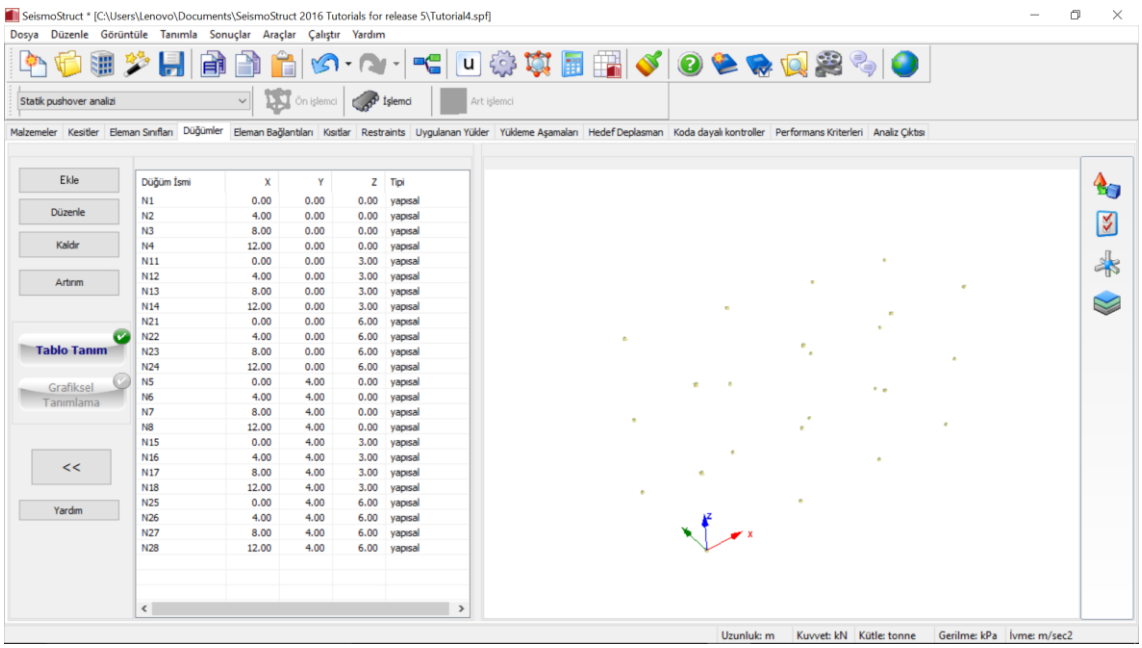


Z doğrultusundaki artırım

Aynı adımları (Y-yönünde 4 m uzaklığında bir adet çerçeve daha eklenilmesi yoluyla; isim artırımı=4; tekrar sayısı=1) kalan düğümler için de tekrarlayınız. Sonunda elde edeceğiniz yapısal düğümlerin koordinatları aşağıdaki tabloda özetlenmiştir:

Düğüm İsmi	X	Y	Z	Tipi
N1	0	0	0	yapısal
N2	4	0	0	yapısal
N3	8	0	0	yapısal
N4	12	0	0	yapısal
N11	0	0	3	yapısal
N12	4	0	3	yapısal

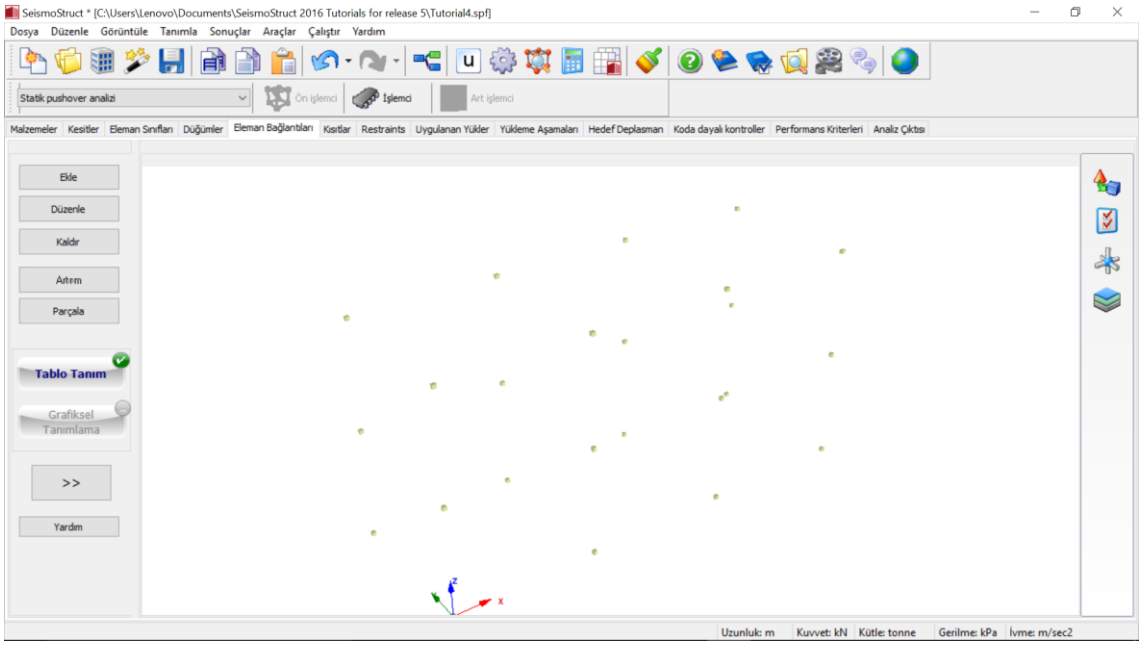
Düğüm İsmi	X	Y	Z	Tipi
N13	8	0	3	yapısal
N14	12	0	3	yapısal
N21	0	0	6	yapısal
N22	4	0	6	yapısal
N23	8	0	6	yapısal
N24	12	0	6	yapısal
N5	0	4	0	yapısal
N6	4	4	0	yapısal
N7	8	4	0	yapısal
N8	12	4	0	yapısal
N15	0	4	3	yapısal
N16	4	4	3	yapısal
N17	8	4	3	yapısal
N18	12	4	3	Yapısal
N25	0	4	6	Yapısal
N26	4	4	6	Yapısal
N27	8	4	6	Yapısal
N28	12	4	6	Yapısal



Yapısal düğümler

Ön İşlemci – Eleman Bağlantıları

Bu aşamada, **Eleman Bağlantıları** modülüne geçecek ve yapısal elemanları (kolon ve kirişler) ekleyeceksiniz. İlk tanımlayacağınız eleman bir kolondur. *Ekle* düğmesine tıklayınız.

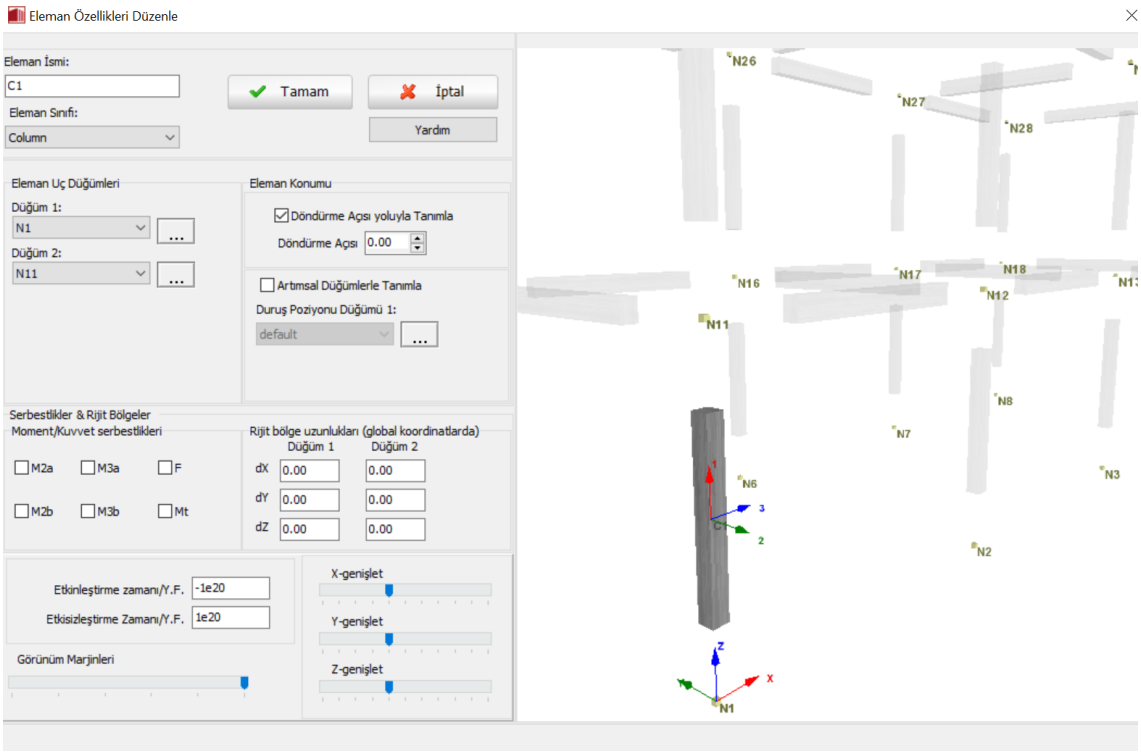


Eleman Bağlantıları modülü

Yeni eleman iletişim penceresinde, aşağıdaki adımları takip etmelisiniz:

1. Eleman isminin atanması (➔ C1);
2. Eleman sınıfının aşağı çekilen menüden seçilmesi (➔ Kolon);
3. Sırasıyla, ilk (yapısal) düğümün (➔ N1), ikinci (yapısal) düğümün (➔ N11) ve eleman duruşunun (konumlandırmasının) seçilmesi (eleman döndürme açısının '0' olarak tanımlanması ➔ varsayılan seçenek).

NOT: Bu örnekte yeni elemanların tanımlanması sırasında, *Grafiksel Tanımlama* modu yerine *Görüntüle* modunu kullanacaksınız.



Yeni eleman tanımlanması

Diğer elemanların tanımlanması için de aynı işlemi tekrarlayınız.

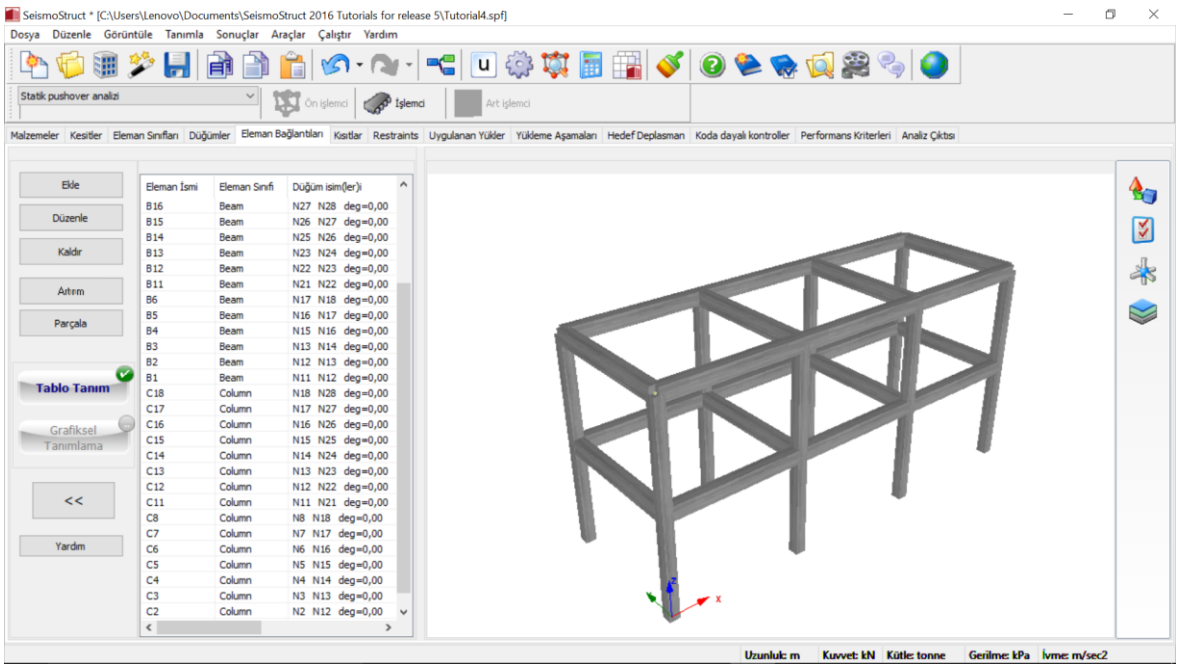
NOT: Düğümlerde olduğu gibi, yeni elemanların oluşturulmasında da *Artırım* servisinden yararlanabilirsiniz.

Aşağıda sunulan tablolarda tüm elemalar özetlenmektedir:

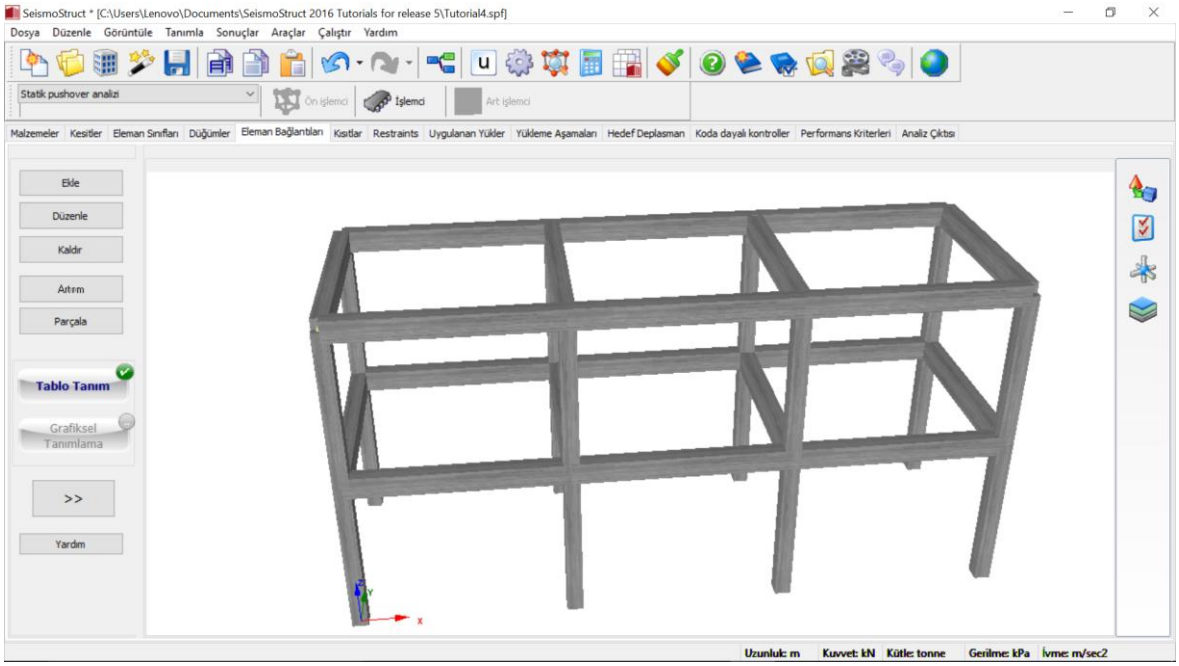
Eleman İsmi	Eleman Sınıfı	Düğümler
C1	Kolon	N1 N11 açı=0.0
C2	Kolon	N2 N12 açı=0.0
C3	Kolon	N3 N13 açı=0.0
C4	Kolon	N4 N14 açı=0.0
C5	Kolon	N5 N15 açı=0.0
C6	Kolon	N6 N16 açı=0.0
C7	Kolon	N7 N17 açı=0.0
C8	Kolon	N8 N18 açı=0.0
C11	Kolon	N11 N21 açı=0.0
C12	Kolon	N12 N22 açı=0.0
C13	Kolon	N13 N23 açı=0.0
C14	Kolon	N14 N24 açı=0.0
C15	Kolon	N15 N25 açı=0.0
C16	Kolon	N16 N26 açı=0.0
C17	Kolon	N17 N27 açı=0.0
C18	Kolon	N18 N28 açı=0.0

Eleman İsmi	Eleman Sınıfı	Düğümler
Eleman İsmi	Eleman Sınıfı	Düğümler
B1	Kiriş	N11 N12 açı=0.0
B2	Kiriş	N12 N13 açı=0.0
B3	Kiriş	N13 N14 açı=0.0
B4	Kiriş	N15 N16 açı=0.0
B5	Kiriş	N16 N17 açı=0.0
B6	Kiriş	N17 N18 açı=0.0
B11	Kiriş	N21 N22 açı=0.0
B12	Kiriş	N22 N23 açı=0.0
B13	Kiriş	N23 N24 açı=0.0
B14	Kiriş	N25 N26 açı=0.0
B15	Kiriş	N26 N27 açı=0.0
B16	Kiriş	N27 N28 açı=0.0
B7	Kiriş	N11 N15 açı=0.0
B8	Kiriş	N12 N16 açı=0.0
B9	Kiriş	N13 N17 açı=0.0
B10	Kiriş	N14 N18 açı=0.0
B17	Kiriş	N21 N25 açı=0.0
B18	Kiriş	N22 N26 açı=0.0
B19	Kiriş	N23 N27 açı=0.0
B20	Kiriş	N24 N28 açı=0.0

Bu aşama sonunda, yapının tamamı tanımlanmıştır. Ekranın sağında bulunan 3D Model penceresinden modelinizi 3D çizimi yaklaşarak, döndürerek ve hareket ettirerek kontrol edebilirsiniz.



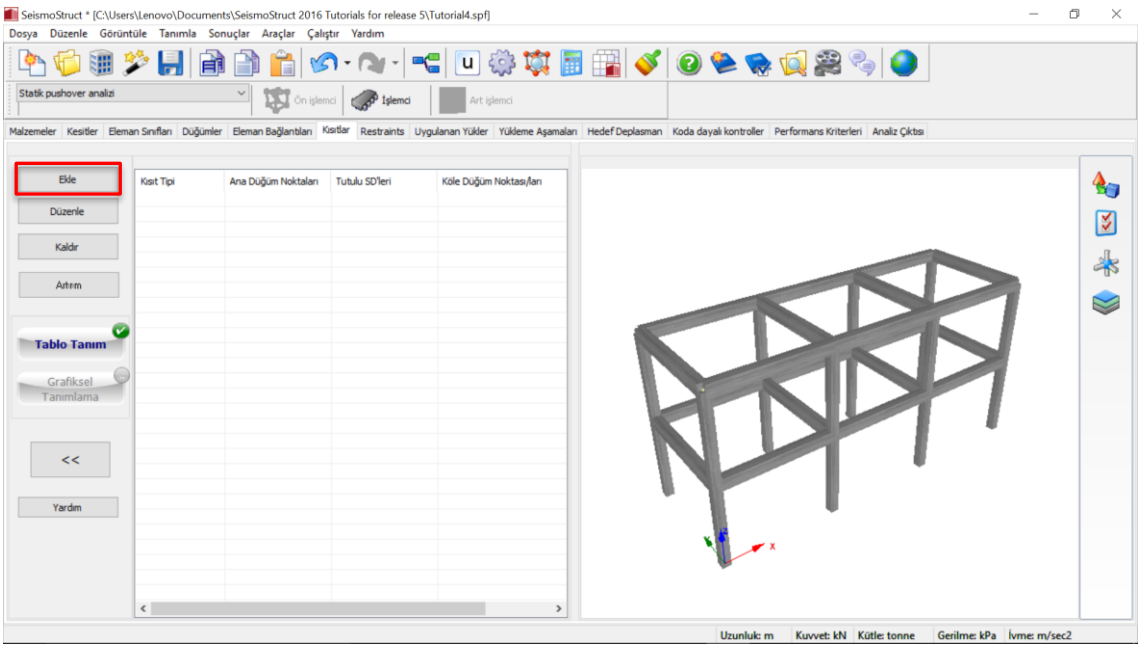
3D Model penceresi



3D Model (tam ekran)

Ön İşlemci – Kısıtlar

Şimdi, yapınızın kısıtlayıcı koşullarını tanımlamanız gerekmektedir. İki adet rijit diyafram oluşturulacaktır. **Kısıtlar** modülüne geçerek, *Ekle* düğmesine tıklayınız.

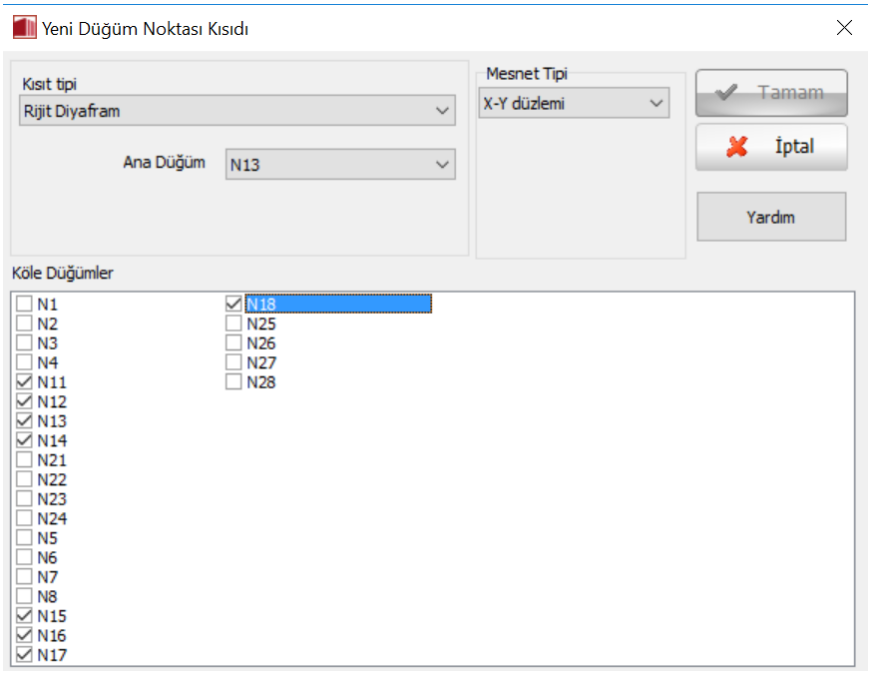


Kısıtlar modülü

Yeni düğüm noktası kısıdı penceresinde belirtilen adımları takip etmelisiniz:

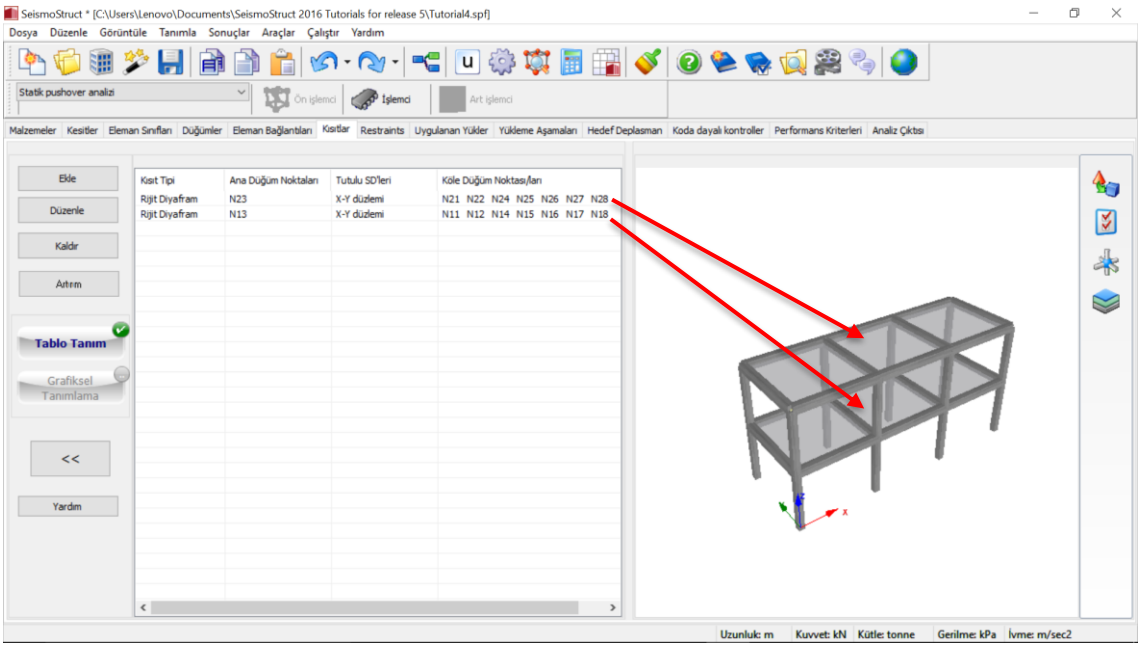
1. Kısıt tipinin aşağı çekilen menüden seçilmesi (➔ rijit diafram);
2. Uygulanacak olan düzlemi seçilmesi (➔ X-Y düzlemi);

3. İlgili ana düğümün aşağı çekilen menüden seçilmesi (➔ N13);
4. Köle düğümlerin ilgili kutucukların işaretlenmesi yoluyla seçilmesi.



Yeni Kısıt penceresi

Aynı işlemler serisini ikinci kat rijit diyaframı için de tekrarlayınız. Bu işlemler sonunda, **Kısıtlar** modülü aşağıdaki şekildeki gibi görünecektir:

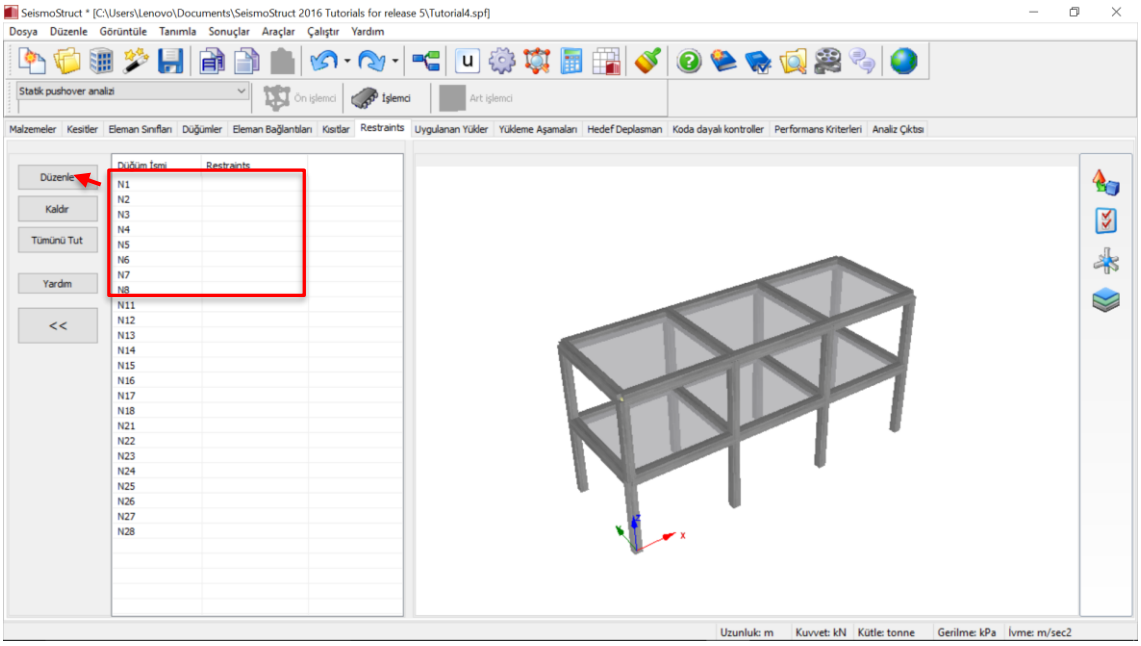


Kısıtlar

NOT: Düğümlerdeveelemanlardaolduğu gibi, yeni rijit diyafram oluşturulmasında da *Artırım* servisinden yararlanabilirsiniz.

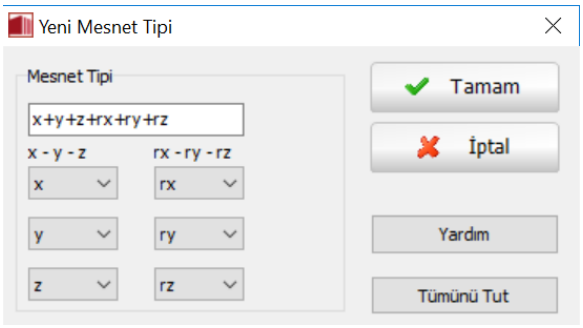
Ön İşlemci – Mesnetler

"Yapısal geometri"ye ilişkin son adım mesnet şartlarının tanımlanmasıdır. Bu örnekte, yapının taban düğümlerinin serbestliklerinin hepsini tamamen tutacaksınız. Bu işlemi gerçekleştirebilmek için, (i) **Mesnetler** modülüne geçip, (ii) mesnet şartı tanımlamak istediğiniz düğümleri seçip (-> taban düğümleri), (iii) *Düzenle* düğmesine tıklayınız.



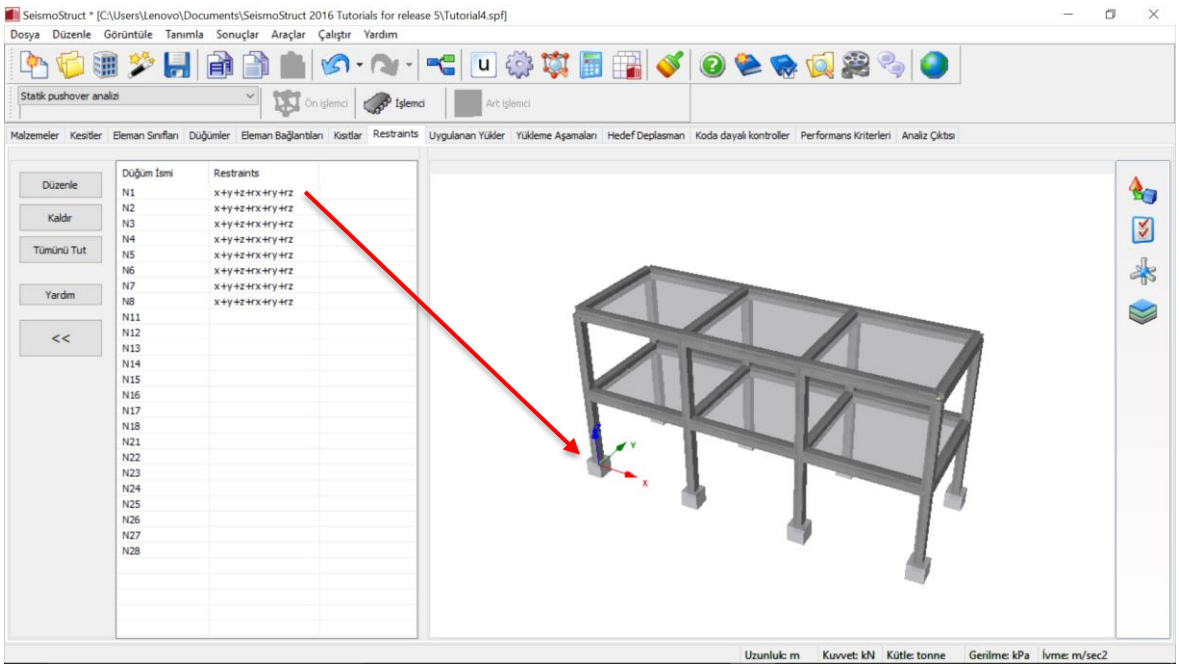
Mesnetler modülü

Yeni pencerede *Tümünü Tut* düğmesine tıklayınız.



Yeni mesnet penceresi

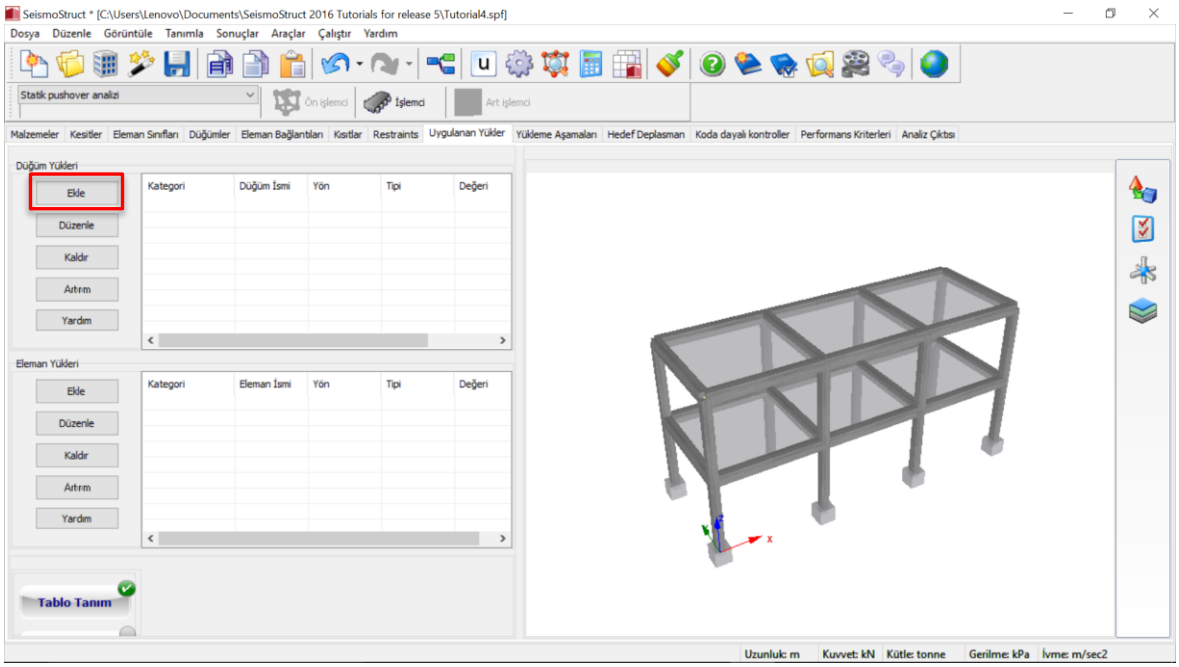
Mesnetler modülü bir sonraki şekilde belirtilen gibi görünecektir:



Mesnetler

Ön İşlemci – Uygulanan Yükler

Yapıya bir itme analizi uygulanmak istemektedir, dolayısıyla yapısal modele uygulanacak yükler (ör. Artımsal yükler) bununla uygun olmalıdır. **Uygulanan Yükler**'e gidip, Düğüm Yükleri kısmında bulunan,*Ekle* düğmesine tıklayınız.

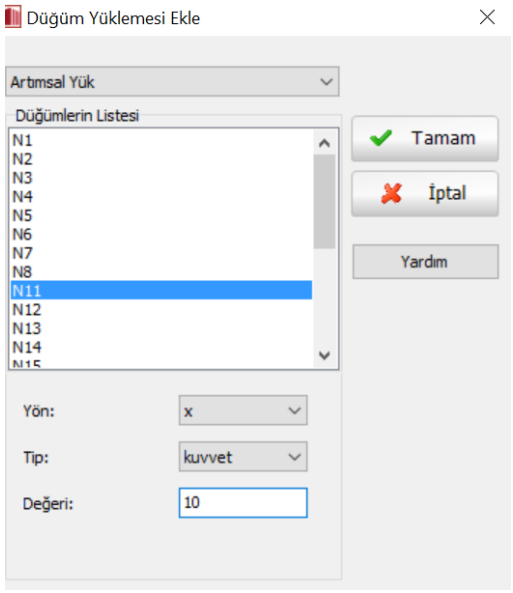


Uygulanan Yükler modülü

Yeni pencerede, sıralanan adımları takip etmelisiniz:

1. Yük kategorisinin aşağı çekilen menüden seçilmesi (➔ Artımsal Yük);

2. İlintili düğümün belirtilmesi (➔ N11);
3. Yük doğrultusunun (yönünün) aşağı çekilen menüden seçilmesi (➔ X);
4. Yük tipinin aşağı çekilen menüden seçilmesi (➔ kuvvet);
5. Nominal değerin belirtilmesi (➔ 10).



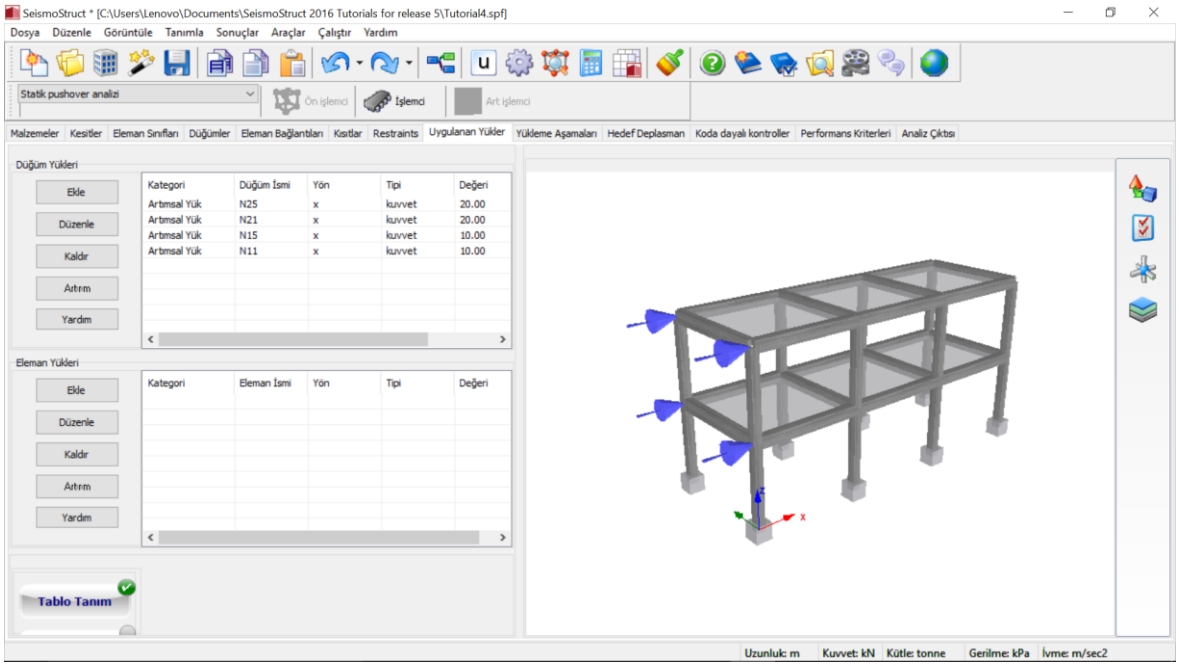
Yeni Uygulanan Yük penceresi

Diğer artımsal yükleri uygulamak için aynı işlemler grubunu takip ediniz.

HATIRLAYINIZ! Herhangi adımdaki yük büyüklüğü, kullanıcı tarafından tanımlanan nominal değeriyle, mevcut yük faktörünün çarpımı sonucu elde edilip, otomatik veya kullanıcı tanımlı bir şekilde güncellenir.

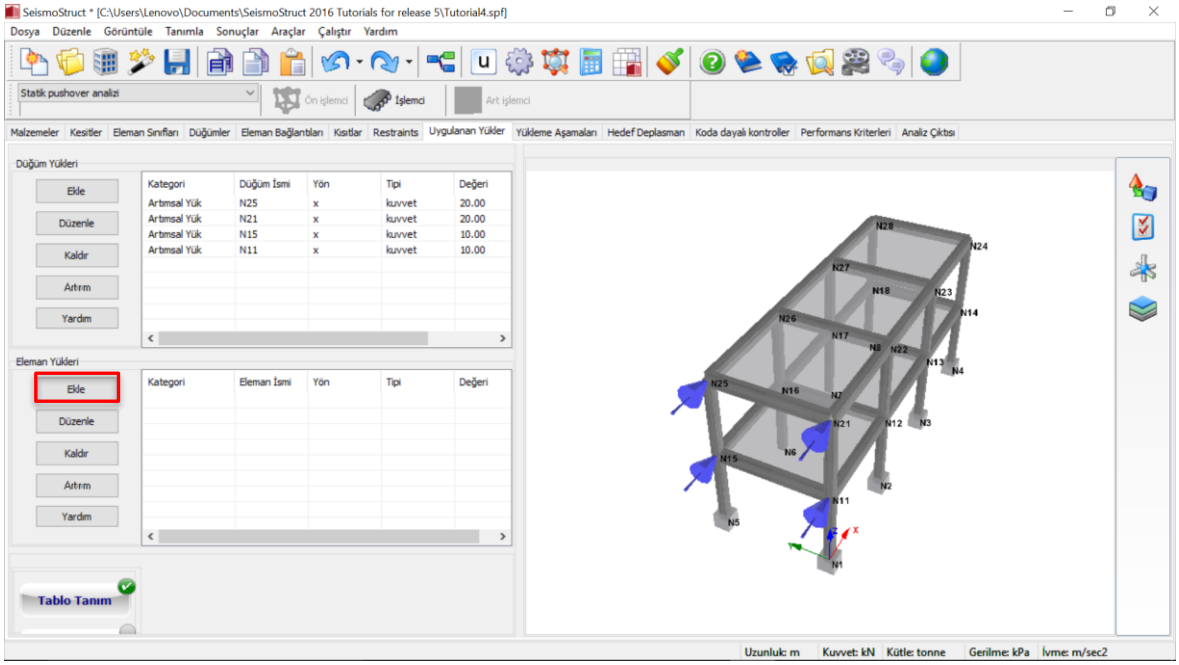
Aşağıdaki tabloda uygulanan artırım yükleri özetlenmiştir:

Kategori	Düğüm İsmi	Doğrultusu	Tipi	Değeri
Artımsal Yük	N11	X	kuvvet	10
Artımsal Yük	N15	X	kuvvet	10
Artımsal Yük	N21	X	kuvvet	20
Artımsal Yük	N25	X	kuvvet	20



Artımsal Yükler

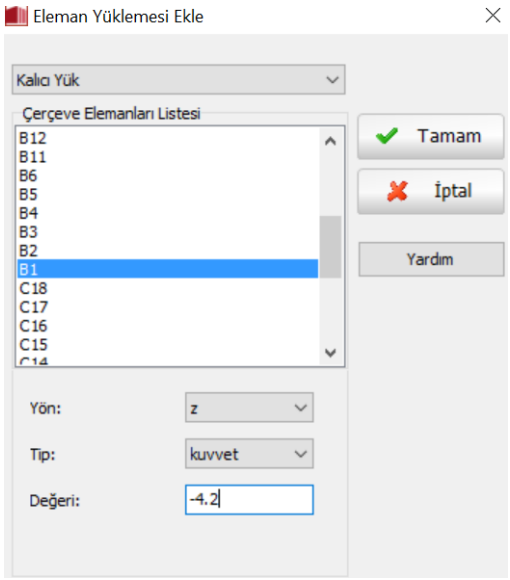
SeismoStruct v7.0'den itibaren, kullanıcılar **Uygulanan Yükler** modülü içerisinde elemanlar üzerine etkiyen yayılı yükleri de tanımlayabilirler.



Uygulanan Yükler modülü-Eleman yükleri

Kullanıcıların:

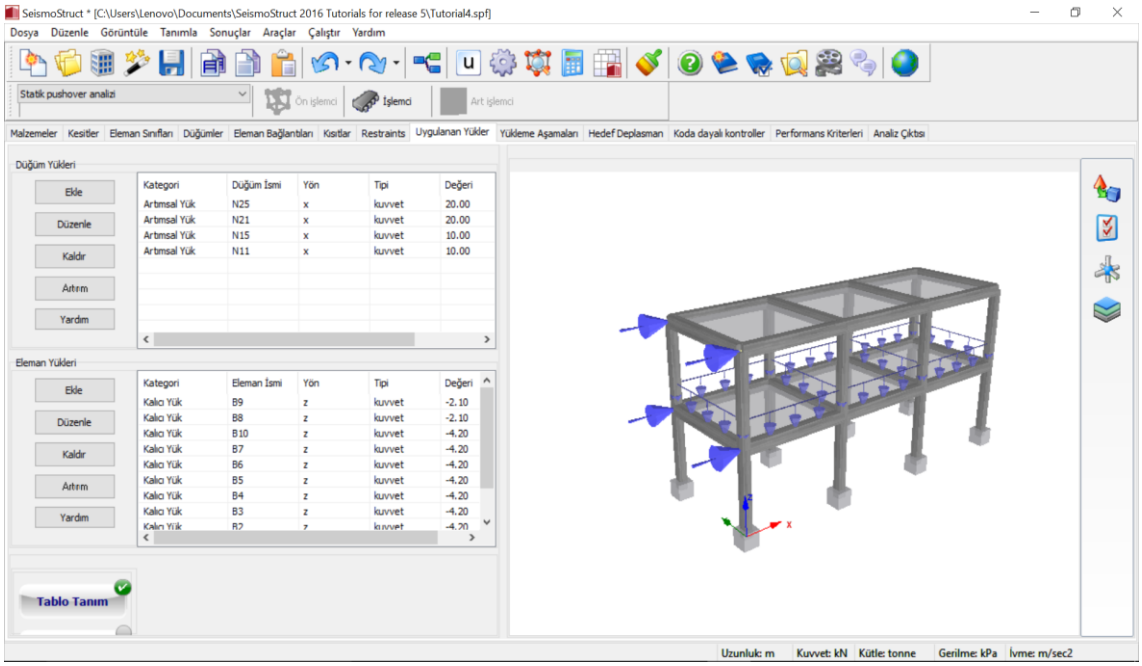
1. İlgili elemanı seçmesi(➔ B1);
2. Aşağı çekilen menüden kuvvet doğrultusunu seçmesi (➔ Z);
3. Aşağı çekilen menüden yük tipini ve durumunu seçmesi (➔ kuvvet);
4. Nominal değeri tanımlaması (➔ -4.2)



Uygulanan Eleman Yükleri penceresi

Diğer elemanlar için de benzer işlemleri takip ediniz. Sonunda aşağıdaki tabloda belirtilen kalıcı yük dağılımı tanımlanmış durumda olmalıdır:

Eleman İsmi	Doğrultusu	Tipi	Değeri
B1	Z	Kuvvet	-4.2
B2	Z	Kuvvet	-4.2
B3	Z	Kuvvet	-4.2
B4	Z	Kuvvet	-4.2
B5	Z	Kuvvet	-4.2
B6	Z	Kuvvet	-4.2
B7	Z	Kuvvet	-4.2
B10	Z	Kuvvet	-4.2
B8	Z	Kuvvet	-2.1
B9	Z	Kuvvet	-2.1

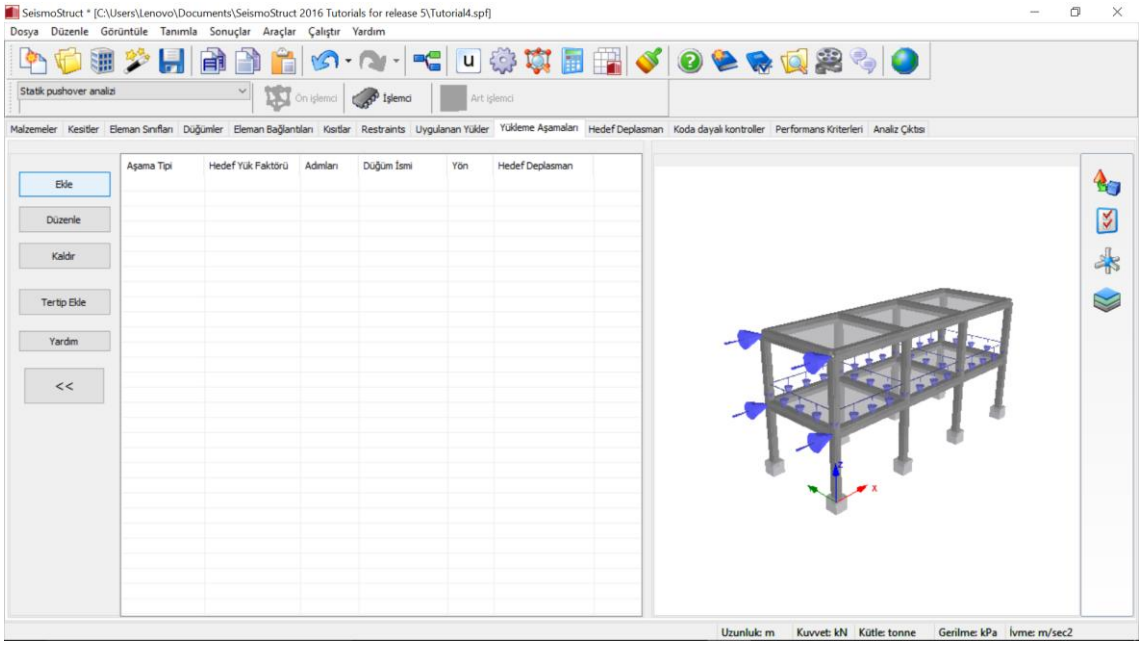


Uygulanan Yükler

NOT: Yerçekimi & Kütle ayarlarında (Proje Ayarları > Yerçekimi & Kütle) kütlelerden yük elde edilmesi seçiliyse, çerçeve elemanlarına ait yayılı kütleler, yayılı yüklere dönüştürülür.

Ön İşlemci – Yükleme Aşamaları

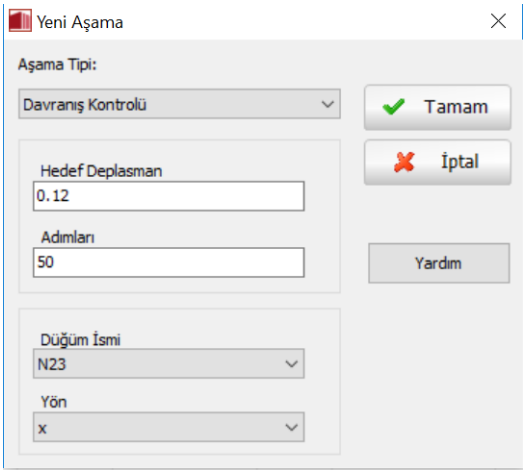
İtme analizinde benimsenen yükleme stratejisi tamamen **Yükleme Aşamaları** modülünde tanımlanır. Bu örnekte, Davranış Kontrolü aşama tipini tanımlayacaksınız. *Ekle* düğmesine basınız.



Yükleme Aşamaları modülü

Yeni pencerede, belirtilen adımları takip etmelisiniz:

1. Aşama tipinin aiağı çekilir menüden seçilmesi (➔ Davranış Kontrolü);
2. Hedef deplasmanın belirtilmesi (➔ 0,12);
3. Adım sayısının tayini (➔ varsayılan değer: 50);
4. Kontrol edilecek düğümün isminin aşağı çekilen menüden seçilmesi (➔ N23) ;
5. Doğrultunun aşağı çekilen menüden seçilmesi (➔ X).



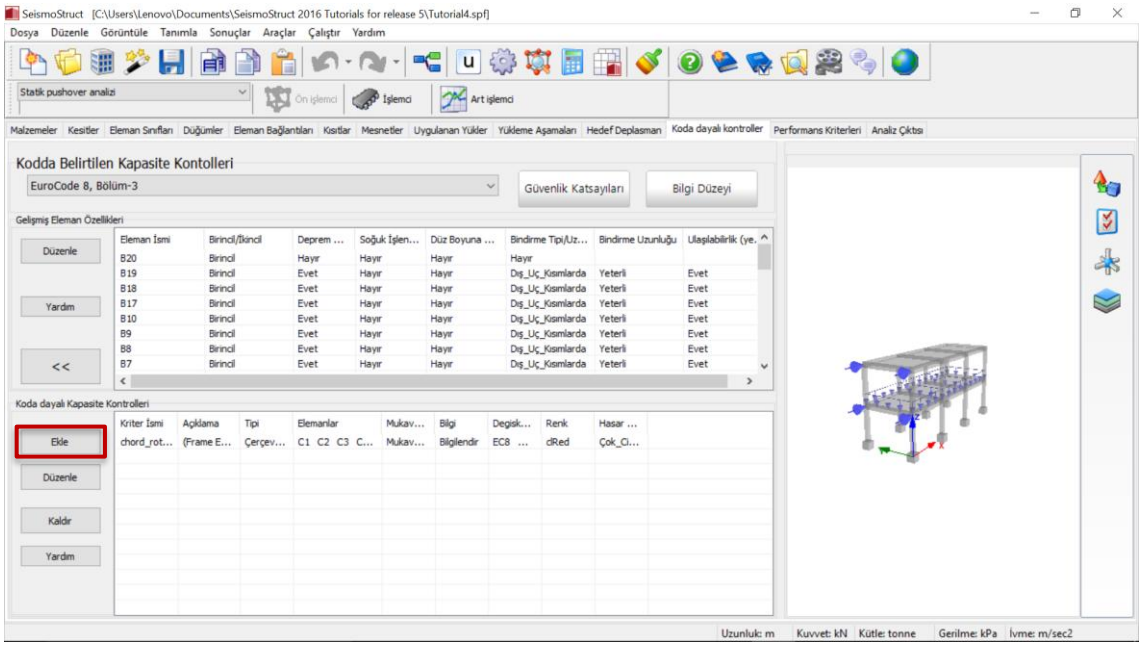
Yeni aşama penceresi

Ön İşlemci - Hedef Deplasman

Bu öğretide, Hedef deplasman hesaplamasıyapılmayacaktır.

Önişlemci – Koda dayalı Kontroller

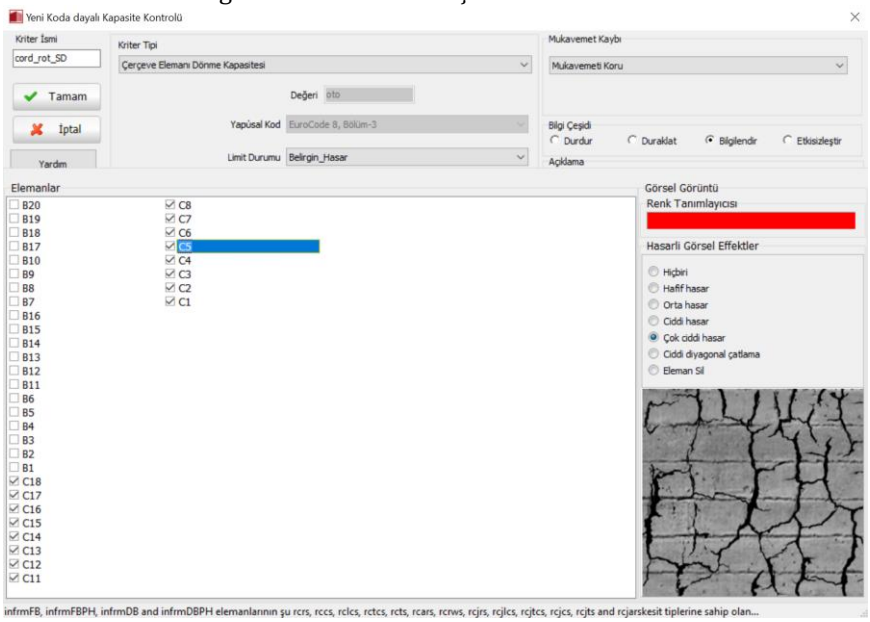
Ciddi hasar limit durumu için bütün elemanların eleman dönme kapasiteleri ile ilişkili bir kontrol uygulanacaktır. Bunu yapmak için, **Koda dayalı Kontroller** modülüne geçip, uygulanan kodu seçmeli, güvenlik katsayıları ve elde edilen yapısal bilgi düzeyini tanımlamalı, gelişmiş eleman özelliklerini düzenlemeli ve kontrolü eklemek için *Ekle* butonuna tıklamalısınız.



Koda dayalı kontroller modülü

Yeni pencerede, belirtilen adımları takip etmelisiniz:

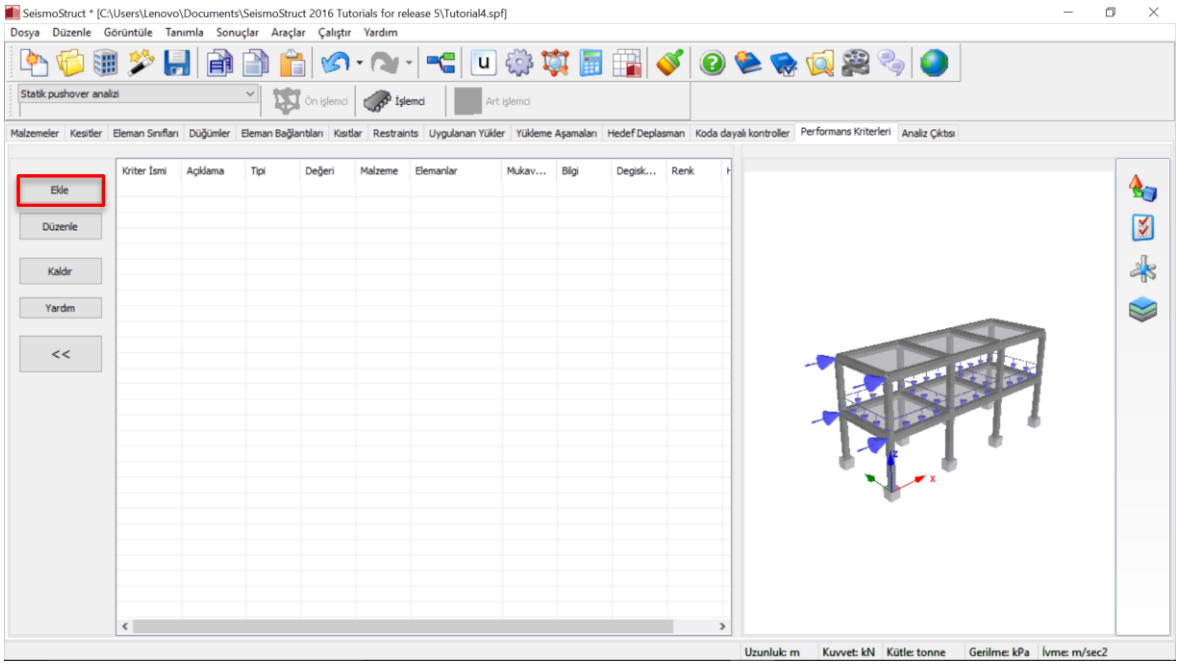
1. Koda dayalı kontrol ismi atanması(➔chord_rot_SD);
2. Aşağı çekilen menüden, koda dayalı kontrol tipinin Seçilmesi(➔Çerçeve Eleman dönme Kapasitesi);
3. Limit Durumun belirtilmesi (➔Ciddi Hasar);
4. Kontrol edilicek elemanların ilgili kutucukdan işaretlenerek seçilmesi
5. Kontrol kriterininin üzerine ulaşan mukavemet kaybının tanımlanması (➔Mukavemeti Koru);
6. Eylem tipinin belirtilmesi (➔Bilgilendir);
7. Art İşlemci **Deforme Şekil Görüntüleyicisi**nde grafiksel görselleştirmeyi etkinleştirmek için renk tanımlanması ve hasar görsel efektlerinin seçilmesi.



Yeni koda dayalı Kapasite Kontrolü penceresi

Ön İşlemci – Performans Kriterleri

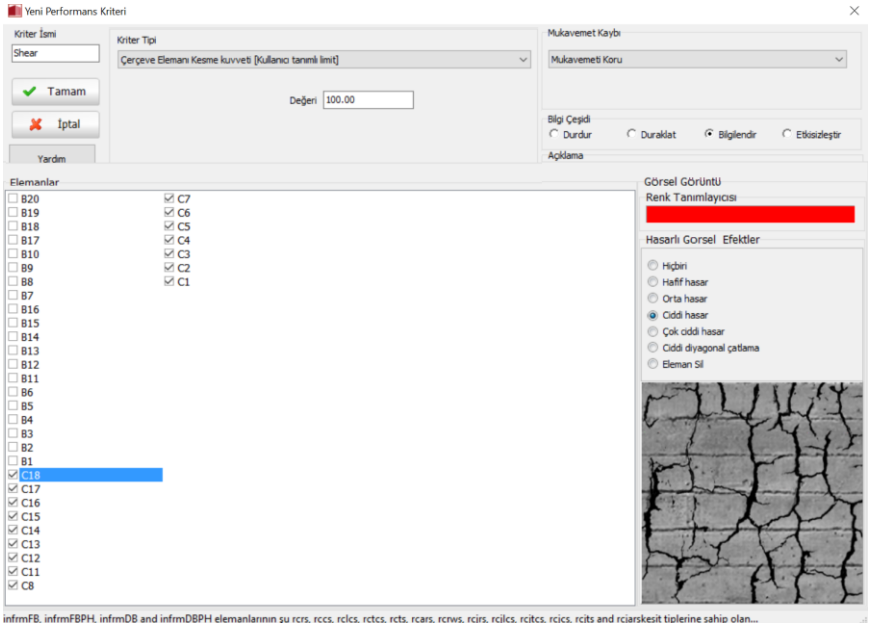
Bu örnek içerisinde, kolonlardaki kesme kuvvetlerini ele alan bir performans kriteri de eklemek istenmmektedir. **Performans Kriterleri** modülüne geçip, *Ekle* düğmesine basınız.



Performans kriterleri modülü

Yeni pencerede, belirtilen adımları takip etmelisiniz:

1. Kriter adının atanması (➔ Kesme);
2. Aşağı çekilen menüden kriter tipinin seçilmesi (➔ çerçeve elemanı kesme kuvveti[Kullanıcı tanımlı limit]);
3. Kritere ulaşım için kullanıcı tanımlı bir değerin tanımlanması (➔ 100);
4. İlgili kutucukların işaretlenmesi yoluyla kriterin uygulandığı elemanların seçilmesi;
5. Kontrol kriterininin üzerine ulaşan mukavemet bozulması tanımlanması (➔Mukavemeti Koru);
6. Eylem tipinin belirlenmesi (➔ Bilgilendir);
7. Art İşlemci **Deforme Şekil Görüntüleyicisi**'nde grafiksel görselleştirmeyi etkinleştirmek için Renk Tanımlayıcı ve Hasar Görsel efektlerinin seçilmesi.

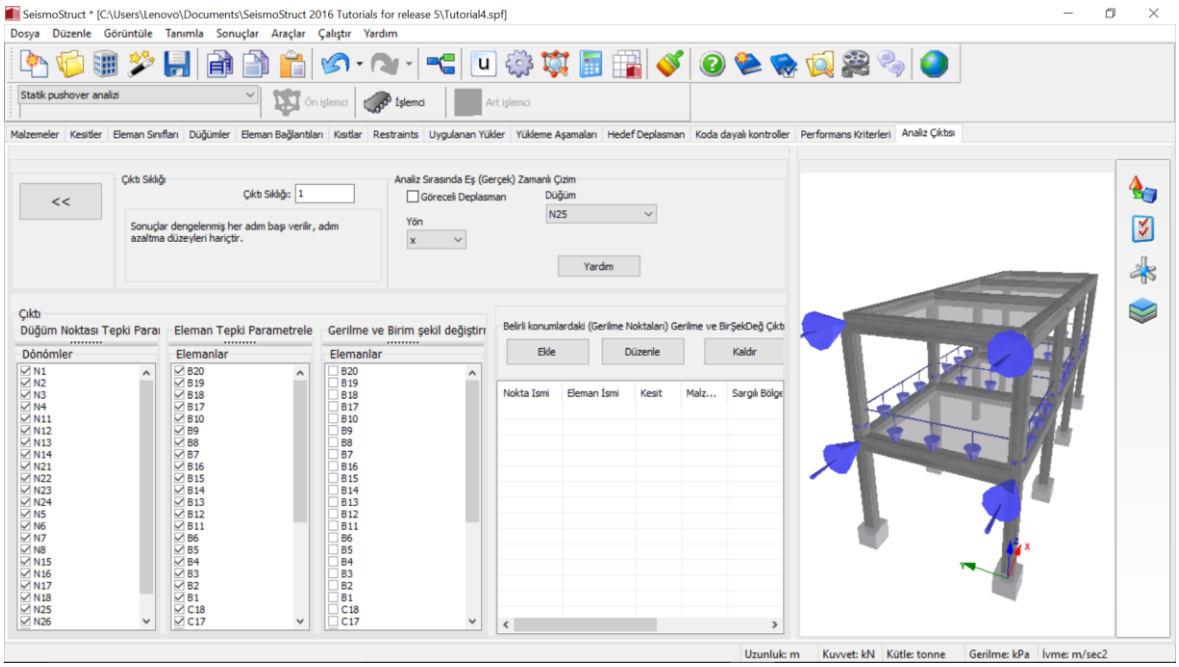


Yeni performans kriteri penceresi

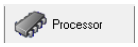
NOT: Performans kriterleri; malzeme şekil değiştirmesi ile ilintili (betonda çatlama, kabuk atımı, çekirdek ezilmesi; çelikte akma ve kopma), kesit eğriliği ve eleman dönmesi ile ilintili, eleman dönme ve kesme kapasite kontrolleri ile ilintili olmak üzere geniş bir yelpazede tanımlanabilir.

Ön İşlemci – Analiz Çıktıları

İşlemci alanına geçmeden önce, **Analiz Çıktısı** modülünden, aşağıda gösterildiği gibi, çıktı tercihlerinizi belirtmelisiniz.



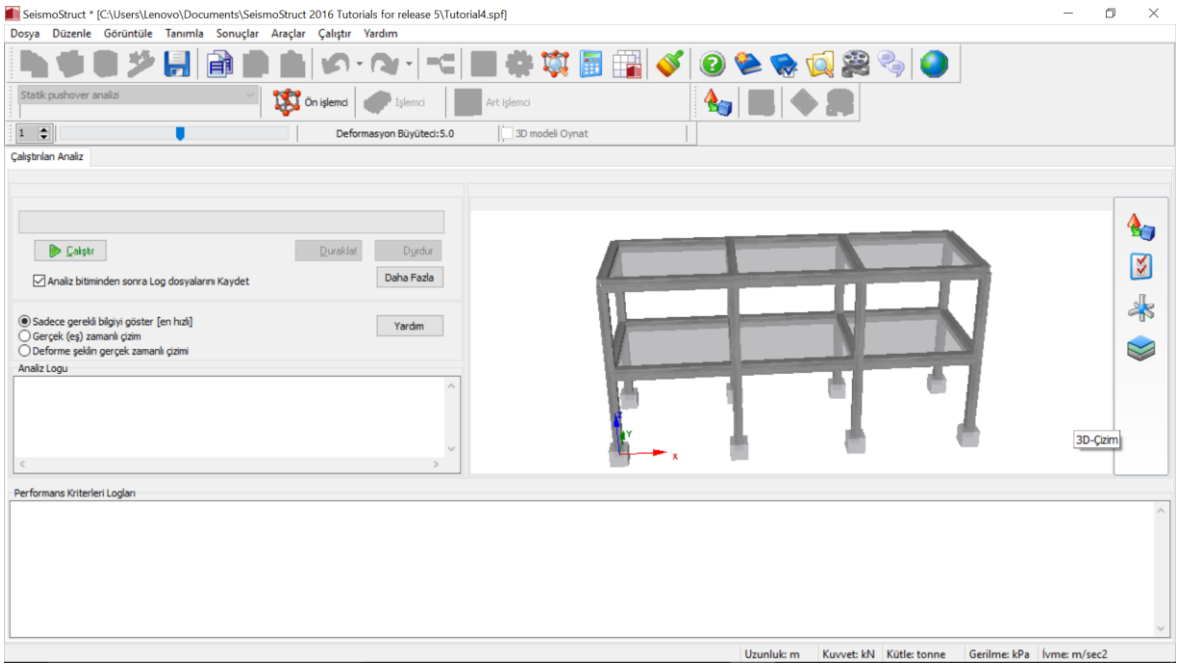
Analiz çıktısı modülü

Daha sonra, ilgili araç çubuğu düğmesine tıklayınız 

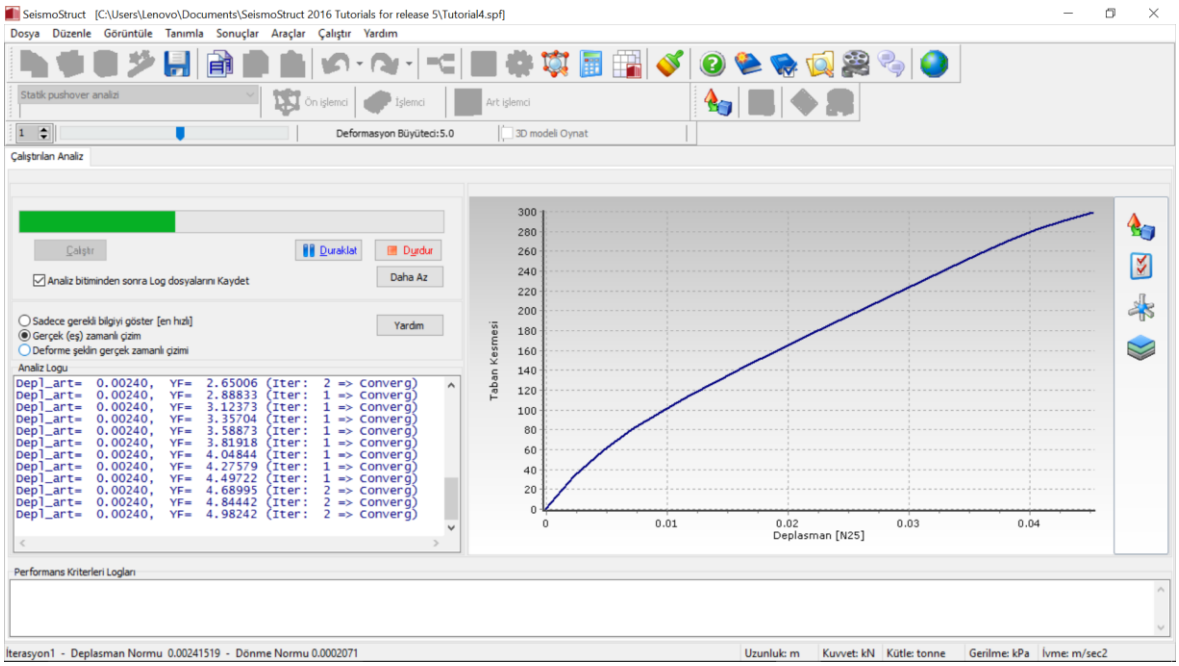
ya da ana menü üzerinden *Çalıştır* > *İşlemci* yolunu seçiniz.

İşlemci

İşlemci alanından, analizi başlatabilirsiniz. *Çalıştır* düğmesine tıklayınız.



İşlemci alanı



Analizin çalıştırılması

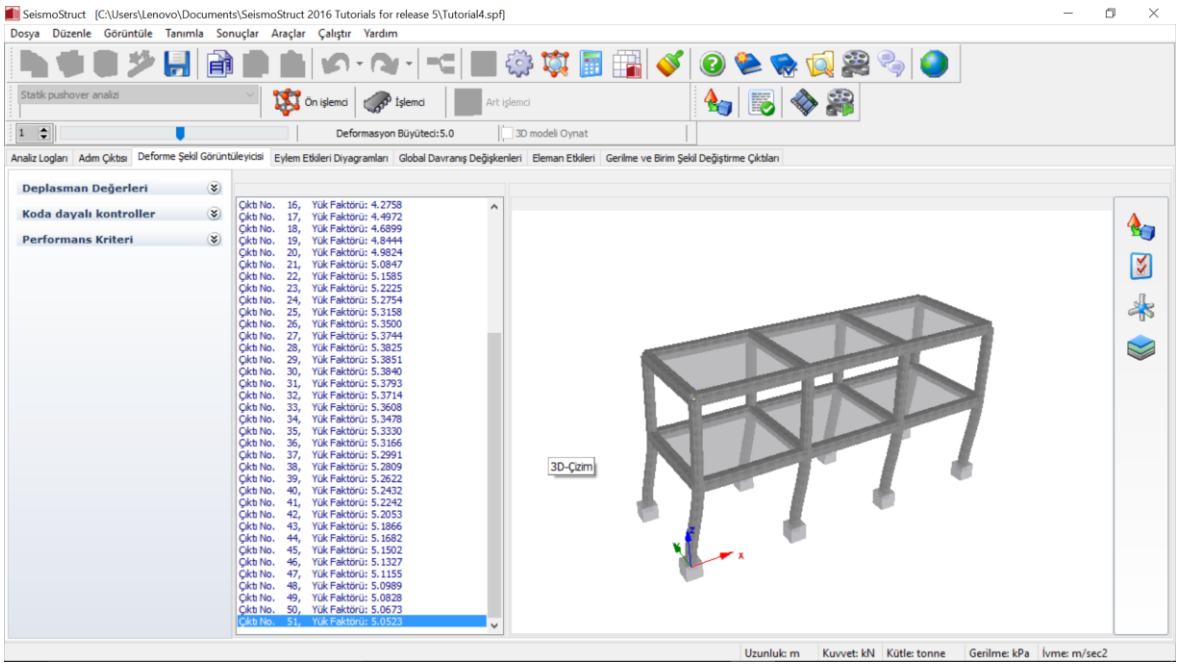
NOT: Analiz çalıştırılırken, üç farklı grafiksel (görsel) seçenekten faydalanabilirsiniz: (i) sadece gerekli bilginin gösterilmesi, (ii) eş (ya da gerçek) zamanlı çizim (bu örnekte Taban Kesmesi-Tepe Noktası Deplasmanı) ve (iii) deforme şeklin eş (ya da gerçek) zamanlı çizimi. İlk seçenek, aynı zamanda en hızlı olan seçenektir.

Analiz son bulduğunda, araç çubuğu üzerinden ilgili düğmeye (Post-Processor) tıklayınız ya da ana menüden *Çalıştır > Art İşlemci* yolunu seçiniz.

Art İşlemci – Deforme Şekil Görüntüleyicisi

Art İşlemci alanı, sonuçların tablo veya grafiksel formatta görüntülenebildiği ve herhangi başka bir Windows uygulamasına kopyalanabildiği bir seri modülden oluşmaktadır.

Deforme Şekil Görüntüleyicisi modülünde, analizin her adımında deforme şekli görüntüleme imkanınız vardır. İlgili çıktı tanımlayıcısını (ismini) tıklayarak deforme şekli güncelleyebilirsiniz (bkz. alttaki şekil).



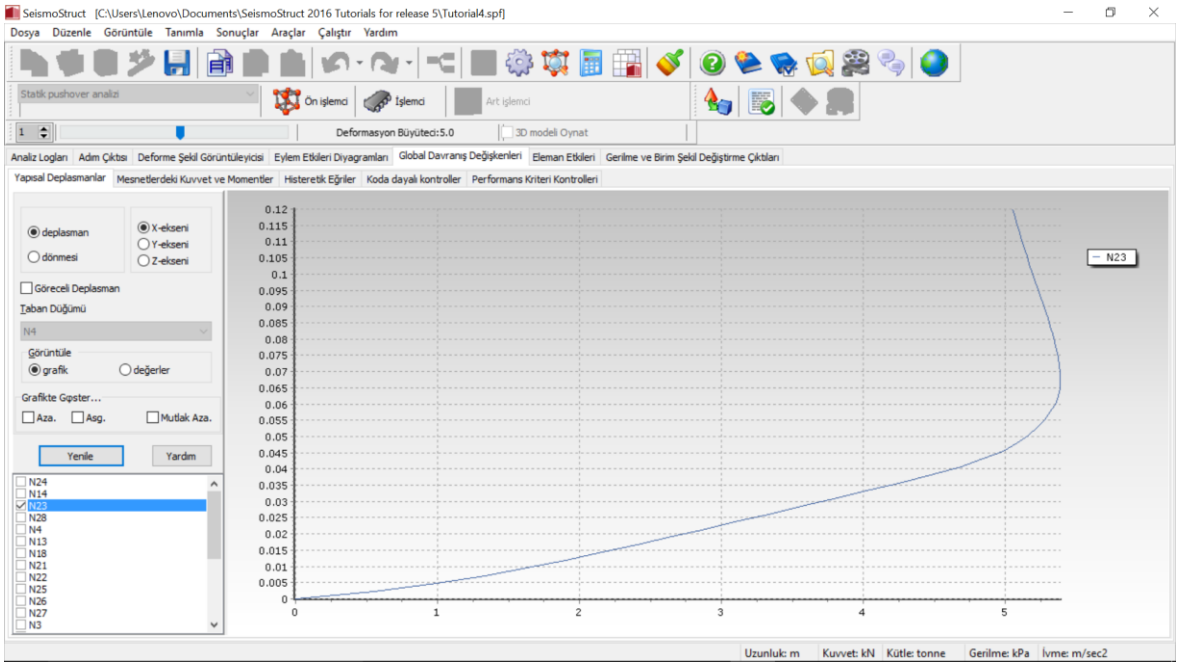
Deforme Şekil Görüntüleyicisi modülü

Art İşlemci – Global Tepki Parametreleri

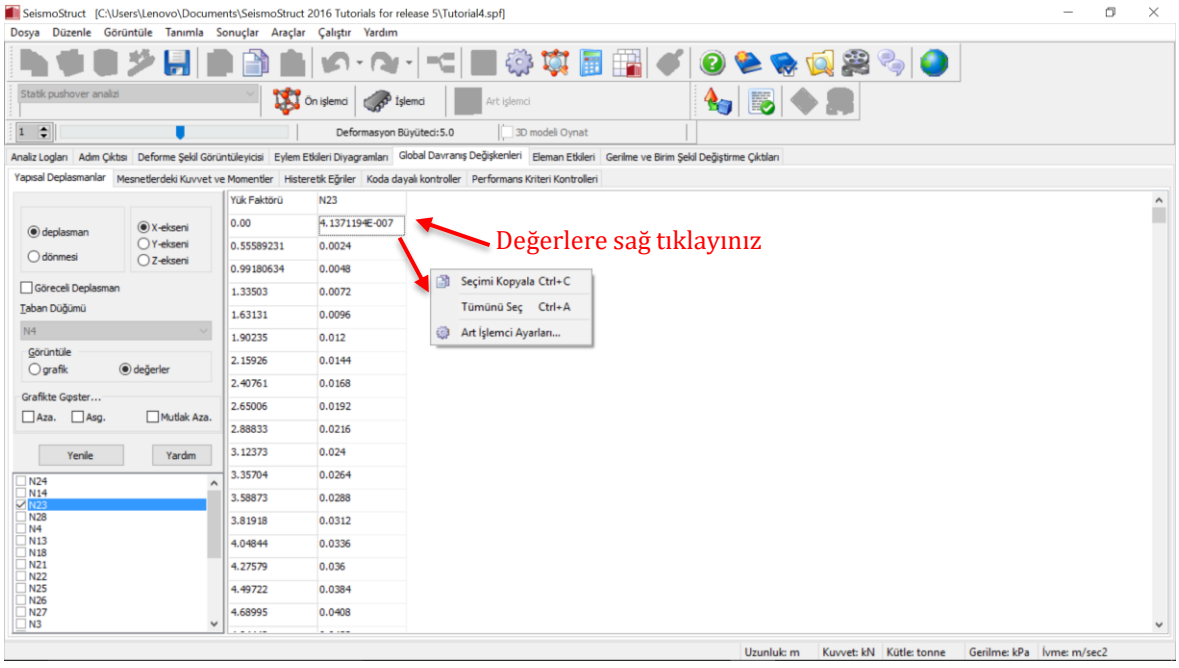
Global Tepki Parametrelerimodülünde şu sonuçların çıktısını alabilirsiniz: (i) yapısal deplasmanlar, (ii) mesnetlerdeki kuvvet ve momentler ve (iii) histeretik eğriler.

Öncelikle, x yönündeki deplasmanları görüntüleyebilmek için (i) *Yapısal Deplasmanlar* sekmesine tıklayıp, (ii) sırasıyla, *deplasman* ve *x-ekseni*'ni seçip, (iii) listeden karşılık gelen düğümü ilgili kutucuğu işaretleyerek seçip (-> N23), (iv) sonuç görüntüleme şeklini (*grafik* veya *değerler*) belirleyip, (v) *Yenile* düğmesine tıklayınız.

NOT: Sonuçlar global koordinat sistemindedir, Excel veya benzeri bir programa aşağıda gösterildiği gibi aktarılabilir.

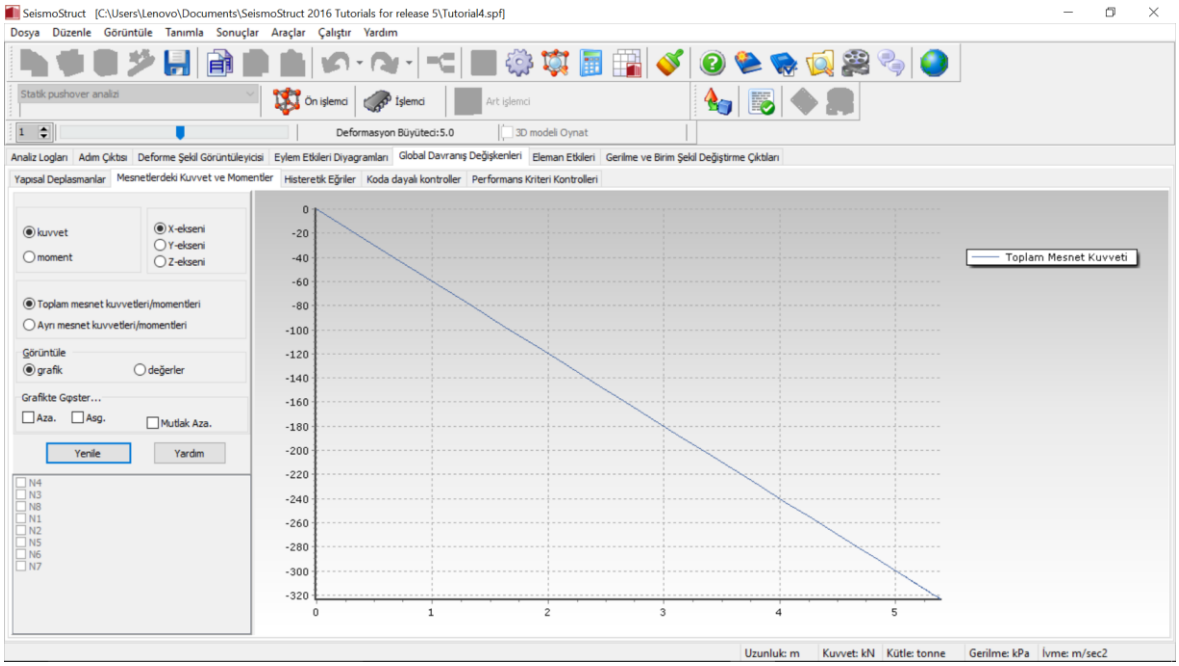


Global Tepki Parametreleri Modülü (Yapısal Deplasmanlar - grafik modu)



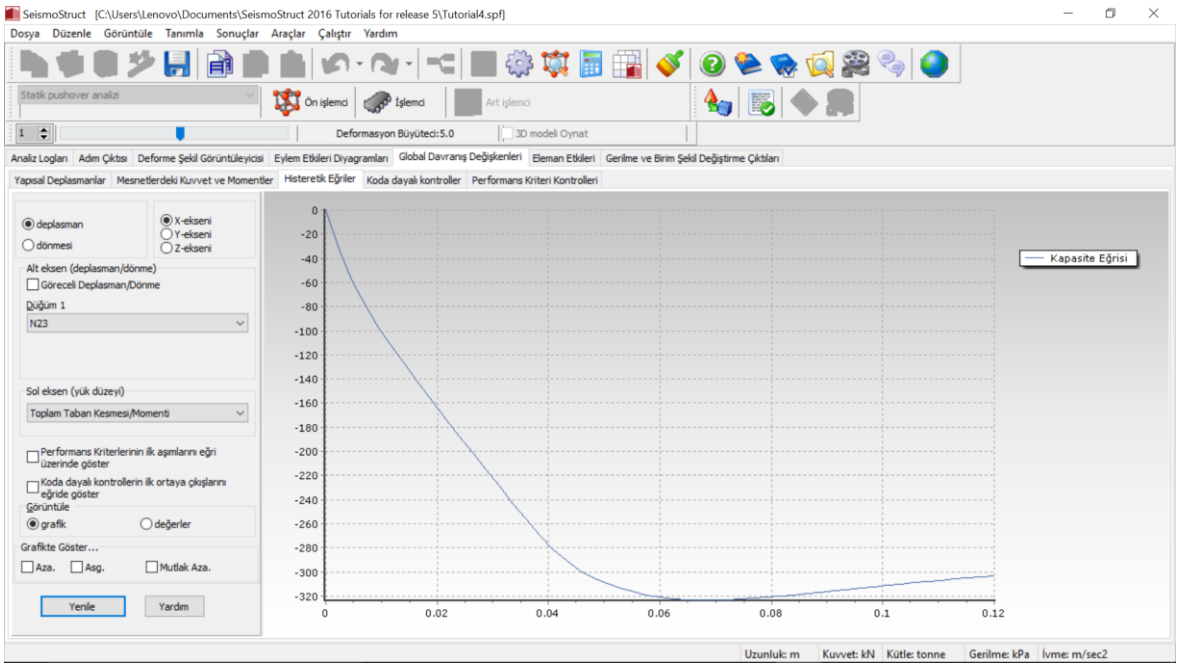
Global Tepki Parametreleri Modülü (Yapısal Deplasmanlar – değerler modu)

İkinci olarak, toplam mesnet kuvvetlerini (toplam taban kesmesini) elde edebilmek için: (i) *Mesnetlerdeki Kuvvet ve Momentler* sekmesine tıklayıp, (ii) sırasıyla; *kuvvet*, *x ekseni* ve *toplam mesnet kuvvetleri/momentleri*'ni seçip, (iii) sonuç görüntüleme şeklini (*grafik* veya *değerler*) belirleyip, (iv) *Yenile* düğmesine tıklayınız.



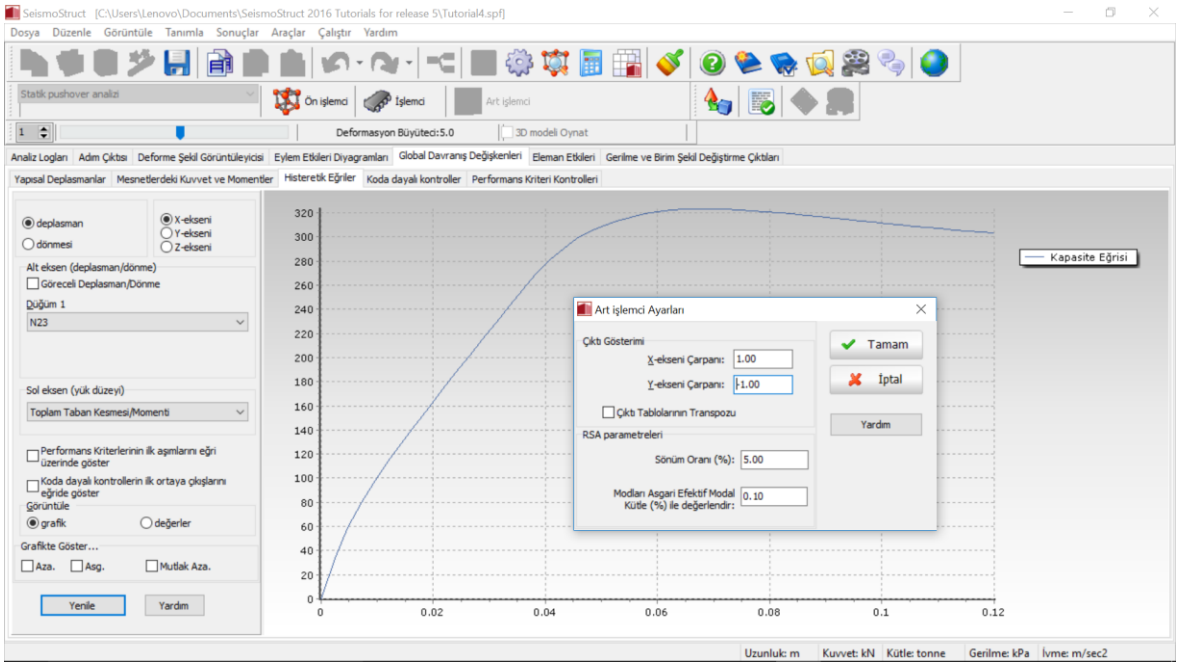
Global Tepki Parametreleri Modülü (Mesnetlerdeki Kuvvet ve Momentler – grafik modu)

Üçüncü olarak, yapınıza ait kapasite eğrisini çizdirebilmeniz için: (i) *Histeretik Eğriler* sekmesine tıklayıp, (ii) sırasıyla; *deplasman* ve *x-ekseni*'ni seçip, (iii) alt eksende görüntülemek için aşağı çekilen menüden karşılık gelen düğümü (ör. N23) seçip, (iv) sol eksende görüntülemek için *Toplam Taban Kesmesi/Momenti* seçeneğini seçip, (v) sonuç görüntüleme şeklini (*grafik* veya *değerler*) belirleyip, (vi) *Yenile* düğmesine tıklayınız.



Global Tepki Parametreleri Modülü (Histeretik eğriler – grafik modu)

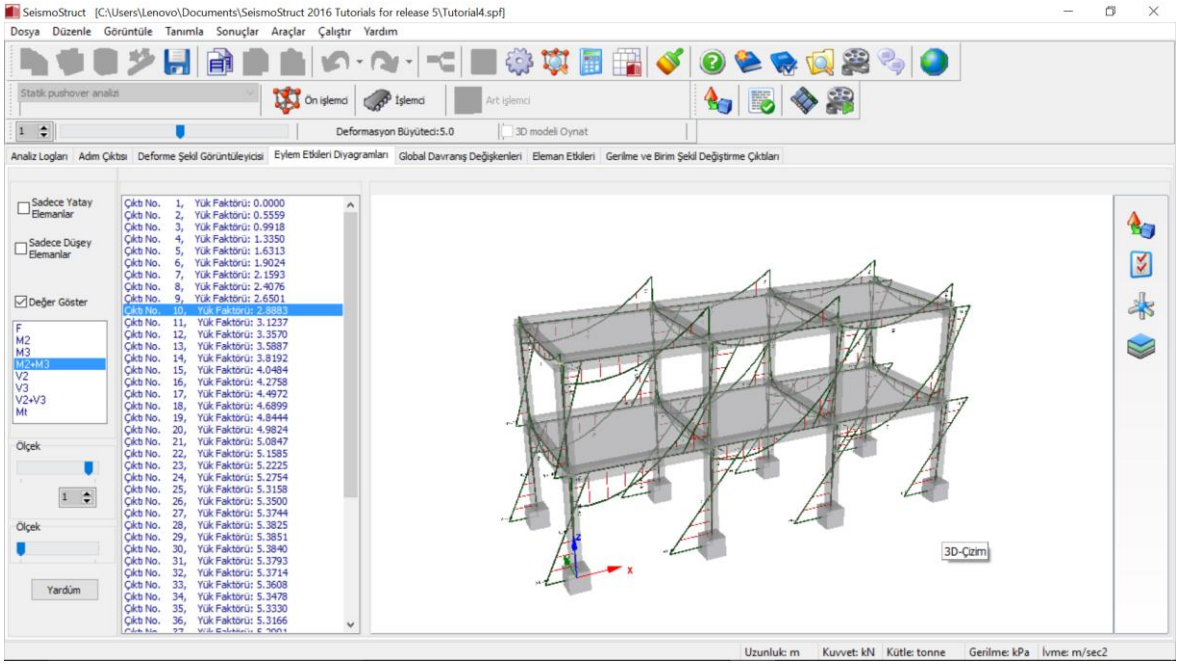
Kesme kuvvetlerini pozitif olarak görüntüleyebilmek için, (i) 3D çizim penceresine sağ tıklayıp, (ii) Art İşlemci Ayarları'nı seçip, (iii) Y-ekseni çarpanı yerine "-1" değerini giriniz.



Global Tepki Parametreleri Modülü (Histeretik Eğriler – grafik modu)

Art İşlemci – Eleman Etkileri Diyagramları

Eleman Eylem Etkileri Diyagramları modülünde, her analiz adımında gerçekleşen tesir (kuvvet ve moment) diyagramlarını görüntüleyebilirsiniz (bkz. aşağıdaki şekil).

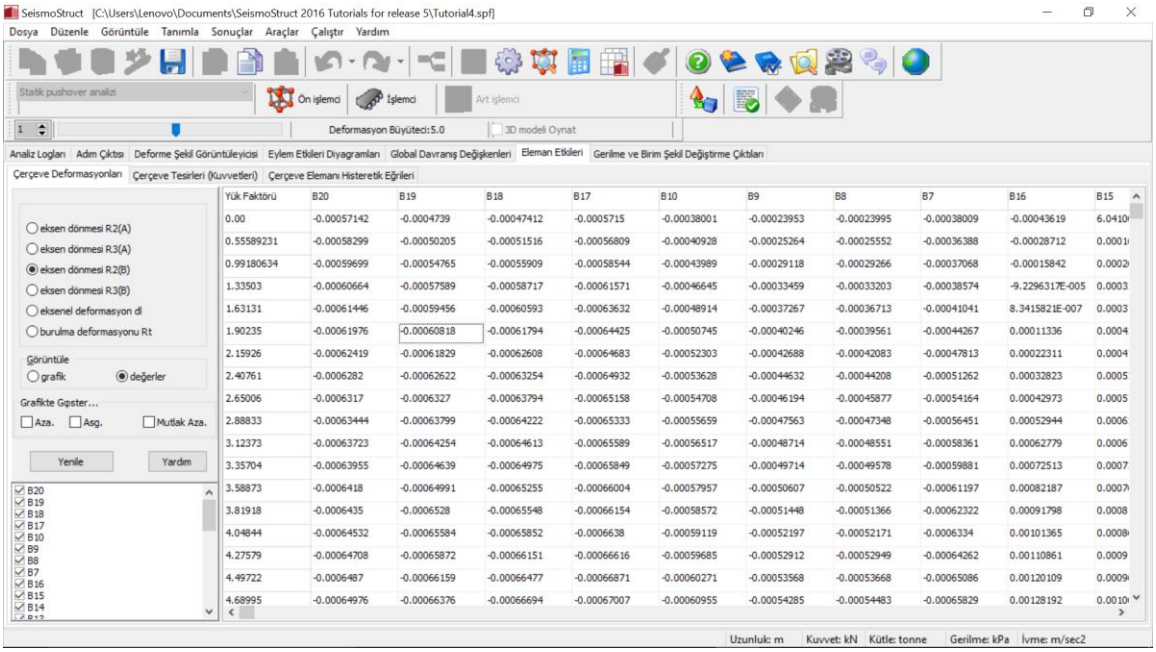


Eleman (Eylem) Etkileri Diyagramları

Art-İşlemci- Eleman Etkileri

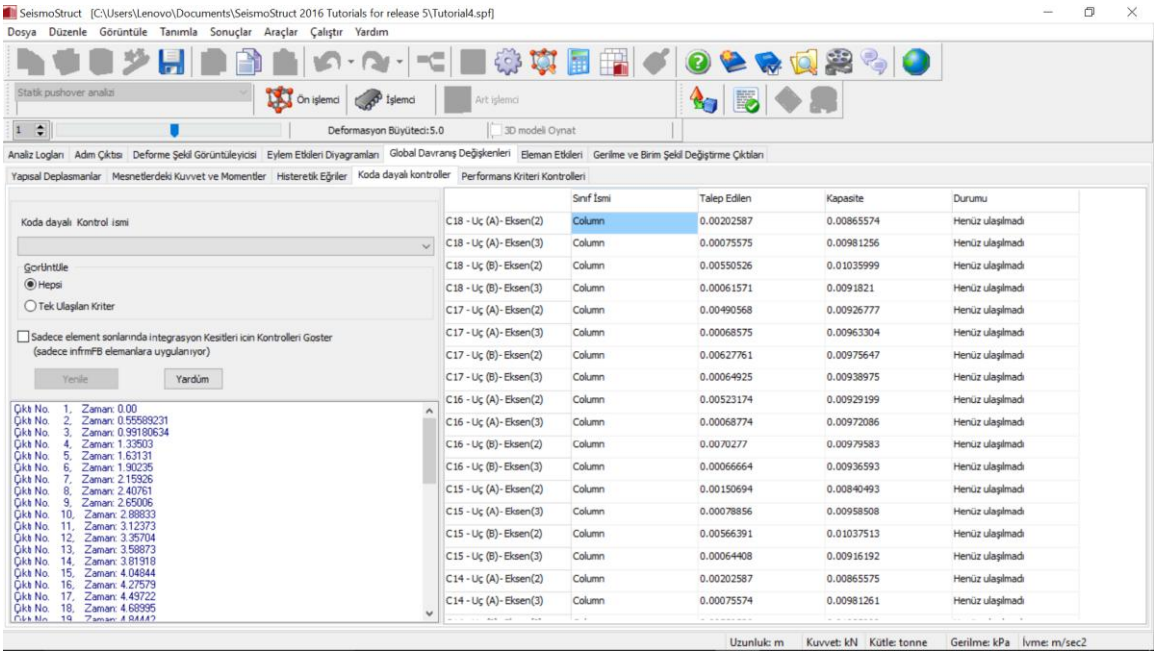
Değişik şartnamelerde bulunan (bkz. Eurocode 8, NTC-18, KANEPE, ASCE/SEI 7-05, vb.) sismik kontrolleri gerçekleştirebilmek için **eleman dönme değerleri** ve **eleman kesme kuvvetleri**'nin işaretlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle, *Çerçeve Deformasyonları* ve *Çerçeve Kuvvetleri* sekme

pencereleri son derece kullanışlı olabilir. İlkiyle başlayalım. Yapısal elemanların tanımlanması için elastik olmayan kuvvete dayalı çerçeve elemanları (infrmFB) kullandığınız için, eleman dönmelerinin çıktılarını direkt olarak (i) *Çerçeve Deformasyonları* sekmesini seçip, (ii) ilgilendiğiniz yöndeki *eleman dönmesini* (ör. R2) belirtip, (iii) listeden elemanlara karşılık gelen kutucukları işaretleyip, (iv) sonuç görüntüleme moduna (*grafik* veya *değerler*) karar verip, (v) *Yenile* düğmesine tıklayınız.



Eleman Etkileri Modülü (Çerçeve Deformasyonları – değerler modu)

Kullanıcıların yapısal elemanların kapasite tahminleri için el hesabı yapmasını önlemek amacıyla, SeismoStruct seçilen limit durumlar için desteklenen kodlarda(Eurocode 8, ASCE 41-23, NTC-18, KANEPE ve TBDY) tanımlı ifadelere göre eleman dönmesi ve kesme kapasitesi kontrollerini otomatik olarak üstlenen bir seçenek sunar. Bu işlem, Art İşlemcinin Global Davranış Değişkenlerinin sayfasındaki Koda dayalı Kontroller sekmesinden gerçekleştirilebilir.



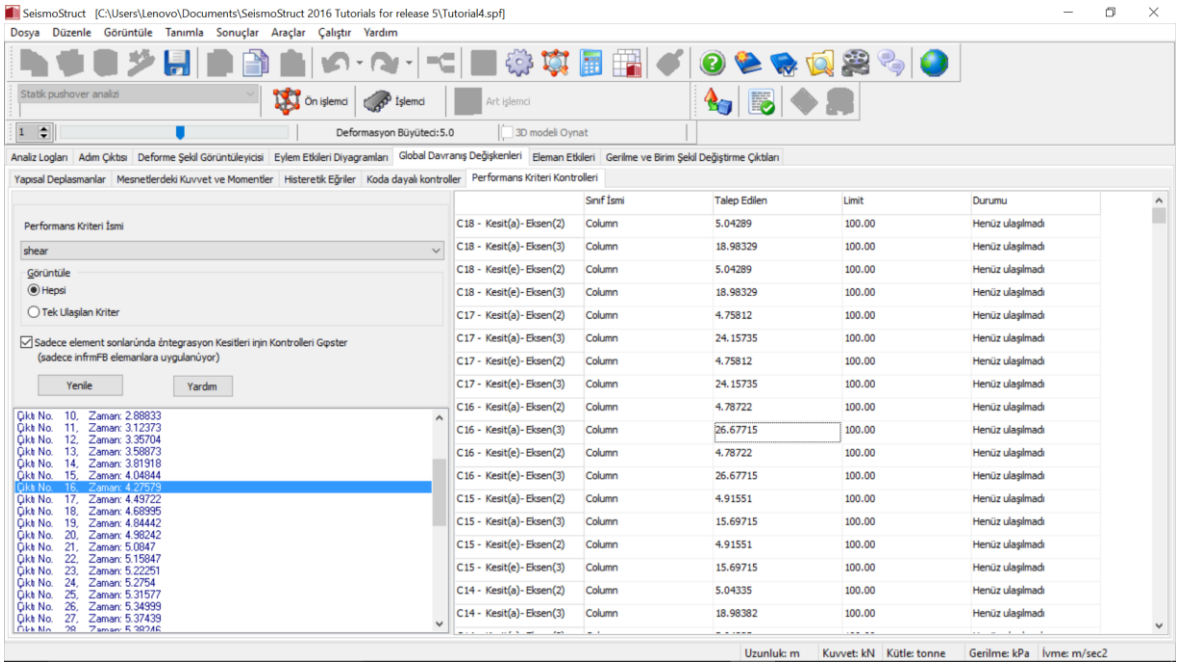
Koda dayalı kontroller

Kullanıcı belirli bir koda dayalı kontrolü veya aynı tip bütün tanımlı kontrolleri seçebilir. Buna istinaden, eleman dönmesi ve kesme kapasitesi olmak üzere iki tip koda dayalı kontrol mevcuttur.

Kullanıcı analiz adımlarından birine tıkladığında, tüm yapısal elemanlar için tüm kontrollerin bir listesi görünür. Gösterilen veriler, talebi, kapasiteyi ve belirli bir yerde belirli bir kontrole ulaşılıp ulaşılmadığını içerirken, her bir entegrasyon bölümü ve her iki yerel eksen, (2) ve (3) için sonuçlar sağlanır.

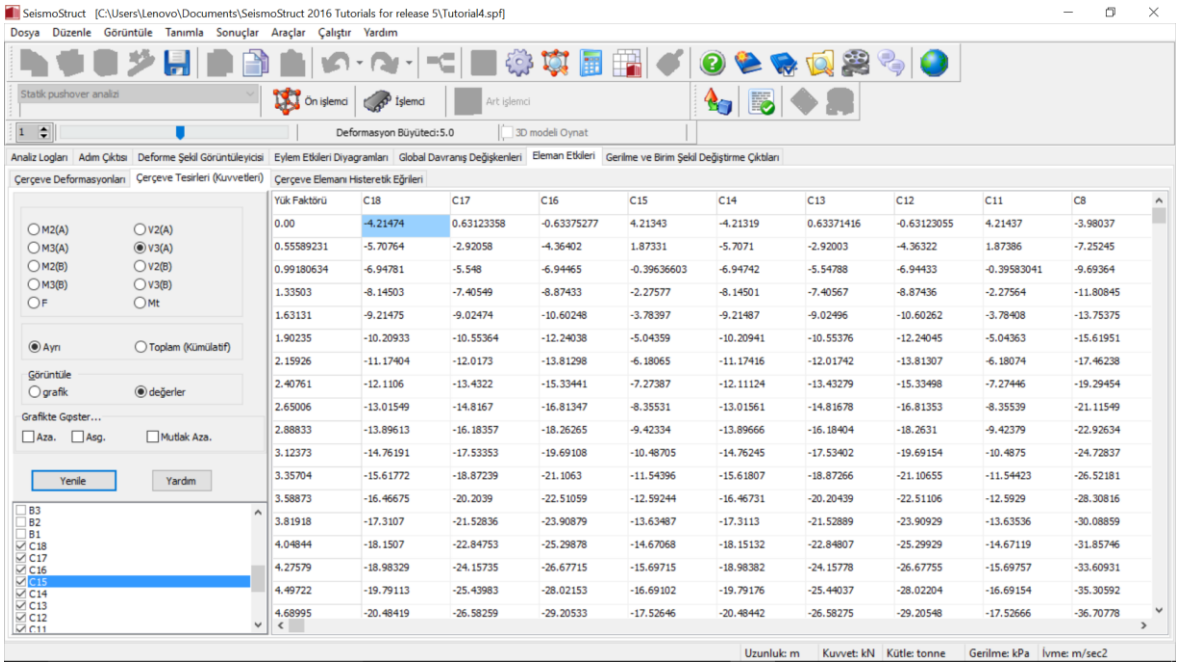
Koda dayalı kontrollere ek olarak, ulaşması beklenen farklı performans limit durumları (malzeme birim şekil değiştirmesi, kesit eğriliği, eleman dönmesi ve kesme değerleri) için analiz boyunca an be an kontrol edilen performans kriterlerini ayarlayabilirler. Bu işlem, Art İşlemci'de bulunan *Global Davranış Değişkenleri* sayfasının *Performans Kriterleri Kontrolleri* sekmesinden gerçekleştirilebilir. Varsayılan olarak, eleman dönmesi ve kesme kapasitesi kriterleri seçili değildir

NOT: Koda dayalı Kontroller ile Performans Kriterleri arasındaki temel bir fark bulunmaktadır. Performans kriterleri, tepki miktarlarının beklenen değerlerine karşı gelirken, koda dayalı kontrollerse, ilgili kod ve yönetmelikler tarafından tanımlanan güvenli değerlendirme metodlarını takip eder. Koda dayalı kontrollerde, farklı performans düzeylerine karşılık gelen eşik değerlerinin hesabında malzeme mukavemetlerini ilgili güvenlik ve güvenilirlik katsayılarını kullanarak konzervatif tarafta kalacak vir şekilde kullanır. Diğer taraftan, performans kriterleri hesaplarındaysa herhangi bir katsayı kullanılmaz, dolayısıyla ortalama malzeme mukavemetleri kullanılır.



Performans Kriterleri kontrolleri

Son olarak, eleman tesirlerine ulaşmak için (ör: kesme kuvvetleri), (i) *Çerçeve Tesirleri (Kuvvetleri)* sekmesine tıklayıp, (ii) kuvvet tipini seçip (ör: V3), (iii) listeden elemanları işaretleyip, (iv) görüntüleme biçimine karar verip (*grafik* veya *değerler*), (v) *Yenile* düğmesine tıkayınız.



Eleman Etkileri Modülü (Çerçeve Kuvvetleri – değerler modu)

> **NOT: Sonuçlar, Excel veya benzeri bir programa aktarılabilir.**

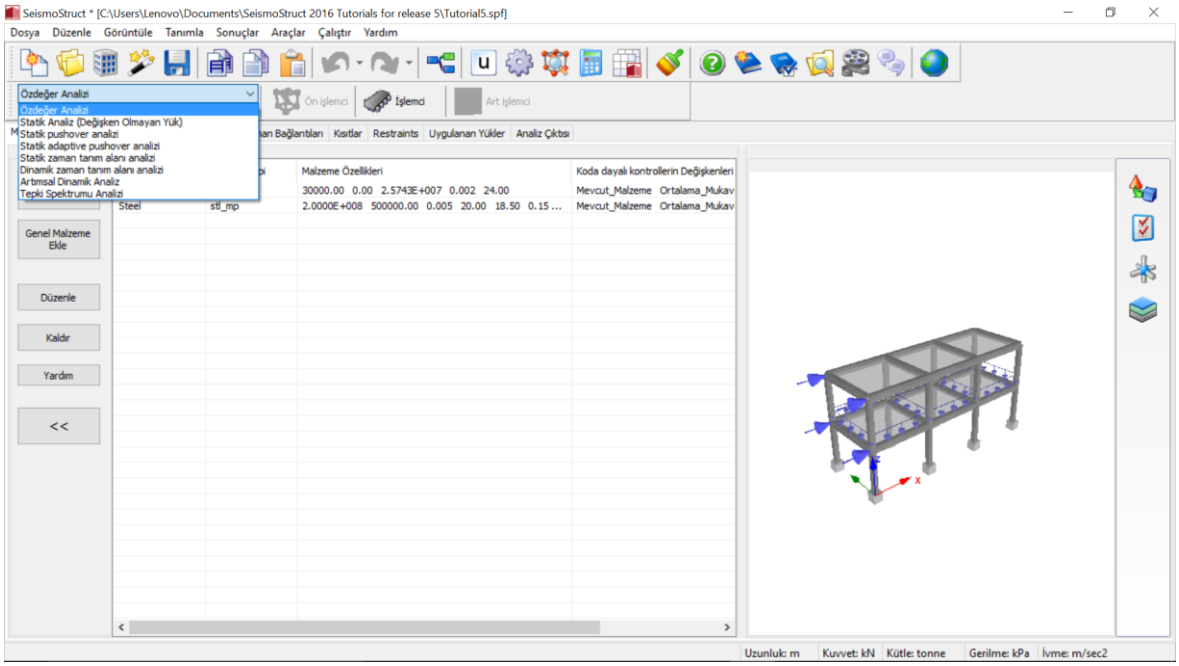
ÖĞRETİCİ ÖRNEK 5 – İKİ KATLI BİR BİNANIN ÖZDEĞER (EİGENVALUE) ANALİZİ

Problem Tanımı

Örnek 4'de tanımlanmış olan modeli kullanalım.

Başlarken: Var olan bir projeyi açmak

Bu örneğe başlarken: (i) SeismoStruct ilk penceresini açıp, (ii) *Dosya* > *Aç* menü komutunu takip ederek ya da araç çubuğundaki simgesine tıklayarak bir önceki SeismoStruct projesini (Tutorial4.spf) açıp, (iii) *Dosya* > *Farklı kaydet...* menü komutunu izleyerek projeyi yeni bir isimle kaydedip, (iv) **Ön İşlemci** alanında sol üstte bulunan aşağı çekilen menüden *Özdeğer Analizi*'ni seçiniz.



Analiz tipinin seçilmesi

NOT 1: İtme analizinde olan dört modül ortadan kalkacaktır (*Yükleme Aşamaları, Hedef Deplasman, Koda dayalı Kontroller* ve *Performans Kriterleri*).

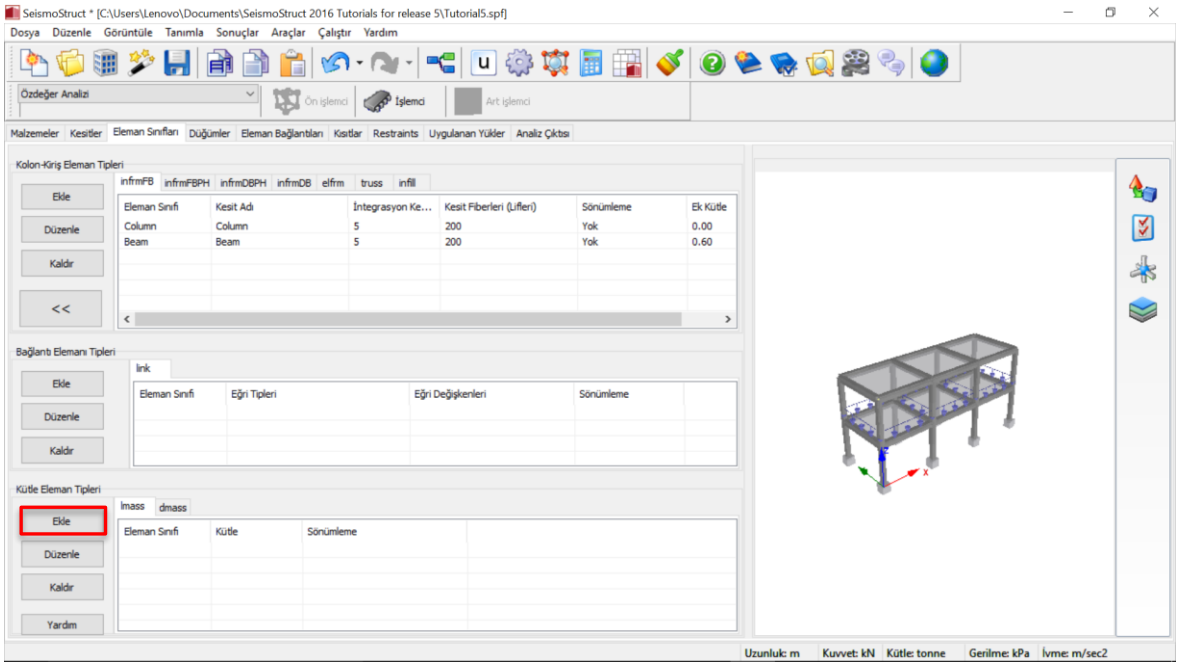
NOT 2: Öğretici Örnek 4'deki kalıcı yükler Özdeğer analizinde dikkate alınmayacaktır (istisnai durum: Proje Ayarları > Yerçekimi & Kütle içierisinde kütle tanımı olarak Kütlelerin hem *Çerçeve/Kütle elemanlarından* hem de *Yüklerden* seçili olduğu durumlarda dikkate alınır)

Analiz tipini seçtikten sonra, kütle eleman tiplerini tanımlamak için **Eleman Sınıfları** modülüne geçiniz.

ÖNEMLİ: Örnek 4'de her bir elemanın özağırlığı *Malzemeler* modülünde tanımlanmıştır; yazılım eleman kütlelerini bu değerleri kullanarak otomatik olarak hesaplar (bkz. *Proje Ayarları>Yerçekimi&Kütle*).

Ön İşlemci – Eleman Sınıfları

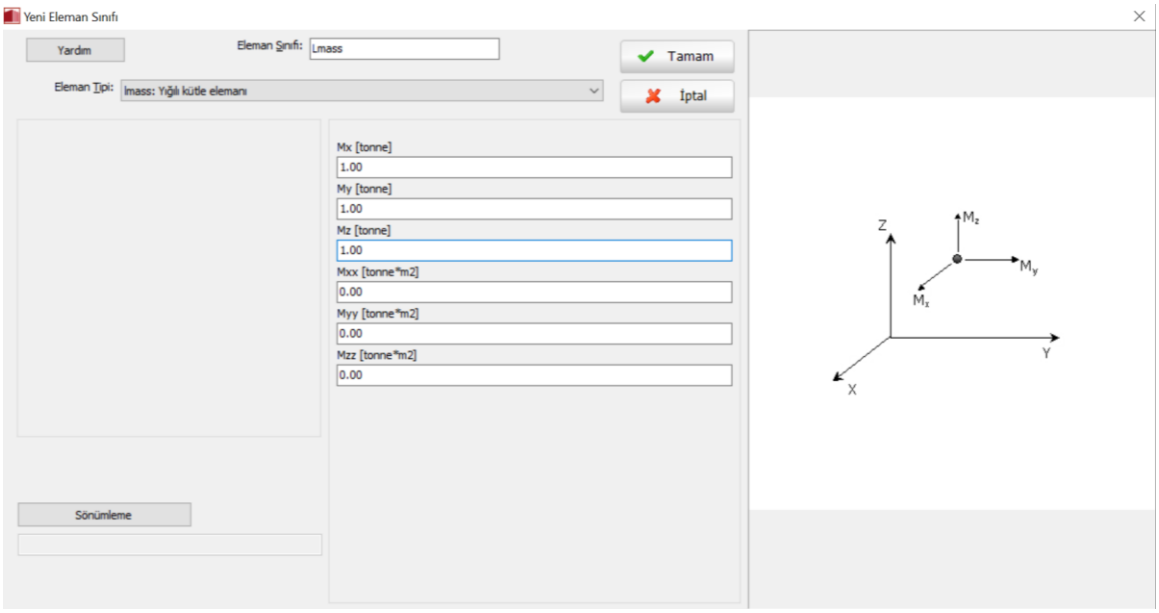
İlgili *Kütle Elemanı Tipi*'ne ait olan *Ekle* düğmesine tıklayınız.



Eleman Sınıfları modülü

Bu diyalog penceresinde, sıralanan adımları takip etmelisiniz:

1. Eleman isminin atanması (➔ Lmass);
2. Eleman tipinin aşağı çekilen menüden seçilmesi (➔ lmass elemanı);
3. İlgilenilen doğrultularda (ör. Sadece ötelenme için) etkiyen kütle değerinin girilmesi (ör. 1 ton) olduğunu varsayalım);
4. Özel sönümlenme tanımlanması (➔Hiçbir eleman için özel sönümlenme uygulanmadı)



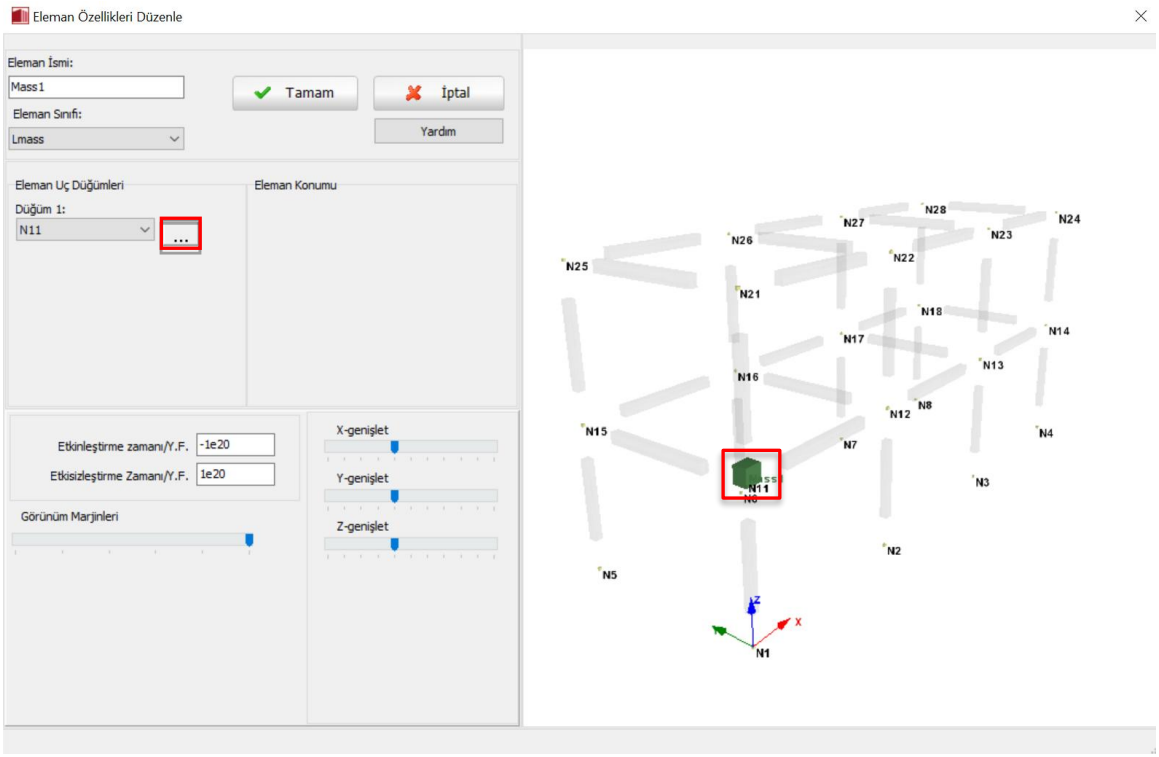
Eleman Sınıflarının tanımlanması (Yığılı)

Ön İşlemci – Eleman Bağlantıları

Şimdi tanımladığınız yığılı kütle elemanını yapının köşe düğümlerine atayabilmek için, **Eleman Bağlantıları** modülüne geçiniz.

Ekle düğmesine tıklayınız. Yeni pencerede, aşağıda sıralananları takip etmelisiniz:

1. Eleman isminin atanması (➔ Kütle1);
2. Elemansınıfının aşağı çekilen menüden seçilmesi;
3. Yapısal düğümün seçilmesi (bkz. bir sonraki şekil).

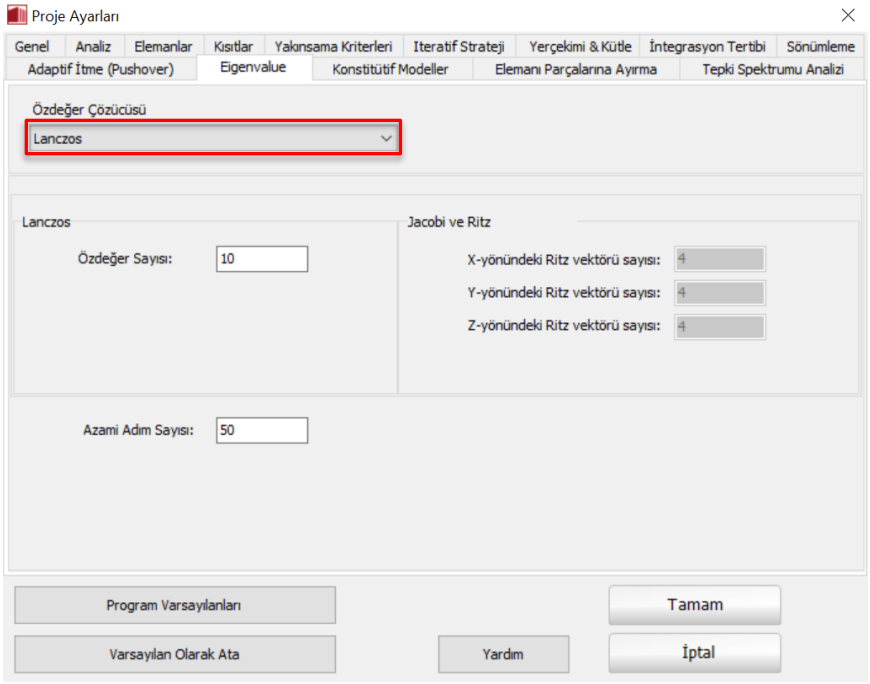


Yeni eleman penceresi

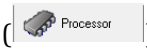
Kalan diğer yığılı kütle elemanlarının tanımlanması için tarif edilen işlemler serisini tekrarlayınız. Aşağıdaki tabloda, bütün yığılı kütle elemanları özetlenmiştir:

Eleman İsmi	Eleman Sınıfı	Düğümler
Kütle1	Yığılı	N11
Kütle2	Yığılı	N14
Kütle3	Yığılı	N15
Kütle4	Yığılı	N18
Kütle5	Yığılı	N21
Kütle6	Yığılı	N24
Kütle7	Yığılı	N25
Kütle8	Yığılı	N28

Analizi çalıştırmadan önce, titreşim modlarının bulunması için iki farklı eigensolver (özdeğer çözücüsü) metodundan biri seçilebilir. Bu metodlar: **Lanczos algoritması** ve **Ritz dönüştürmeli Jacobi algoritması**dır (*Araçlar > Proje Ayarları...*). Bu örnekte Lanczos algoritması seçilecektir.



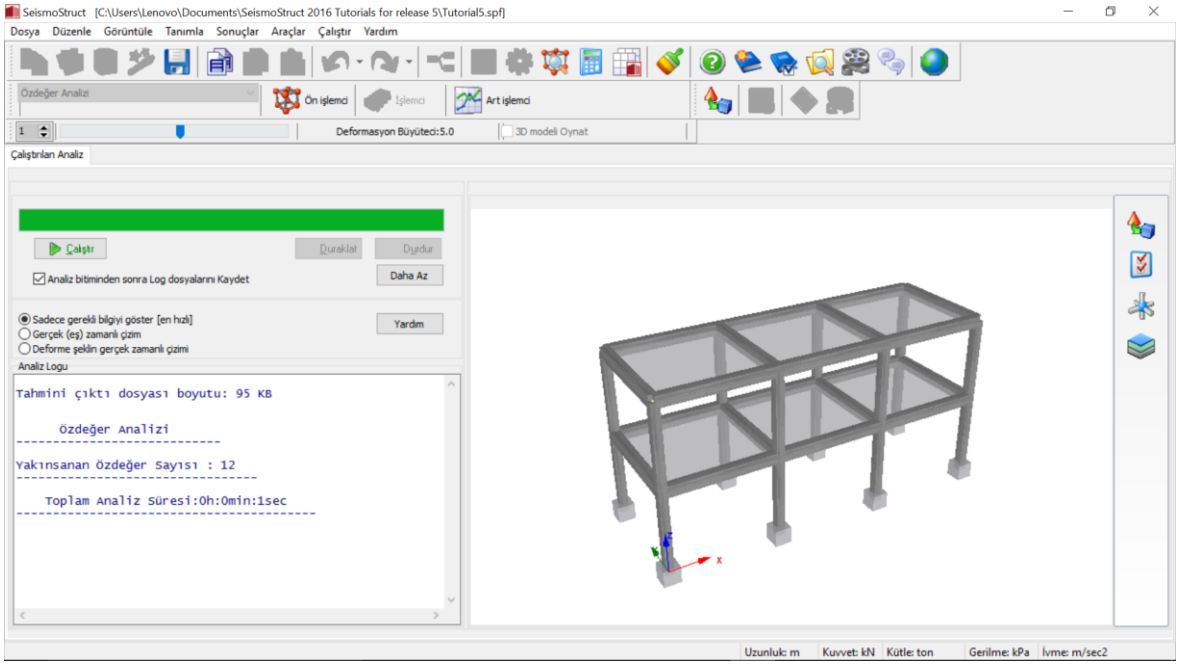
Özdeğer ayarları

Bu aşamada, araç çubuğu düğmesine (

) tıklayarak veya ana menü üzerinden Çalıştır > İşlemci komutunu izleyerek Özdeğer analizini çalıştırabilirsiniz.

İşlemci

Çalıştır düğmesine tıklayınız.



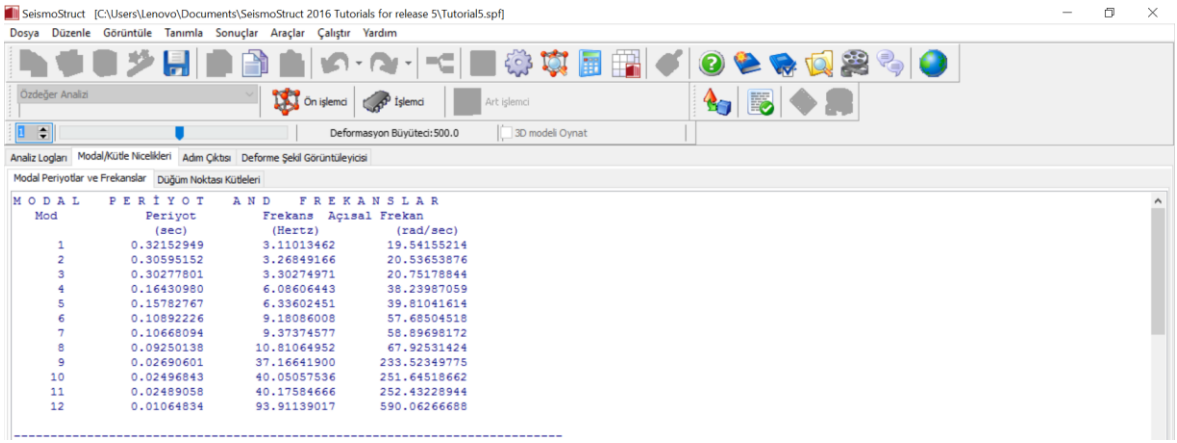
İşlemci alanı

Analizin çalışması son bulduğu zaman, 

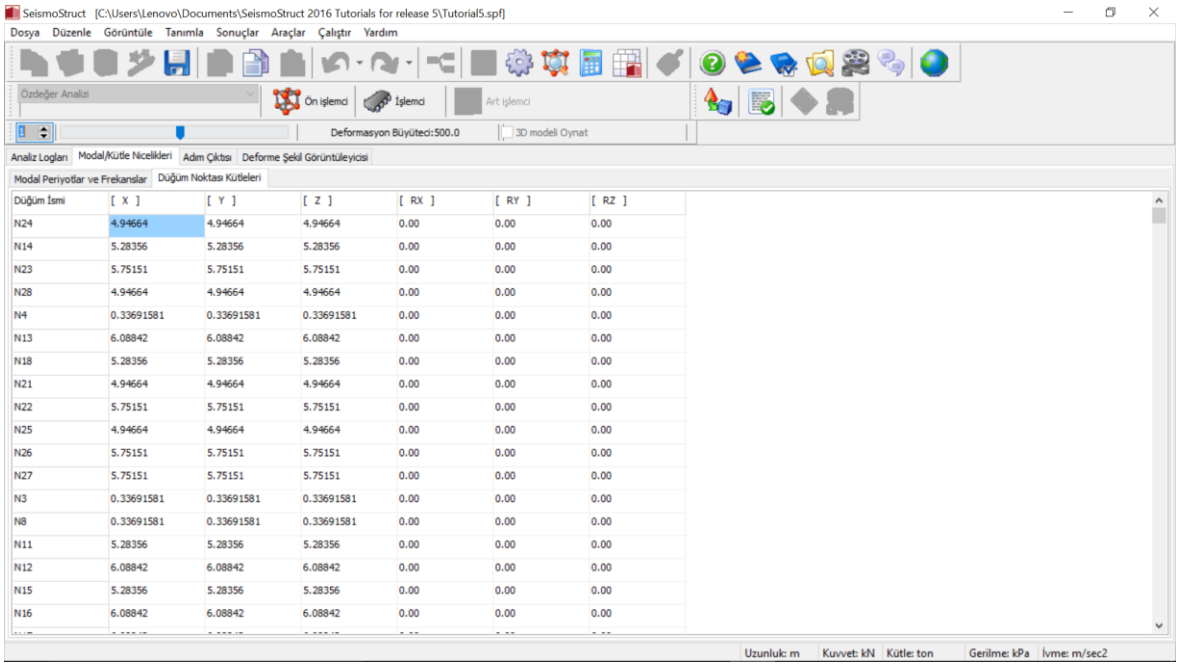
araç çubuğu düğmesine tıklayınız ya da ana menüden *Çalıştır > Art İşlemci* komutunu izleyiniz.

Art İşlemci – Modal/Kütle Nicelikleri

Modal/Kütle Nicelikleri modülünden değişik özdeğer analizi sonuç bilgilerini görüntüleme olanağına sahipsiniz, bu seçenekler: (i) modal periyot ve frekanslar, (ii) modal katılım faktörleri, (iii) efektif modal kütleler, (iv) yapınıza ait efektif modal kütle yüzdeleri ve (v) düğüm noktaları kütleleri'dir.



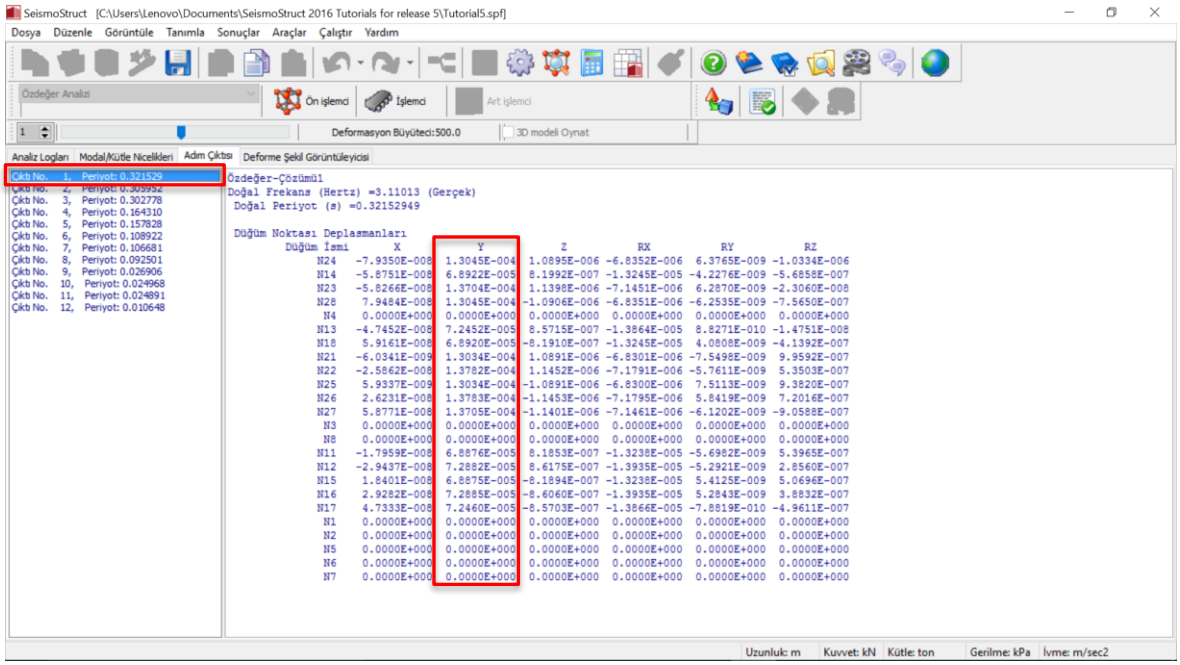
Modal/Kütle Nicelikleri Modülü – Modal Periyotlar ve Frekanslar



Modal/Kütle Nicelikleri Modülü – Düğüm Noktası Kütleleri

Art İşlemci – Adım Çıktısı

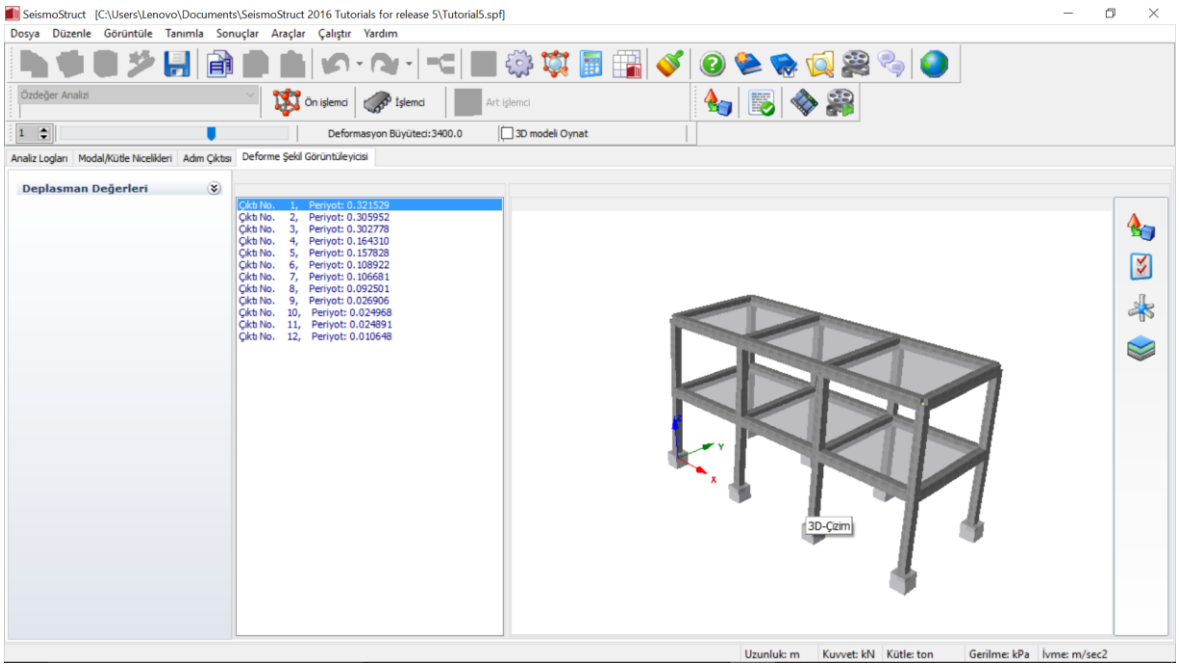
Adım Çıktısı modülünden, yazılım tarafından bulunan her bir özdeğer çözümüne ait bütün düğüm noktası deplasmanlarına ulaşılabilir.



Adım Çıktısı modülü

Art İşlemci – Deforme Şekil Görüntüleyicisi

Örnek 1'de olduğu gibi, **Deforme Şekil Görüntüleyicisi**'ni kullanarak modelinizdeki elemanların deforme şekillerini her analiz adımında görüntüleyebilirsiniz. İstenilen çıktı tanımlayıcısının (adının) üzerine çift tıklamanız halinde, deforme şekil güncellenecektir (aşağıdaki şekle bakınız).



Deforme Şekil Görüntüleyicisi Modülü

Ayrıca "Deplasman Değerleri Görünümü" kutucuğunun işaretlenmesi durumunda, deplasman değerleri de görüntülenebilir (yukarıdaki şekle bakınız)..

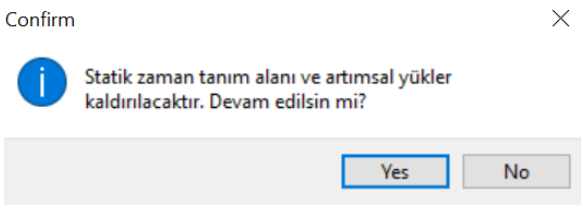
ÖĞRETİCİ ÖRNEK 6 – İKİ KATLI BİR BİNANIN DİNAMİK ZAMAN TANIM ALANI ANALİZİ

Problem Tanımı

İşlemi hızlandırmak amacıyla bu örnekte de Örnek 4'de oluşturulan ve Örnek 5'de değiştirilen modeli kullanalım.

Başlarken: Var olan bir projeyi açmak

Bu örneğe başlarken: (i) SeismoStruct ilk penceresini açıp, (ii) *Dosya > Aç* menü komutunu takip ederek ya da araç çubuğundaki simgesine tıklayarak bir önceki SeismoStruct projesini (Tutorial2.spf) açıp, (iii) *Dosya > Farklı kaydet...* menü komutunu izleyerek projeyi yeni bir isimle kaydedip, (iv) **Ön İşlemci** alanında sol üstte bulunan aşağı çekilen menüden *Dinamik Zaman Tanım Analizi*'ni seçiniz. Program, Örnek 4'den kalma artımsal yükleri hafızasında tuttuğundan dolayı, ilerlemeden önce bir onay sorusu soracaktır (bkz. aşağıdaki şekil).

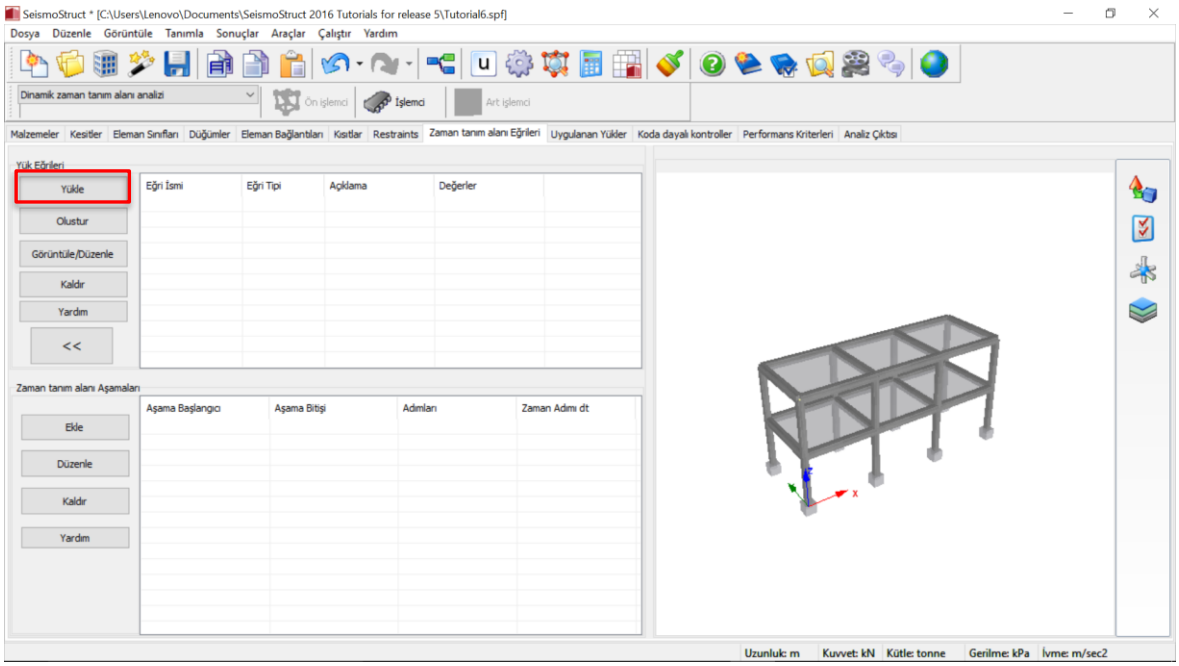


Uyarı Mesajı

Evet düğmesine tıklayınız ve **ZamanTanım Alanı Eğrileri** modülüne geçiniz.

Ön İşlemci – Zaman Tanım Eğrileri

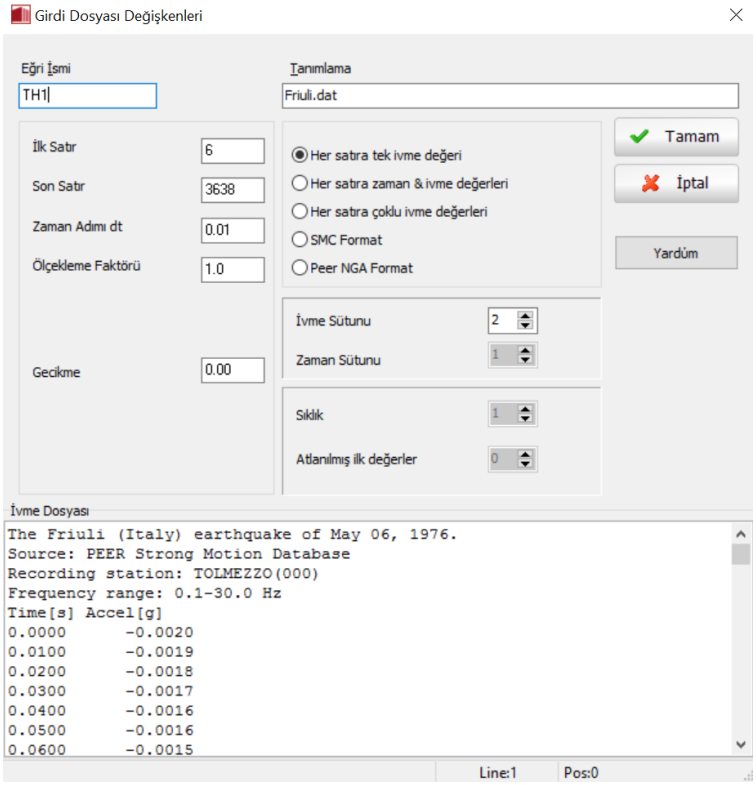
Yük Eğrileri kısmında bulunan *Yükle* düğmesine tıklayınız.



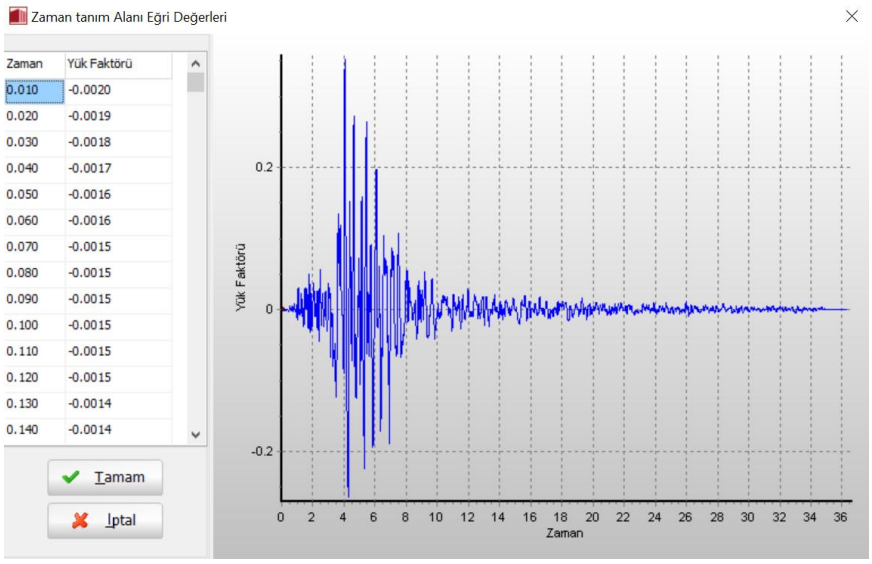
Zaman Tanım Eğrileri Modülü

Yeni pencerede, aşağıdaki işlemleri takip etmelisiniz:

1. *Dosya Seç* düğmesi yoluyla bir ivme zaman kaydının seçilmesi (kolaylık oluşturması için bu örnekte yükleme dosyası içerisinde bulunan bir ivme zaman kaydı seçeceğiz- *C:\ Program Files\ SeismoSoft\ SeismoStruct_2021\ \ Accelerograms \ Friuli.dat);*
2. Eğri adının atanması (➔ TH1);

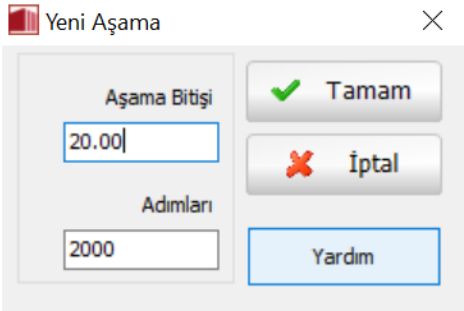


Yük Eğrisi-Girdi dosyası değişkenleri



Yük Eğrisi-Zaman tanım eğrisi değerleri

Veri yüklemesi tamamlandıktan sonra, bir aşama tanımlamalısınız. Zaman tanım alanı aşamaları kısmında bulunan Ekle düğmesine tıklayınız. Yeni pencerede, (i) Aşama Sonu zamanını (bu örnek için 20 s.), (ii) *Adım sayısı*'nı (-> 2000) tanımlayınız.

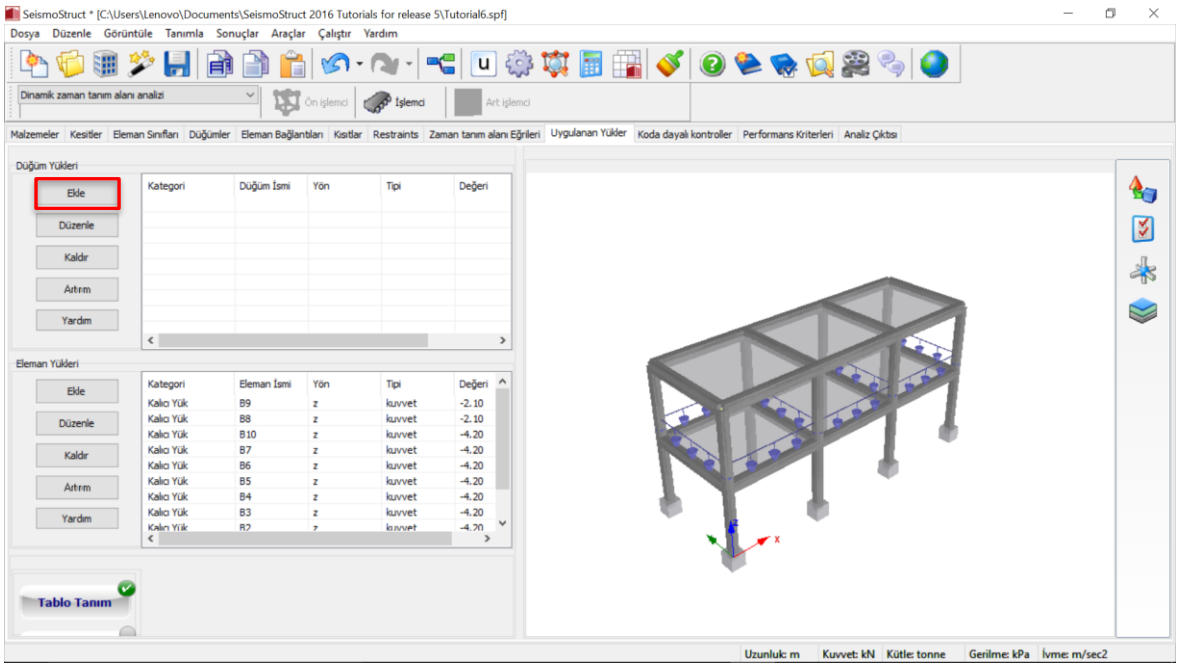


Zaman Tanım Aşaması

NOT: Program zaman adımı olan *dt*'yi kendi hesaplar. Bu örnekte 20/2000=0,01'dir.

Ön İşlemci – Uygulanan Yükler

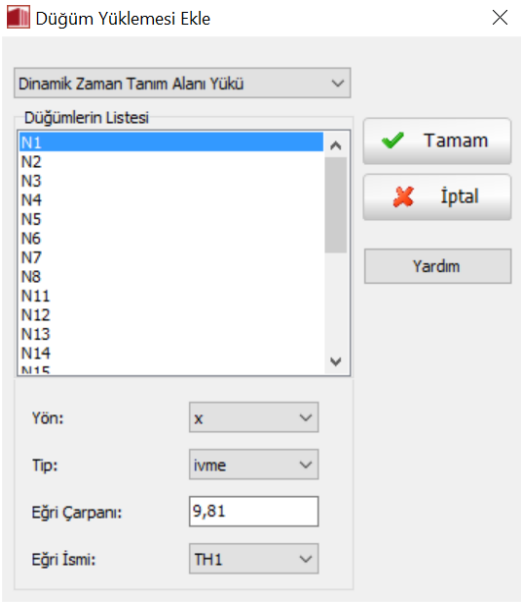
Bu noktada, yük eğrisinin modele etkitilmesi gerekir. **Uygulanan Yükler** modülüne geçip, *Ekle* düğmesine tıklayınız.



Uygulanan Yükler Modülü

Yeni pencerede, sıralanan adımları takip ediniz:

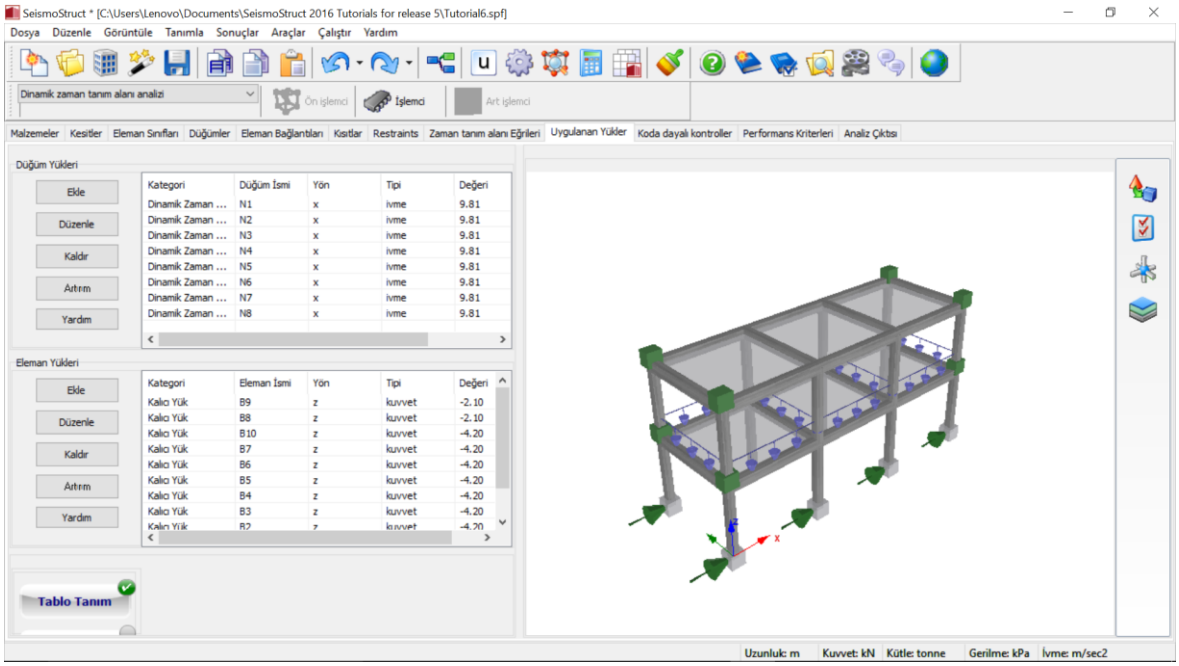
1. Yük kategorisini aşağı çekilen menüden seçiniz (➔ Dinamik Zaman Tanım Alanı Yükü);
2. İlgili düğüm noktasını tanımlayınız (➔ N1);
3. Yük doğrultusunu aşağı çekilen menüden seçiniz (➔ X);
4. Yük tipini aşağı çekilen menüden seçiniz (➔ ivme);
5. Eğri çarpanını belirleyiniz (➔ 9.81);
6. Eğri ismini aşağı çekilen menüden seçiniz (➔ TH1).



Yeni Uygulanan Yükler penceresi

Aynı işlemi diğer taban düğüm noktaları için tekrarlayınız. Aşağıdaki tabloda uygulanan yükler özetlenmektedir:

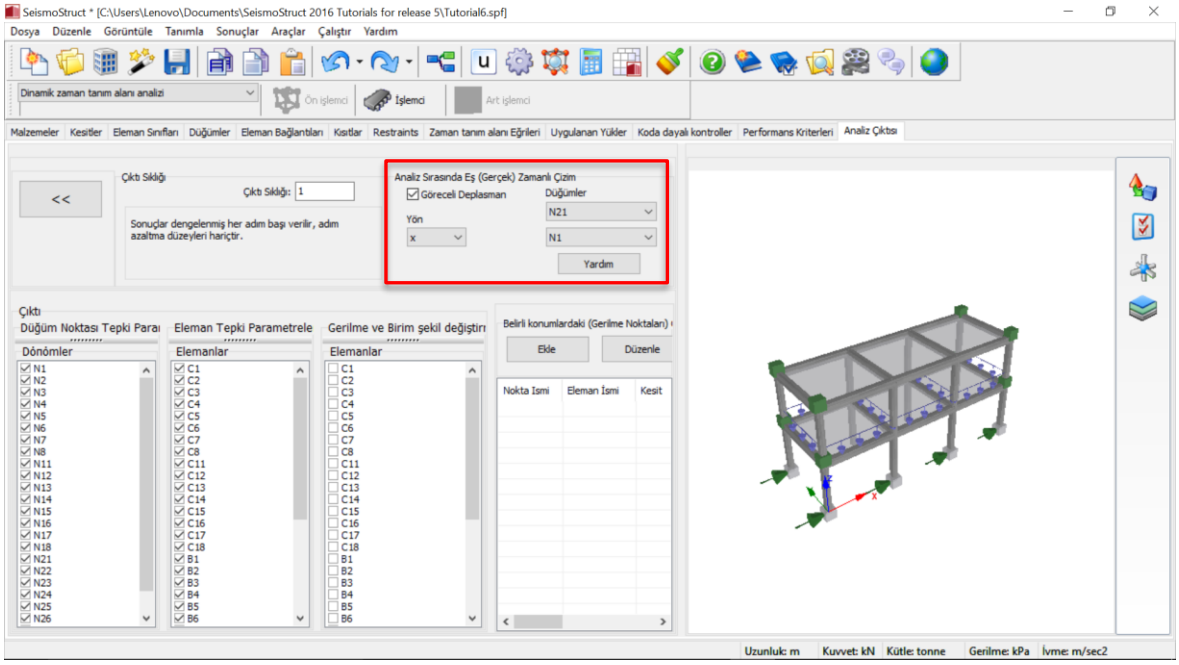
Kategori	Düğüm ismi	Doğrultu	Tipi	Eğri çarpanı	Eğri
Dinamik Zaman-Tanım Alanı Yükü	N1	X	ivme	9.81	TH1
Dinamik Zaman-Tanım Alanı Yükü	N2	X	ivme	9.81	TH1
Dinamik Zaman-Tanım Alanı Yükü	N3	X	ivme	9.81	TH1
Dinamik Zaman-Tanım Alanı Yükü	N4	X	ivme	9.81	TH1
Dinamik Zaman-Tanım Alanı Yükü	N5	X	ivme	9.81	TH1
Dinamik Zaman-Tanım Alanı Yükü	N6	X	ivme	9.81	TH1
Dinamik Zaman-Tanım Alanı Yükü	N7	X	ivme	9.81	TH1
Dinamik Zaman-Tanım Alanı Yükü	N8	X	ivme	9.81	TH1



Dinamik zaman tanım alanı yükleri

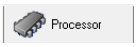
Ön İşlemci – Analiz Çıktıları

İşlemci kısmına geçmeden önce, **Analiz Çıktıları** modülünden aşağıda gösterildiği gibi çıktı tercihlerinizi belirtmelisiniz.



Analiz Çıktıları modülü

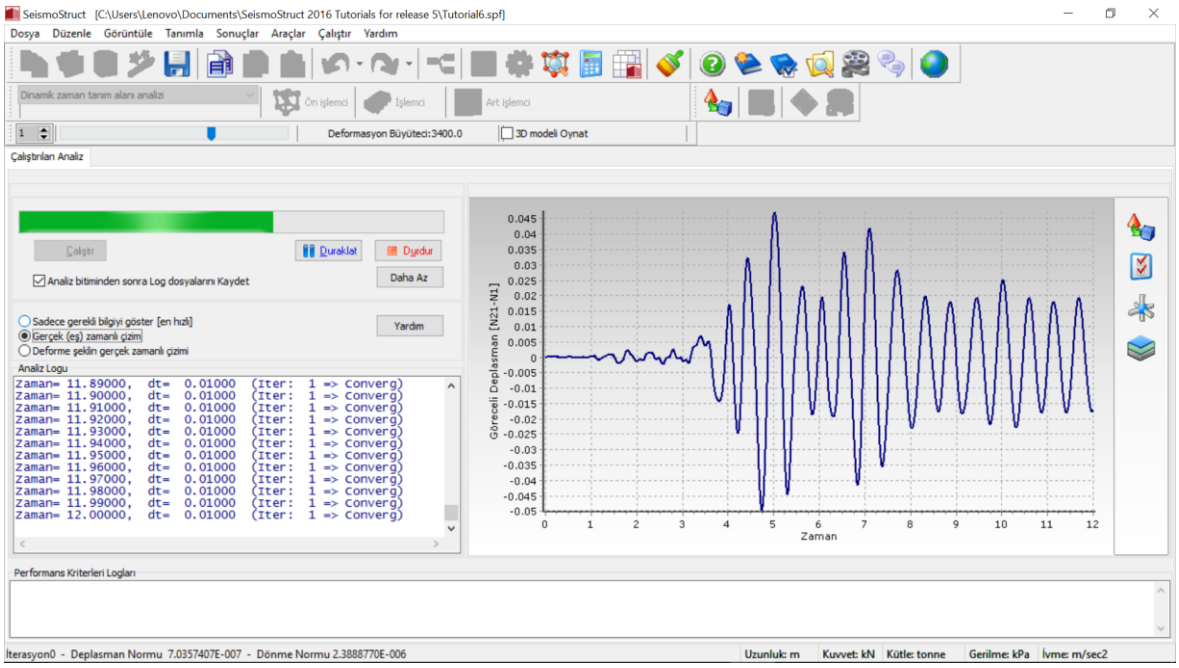
NOT: Bu örnekte, Örnek 1'den farklı olarak tepe düğümü N21'in taban düğümü N1'e göre göreceli deplasmanının gerçek zamanlı görüntülenmesini istemekteyiz.

Bu noktada, 

araç çubuğu düğmesine tıklayarak ya da *Çalıştır > İşlemci* ana menü komutunu izleyerek dinamik zaman tanım alanı analizini çalıştırmaya hazırsınız.

İşlemci

Çalıştır düğmesine tıklayınız.



Analizin çalıştırılması

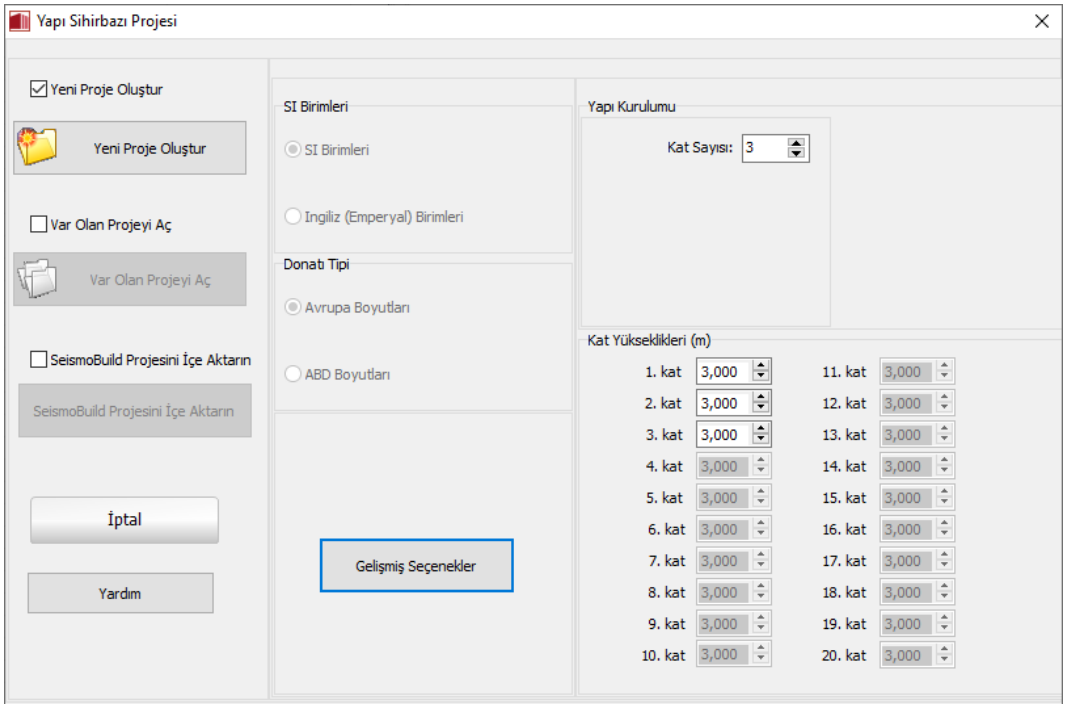
Analiz son bulduğunda, araç çubuğunda bulunan 

düğmesine basarak analiz sonuçlarına ulaşınız. Örnek 1'de gösterildiği üzere, **Art İşlemci**'de yapının her analiz adımındaki deforme şeklini **Deforme Şekil Görüntüleyicisi** aracılığıyla görüntüleyebilir, yapının zaman tanım alanı davranışını ekstrapole edebilir ve bunun gibi işlemler gerçekleştirebilirsiniz.

YAPI MODELLEYİCİSİ

Yapısal modellerin oluşturulmasına yardım etmek için hizmet etmek üzere özel olarak tasarlanmış bir modelleyici geliştirilmiş ve programa entegre edilmiştir. Mevcut sürümde, ilgili modelleyici yalnızca betonarme bina modelleri oluşturabilmektedir, fakat ilerleyen sürümlerde çelik ve kompozit elemanlardan oluşan yapılar da modellenebilecektir.

Yapı Modelleyicisi'ne ana menü üzerinden (*Dosya > Yapı Modelleyicisi...*) veya ilgili araç çubuğu düğmesi () yoluyla ulaşılabilir.



Yapı Modelleyicisi Servisi penceresi

Temel Ayarlar ve Yapısal Düzen

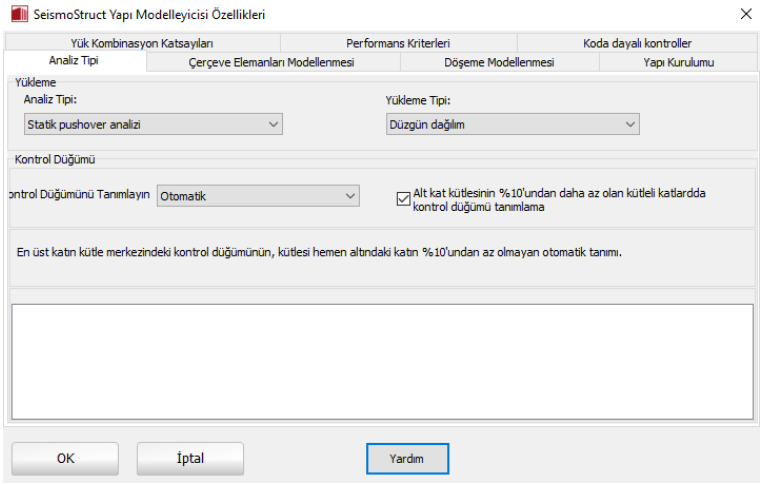
Yapı Modelleyicisi'nde bir yapısal model oluşturabilmek için kullanılacak birim sisitemi SI veya Emperyal olarakseçilir, donatı tipolojisinde Avrupa ya da ABD boyutlarıtanımlanır. Kat sayısı (1-100 kat) ve alakalı kat yükseklikleri tanımlanır (katların her biri farklı yüksekliklere sahip olabilir)veyabelirli bir aralıkta olan katlara ortak bir yükseklik uygulama seçilir.

Gelişmiş Ayarlar

İlgili düğmeden ulaşılabilen İleri Ayarlar iletişim kutusunda aşağıda tanımlanan bilgiler tanımlanır:

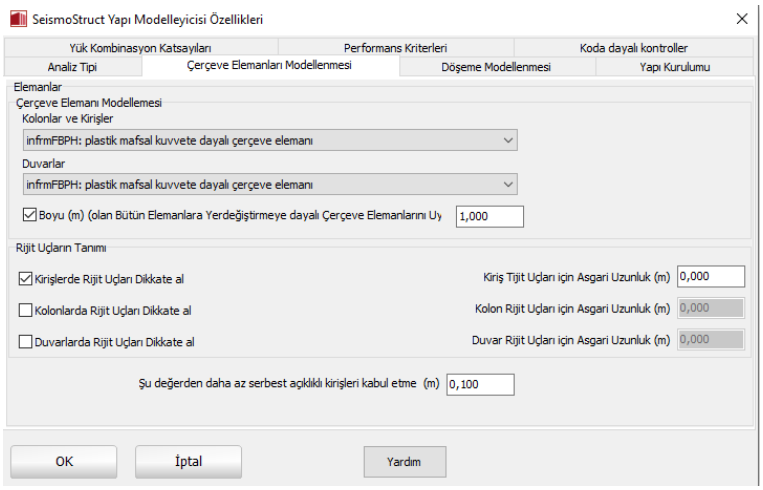
- **Analiz Tipi**: Modelin yaratılacağı analiz tipini belirtir. Analiz tipleri içerisinde tanımlanan dokuz analizi içerir.

  Kontrol düğümünün tanımı bu modül içerisinde yapılır. Kullanıcılar, doğrudan kontrol düğümünün katını seçebilir veya alternatif olarak, kontrol düğümünün, üst katın kütle merkezinde veya bu katın altındaki katta tanımlandığı (üst kat kütlesinin alt katın %10'undan az olması durumunda) otomatik tanımı seçebilir.



Gelişmiş Ayarlar modülü – Analiz Tipi

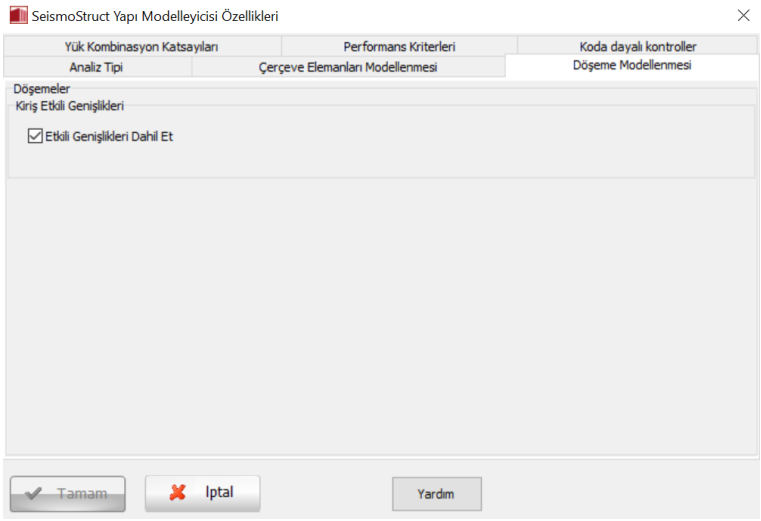
- **Çerçeve Elemanlarının Modellenmesi**: Yapısal elemanların modellenmesi için kullanılacak sınıf tipi burada tanımlanır. Kolon, kiriş ve duvarlar için farklı çerçeve eleman tipleri kullanılabilir. Dahası, kısa elemanlara elastik olmayan yer değiştirmeye dayalı çerçeve eleman tipi (infrmDB)atanabilir ve bu seçim, hem hesap doğruluğunu hem de stabilitesini iyileştirir. Kullanıcılar kısa elemanların azami uzunluğuna karar verebilir.Kolonlar için kuvvete dayalı elastik olmayan plastik mafsal elemanı infrmFBPH'dir, duvarlar için kuvvete dayalı plastik çerçeve elemanı infrmFB'dir. Eleman uçlarına rijit bölgeler tanımlanıp tanımlanmayacağı da burada belirtilir. Tanımlanan rijit uç uzunlukları ancak elemanın rijit uç uzunluğu tanımlanan değerden büyük olduğu durumlarda dikkate alınır. Son olarak, belirli bir uzunluktan kısa olan kirişleri kabul etmeme seçeneğiyse görsel nedenlerden dolayı hatayla çok kısa kirişler oluşturulmaması içindir (ör: kirişin kenarının uçta bulunan kolon kenarını hafifçe aşması).



Gelişmiş Ayarlar modülü – Çerçeve elemanlarının modellenmesi

NOT: Rijit uçların kullanıcı tarafından belirtilmediği durumlarda bile, bu değerler yapısal elemanların gerekli konumlandırmalarının gerçekleştirilebilmesi için otomatik olarak dikkate alınabilir.

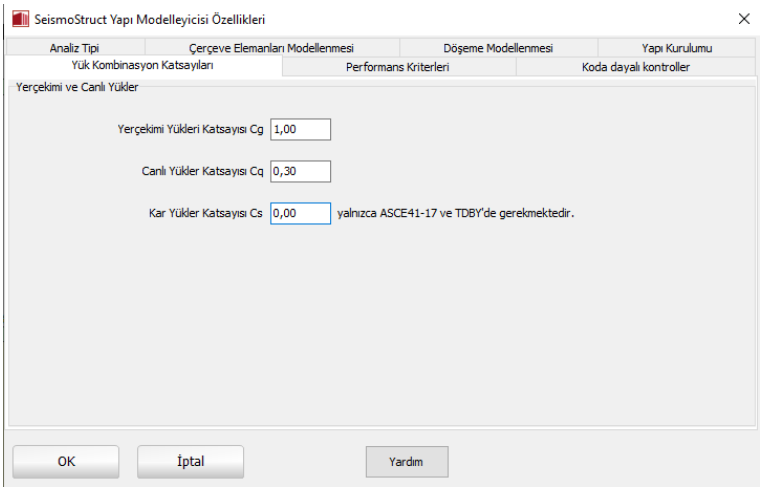
- **Döşeme Modellenmesi:**Kiriş modellemesinde döşeme etkili genişliğinin hesaba dahil edip edilmeyeceği seçeneği burada belirlenir.



Gelişmiş Ayarlar modülü – Döşemelerin modellenmesi

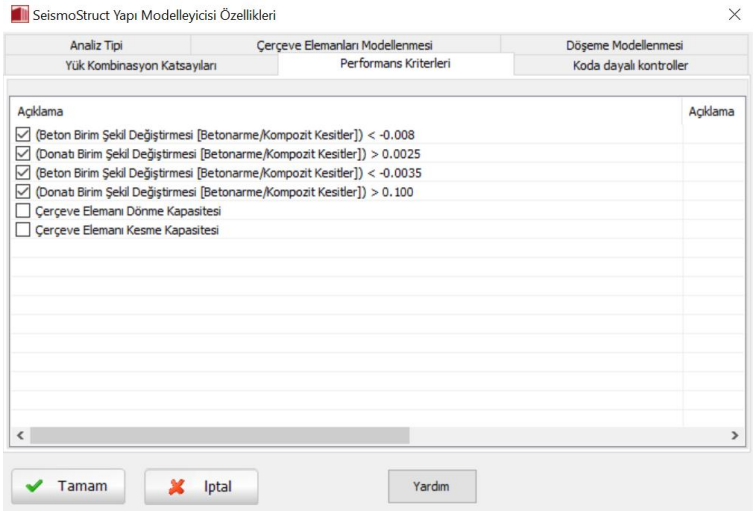
NOT: Döşeme modellenmesi rijit diyaframlar yoluyla yapılır.Dolayısıyla, birçok betonarme binada gerçekte olduğu gibi yapısal düzende rijit döşemenin varlığı dolaylı yoldan kabul edilmiş olur.Döşeme yükleri (zati ağırlık, ek yerçekimi yükleri ve hareketli yükler) doğrudan onu destekleyen kirişlere aktarılır.

- **Yük Kombinasyonu Katsayıları**: Sismik kombinasyonlarda kullanılan döşemelere ait kalıcı, hareketli ve kar (ASCE 41-23 ve TBDY durumunda) yüklerinin, yük kombinasyon katsayıları burada tanımlanır (ör: G+0.3·Q±E). Döşeme yükleri tüm döşemeler için ayrı olarak Döşeme Özellikleri penceresinden tanımlanır.



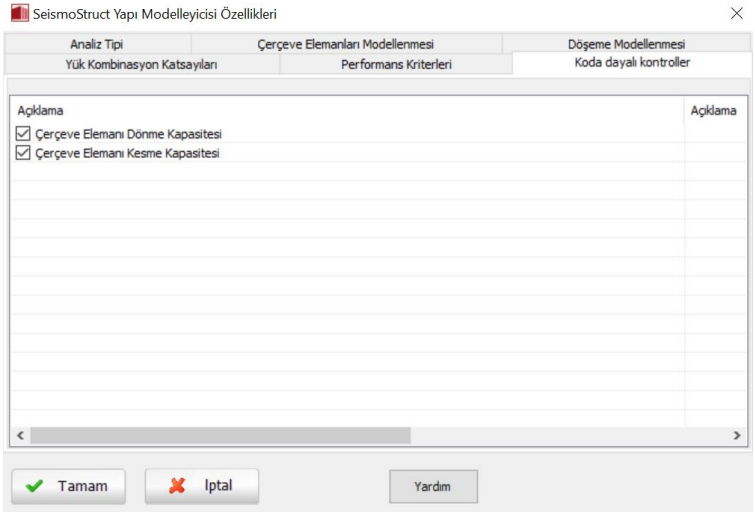
Gelişmiş Ayarlar modülü – Yük Kombinasyonları Katsayıları

- **Performans Kriterleri**: Kullanıcılar, analizlerinde kullanılacak performans kriterlerinin seçimini yaparlar. Varsayılan olarak, eleman dönme ve kesme kapasitesi kriterleri seçili değildir.



Gelişmiş Ayarlar modülü – Yük Kombinasyonları Katsayıları

- **Koda dayalı Kontroller:**Kullanıcılar, analizlerinde kullanılacak koda dayalı kontrollerinin seçimini yaparlar. Varsayılan ayar olarak, eleman dönmesi ve kesme kapasite kriterleri seçili durumdadır.



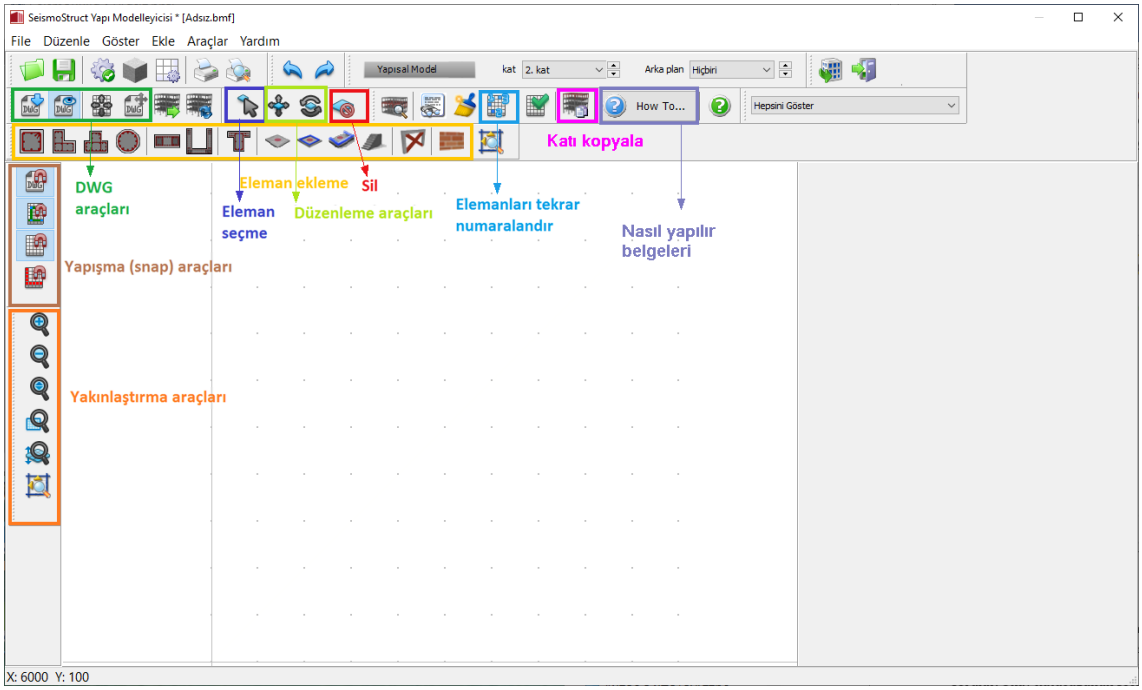
Gelişmiş Ayarlar modülü – Performans kriterleri

Yapı Modelleyicisi'ne ait ayarlar, ilgili araç çubuğu düğmesinden ( ) de değiştirilebilir.

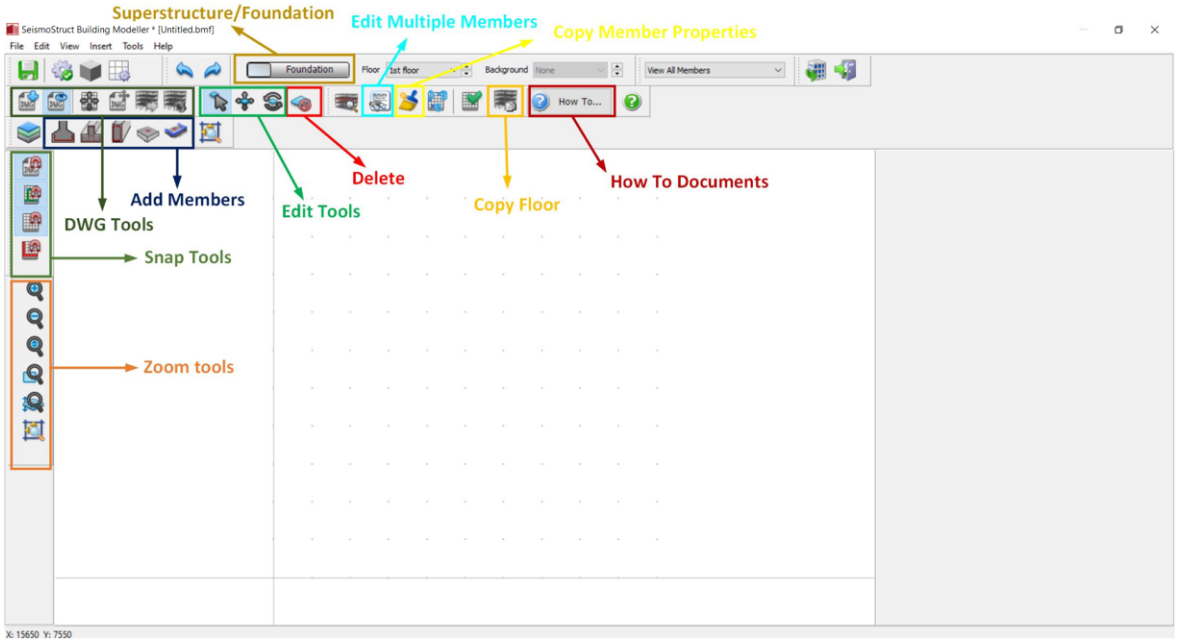
Yapı Modelleyicisi Ana Penceresi

Genel ayarlar seçildikten sonra, kullanıcılar *Yeni Bina Projesi Oluştur* düğmesine tıklayarak yapısal geometriyi tanımlayabilirler. Ardından, Yapı Modelleyicisi Ana Penceresi belirir. Yapı Modelleyicisi Üst Yapı ve Temel Mod olmak üzere iki farklı çalışma modu sunar. Kullanıcı, araç çubuğundaki ilgili düğme ile iki mod arasında geçiş yapabilir.

Ayrıca kullanıcılar Yapı Modelleyicisinde hangi tip elemanların görüntüleneceğini de seçebilir. Mevcut seçenekler şunlardır: (i) Beton Çerçeveyi Görüntüle, (ii) Dolguları & Çelik Destekleri Görüntüle ve (iii) Tüm Elemanları Görüntüle. İlk seçenek seçildiğinde modele önceden aktarılmış olan dolgular ve çelik destekler seçilemez ve düzenlenemezken, ikinci seçenek seçildiğinde ise atanan kiriş elemanları seçilemez veya düzenlenemez.



Yapı Modelleyicisi ana penceresi (Üst Yapı)

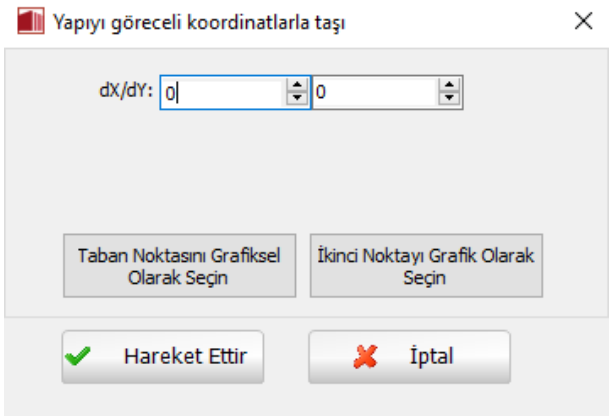


Yapı Modelleyicisi ana penceresi (Temel Mod)

CAD çizimlerinin içeri aktarılması ana menü komutuna (*Dosya>DWG'yi içe aktar...*) veya ilgili araç çubuğu düğmesine ( ) tıklanması yoluyla gerçekleştirilir. Çizim eklendikten sonra, kullanıcılara çizim birimlerinin tanımlanın tanımlanmayacağı ve DWG/DXF'yi 0,0 noktasına taşınıp taşınmayacağı sorulur. Onay kutucuğunun seçilmesi, başlangıçtaki CAD koordinatlarından bağımsız olarak çizimin sol alt kenarını koordinat sisteminin orijinini 0,0 noktası yapacaktır. Çizimlerin orijini, Eksen Merkezini Taşı araç çubuğu düğmesi ( ) yoluyla daha uygun olabilecek farklı bir noktaya da taşınabilir. Bu aynı zamanda menüden (Görüntüle >Eksen Merkezini Taşı) yoluyla da yapılabilir. İçe aktarılan CAD dosyasını taşıma seçeneği, DWG Taşı ( ) araç çubuğu düğmesi aracılığıyla kullanılabilir veya ana

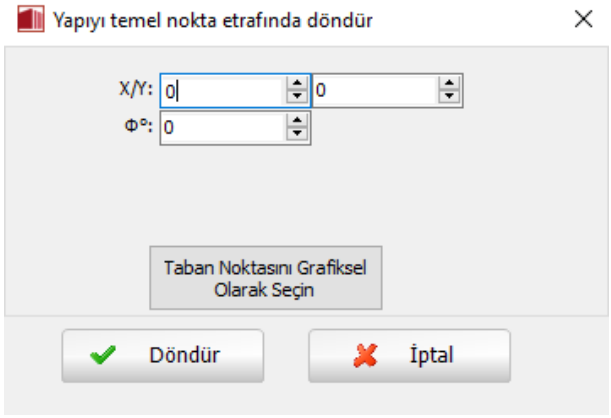
menüden (Görünüm > DWG Taşı) da yapılabilir. Ek olarak, CAD çiziminin görünür olup olmaması daana menüden (Görüntüle > DWG'yi Göster/Sakla) yoluyla veya ilgili araç çubuğu düğmesine ( ) tıklanması yoluyla, CAD çizimi, görünür veya görünmez yapılabilir.

Kullanıcılar, yapıyı plan görünümünde ana menüden (*Araçlar>Yapıyı Taşı*), ilgili araç çubuğu düğmesinden ilgili koordinatları atayarak ya da referans noktası ve ikinci noktayı grafiksel olarak seçerek taşıyabilir.



Yapıyı Taşıma penceresi

Binayı plan görünümünde döndürme seçeneği ana menüden (*Araçlar>Yapıyı Döndür*) veya araç çubuğu düğmesinden de kullanılabilir.Kullanıcılar taban noktasını koordinatlarına göre veya grafik olarak belirtmeli ve döndürme açısını atamalıdır.



Yapıyı Döndürme penceresi

Yapı Modelleyicisi'nde elemanların eklenmesi

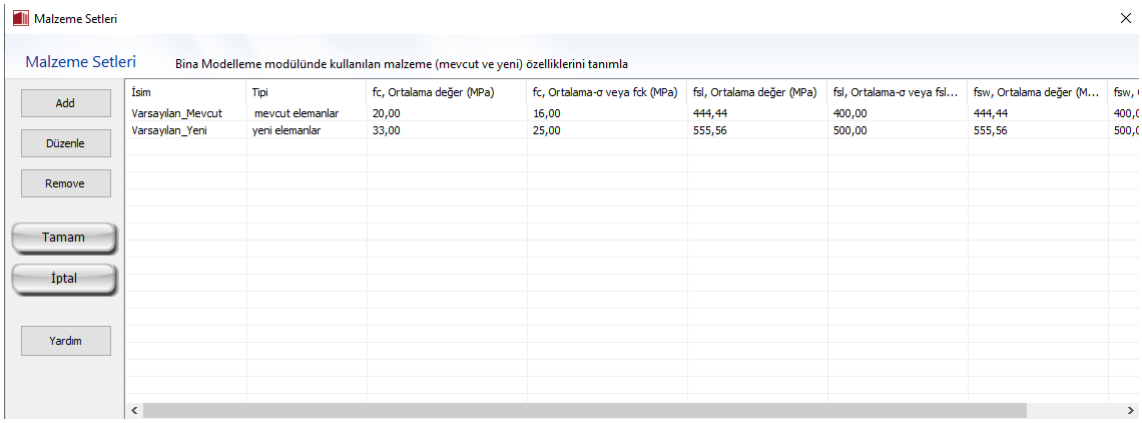
Malzeme Setleri, Gelişmiş Eleman Özellikleri ve Modelleme Parametreleri tüm kesitler için ortak olup, FRP Sargılama seçeneği yalnızca kolonlar için mevcuttur.

Yapı Modelleyicisindeki ilgili modellemenin bütün gereken bilgilerine hızlı bir erişim için **Nasıl Yapılır** belgeleri liste halinde tanımlanmıştır.

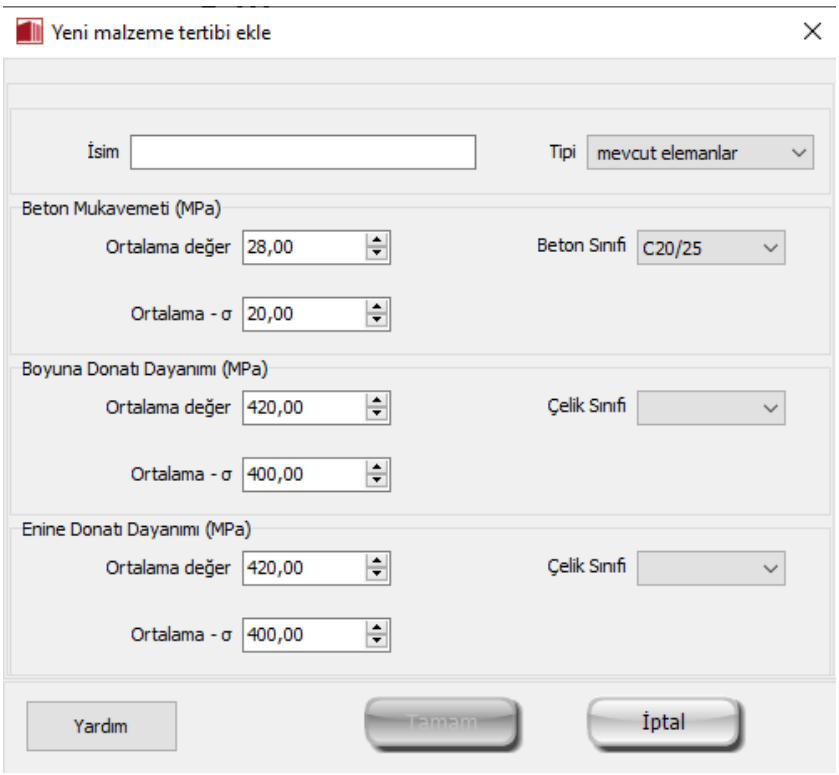
Malzeme Setleri

Malzeme Setleri özellikleri Menü'den (*Araçlar> Malzeme Özelliklerini Tanımla*), ilgili araç çubuğu ( )düğmesi yoluyla, veya eleman özellikleri penceresi içerisinde olan Malzeme Setlerini Tanımla butonu yoluyla tanımlanabilir. Gereken malzemelerin özellikleri elemanın tipine(ör. mevcut veya yeni elemanlar) bağlıdır. Mevcut malzemeler için, ortalama mukavemet değeri ve ortalama mukavemet

değeri eksi bir standart sapma gerekli iken, yeni malzemeler için, karakteristik mukavemet değeri atanmalıdır. Varsayılan ayar olarak, biri mevcut elemanlar için ve diğeri yeni elemanlar için olmak üzere iki malzeme tertibi vardır. Kullanıcılar varsayılan setlerin değerlerini değiştirebilirler, ayrıca modellerinin ihtiyaçlarını karşılamak için yeni malzeme setleri de ekleyebilirler(ör. yapısal sisteme farklı malzeme mukavemetlerinin uygulanması).



Malzeme Setleri penceresi



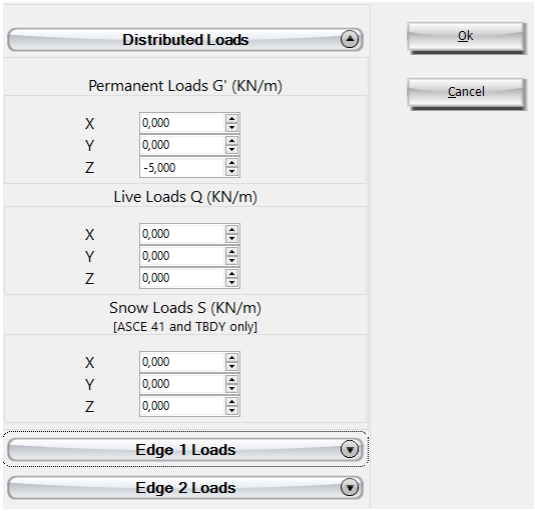
Yeni Malzeme Şeması Ekle

NOT 1: Tanımlanan malzeme set tertibi sayısı 10 ile sınırlandırılmıştır. Varsayılan malzeme setleri kaldırılamaz.

NOT 2: Seçili yapı koduna (yönetmeliğine) bağlı olarak bina yapım yılınana uyumlu olarak öntanımlı malzeme mukavemetleri tanımlama seçeneği mevcuttur.

Eleman Yükleme

Ek yükler, kolonlar ve duvarlar için Dağıtılmış ve Kenar Yükleri düğmesine, kirişler için ise Diğer Yükler düğmesine tıklayarak tanımlanabilir. Kullanıcılar, elemanın uzunluğu boyunca X, Y veya Z eksenlerinde tekdüze dağıtılmış kuvvetleri ve elemanın iki kenarından birinde (başlangıç veya bitiş) X, Y, Z, RX, RY veya RZ eksenlerinde kuvvetler veya momentler tanımlayabilir. Ek olarak, yapının kendi ağırlığı ile ilişkili olmayan sürekli G' yükleri, hareketli Q yükleri ve kar S yükleri uygulanabilir; bu sonuncusu yalnızca ASCE 41 ve TBDY için geçerlidir. Varsayılan olarak, tüm yükler sıfırdır.

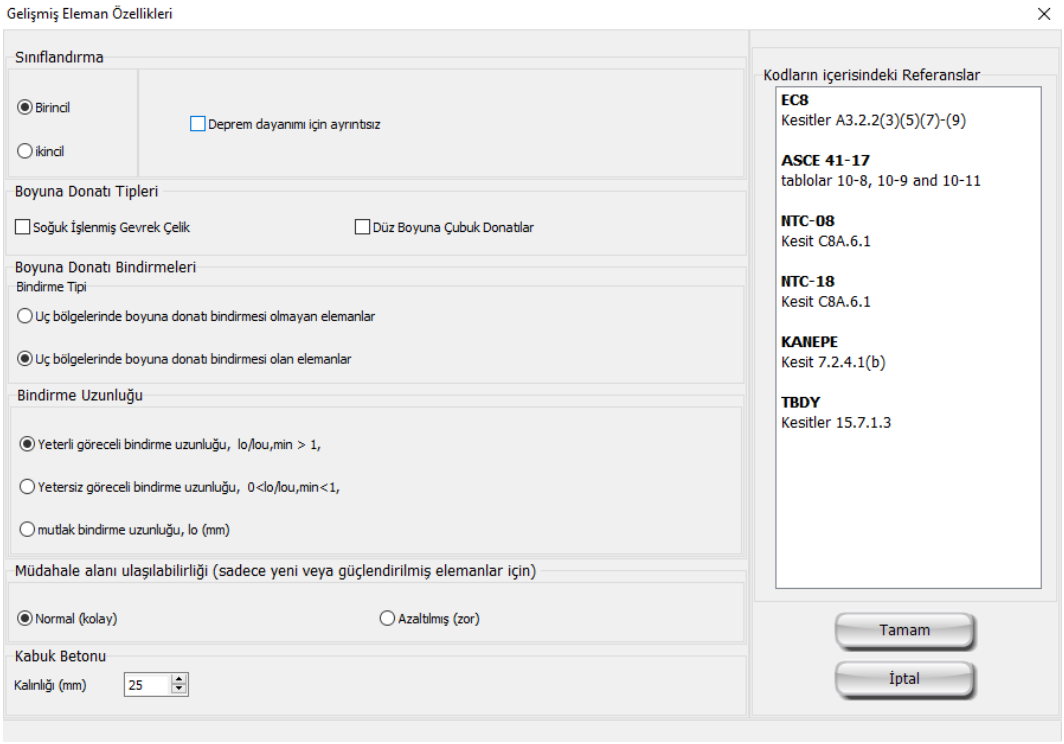


Distributed and Edge Loads window

Gelişmiş Eleman Özellikleri

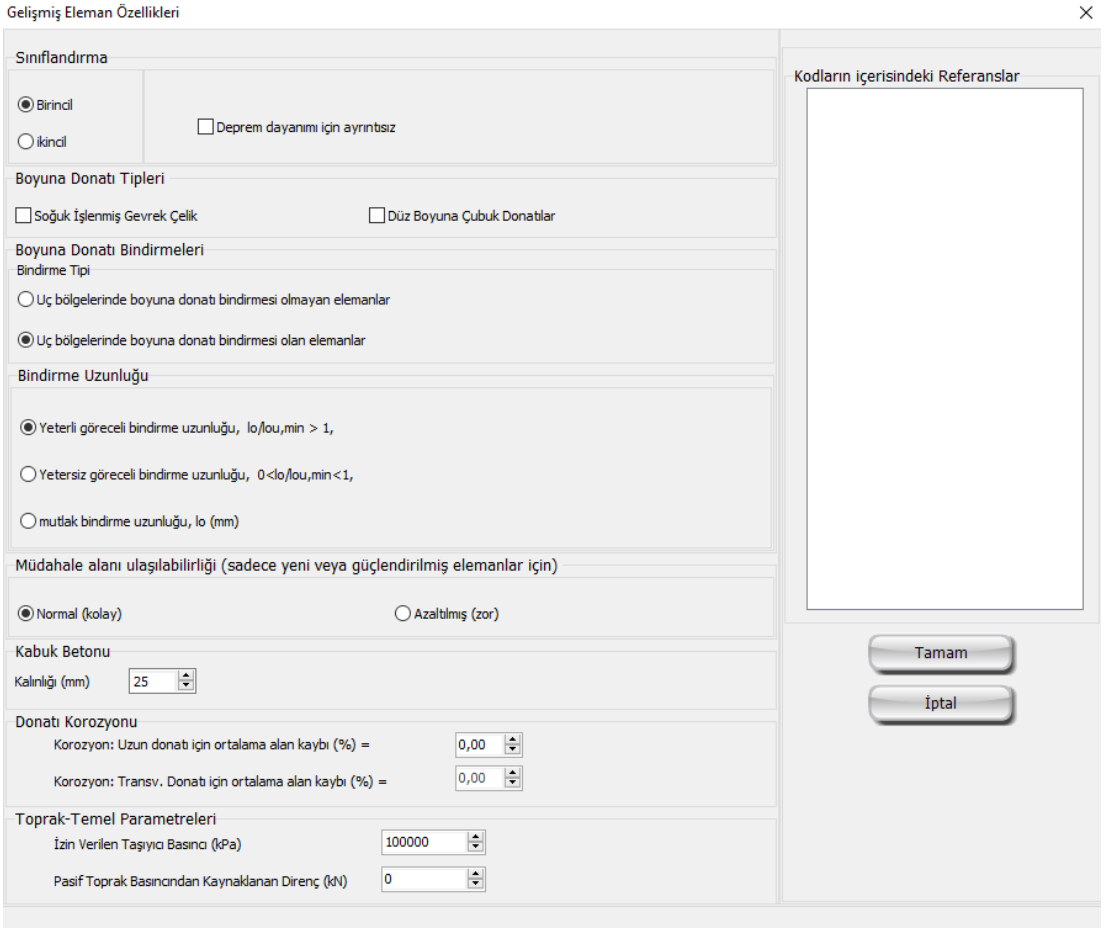
Elemanın koda dayalı ayarları, Özellikler Penceresi tarafından erişilen Gelişmiş Eleman Özellikleri iletişim kutusundan tanımlanabilir. Burada, kullanıcılar müdahale alanı ulaşılabilirliğini tanımlayabilmenin yanısıra (sadece Yunan Sismik Kodu için gerekmektedir), elemanların sınıflandırmasını (ör. birincil veya ikincil sismik eleman), deprem dayanımı için detaylandırma olup olmadığını, kabuk kalınlığını, boyuna donatı tiplerini (soğuk işlenmiş gevrek çelik ve nervürsüz-düz-boyuna donatı çubukları), boyuna donatılar için bindirme tipini ve uzunluğunu da tanımlayabilir.

Bindirme uzunluğu üç yolla tanımlanabilir; (i) nihai deformasyonda asgari bindirme uzunluğuyla kıyaslandığında yeterli göreceli bindirme boyuna sahip elemanlar (varsayılan seçenek), (ii) yetersiz göreceli bindirme boyuna sahip elemanlar (uygulanmış olan bindirme uzunluğunun nihai deformasyonda gerekli olan asgari bindirme boyuna olan oranı olarak tanımlanmalıdır) ve (iii) yetersiz bindirme boyuna sahip elemanlar (mutlak bindirme boyu tanımlanmalıdır).



Gelişmiş Eleman Özellikleri Penceresi

Temel Elemanlar (örneğin Bireysel Ayaklar ve Şerit Ayakları) için Kabul Edilebilir Taşıma Basıncı ve Pasif Zemin Basıncından Kaynaklanan Direnç olmak üzere iki parametrenin daha tanımlanması gerekir.



Temel Modelleme Parametreleri (Değişkenleri)

Modelleme Parametreleri (Değişkenleri)

Elemana ait modelleme parametreleri, Özellikler Penceresinden erişilen Modelleme Parametreleri iletişim kutusundan tanımlanabilir. İlgili pencere vasıtasıyla kullanıcılar, SeismoStruct'ta yapısal elemanı modellemek için kullanılacak beton ve çelik malzeme tiplerini ve çerçeve elemanı tipini, fiber (lif) kesitlerin sayısı ve moment veya kuvvet serbestliklerinin atanması gibi diğer modelleme seçenekleriyle birlikte tanımlayabilir.

Bir SeismoStruct projesinde kullanılacak malzemeler ve çerçeve elemanı türleri, Gelişmiş Özellikler modülünün Gelişmiş Yapı Modelleyicisi sekmesinde tanımlanır. Bu sekmede yapılan seçimler, Modelleme Parametreleri sekmesindeki "Varsayılan" seçeneklerdir. SeismoStruct'ın Yapı Modelleyicisi'nde beton için altı tür ve çelik için sekiz tür olmak üzere on dört malzeme türü mevcuttur. Malzemelerin tam listesi aşağıda sıralandığı gibidir:

- Mander ve diğerleri. lineer olmayan beton modeli - con_ma
- Üç doğrulu beton modeli - con_tl
- Chang-Mander doğrusal olmayan beton modeli - con_cm
- Kappos ve Konstantinidis doğrusal olmayan beton modeli - con_hs
- Tasarlanmış çimento esaslı kompozit malzeme - con_ecc
- Kent-Scott-Park beton modeli - con_ksp
- Menegotto-Pinto çelik model - stl_mp
- Giuffre-Menegotto-Pinto çelik model - stl_gmp
- Çift doğrusal çelik model - stl_bl
- İzotropik gerinim sertleştirmeli çift doğrusal çelik model- stl_bl2

- Ramberg-Osgood çelik modeli - stl_ro
- Dodd-Restrepo çelik modeli - stl_dr
- Monti-Nuti çelik modeli - stl_mn
- Burkulması sınırlandırılmış çelik çapraz modeli - stl_brb

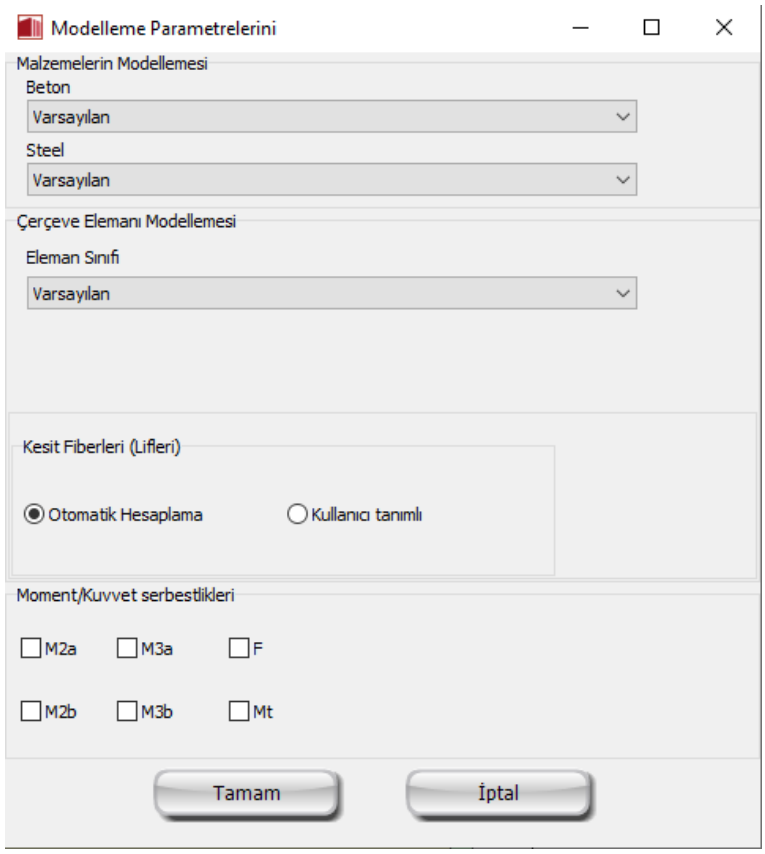
Malzeme türlerinin kapsamlı bir açıklaması için Ek C – Malzemeler'e göz atınız.

Yapısal elemanlar içinde farklı çerçeve elemanı tipleri kullanılabilir. Kullanıcılar, elastik olmayan kuvvete dayalı (infrmFB), elastik olmayan kuvvete dayalı plastik mafsal (infrmFBPH), elastik olmayan deplasmana dayalı plastik mafsal (infrmDBPH), elastik olmayan deplasmana dayalı (infrmDB) ve elastik (elfrm) çerçeve elemanlarını istekleri doğrultusunda kullanabilirler. Elastik olmayan deplasmana değiştirmeye dayalı çerçeve elemanı türünün (infrmDB) kullanımı durumunda, analiz doğruluğu ve kararlılığının artırılması amacıyla eleman uzunlukları kısa olarak tanımlanmalıdır.

NOT: Koda dayalı ontroller elastik çerçeve elemanı (elfrm) için takip edilmez. Bu eleman tipi, yalnızca elemanın elastik kalacağı beklenen belirli koşullar sağlandığı takdirde kullanılır/kullanılmalıdır.

Ayrıca, elemanın her bir integrasyon kesidinde denge hesaplamalarında kullanılan kesit fiberlerinin sayısının da tanımlanması gerekir. Kullanıcı, seçtiği fiber sayısını kendisi atayabilir veya otomatik olarak hesaplatabilir. Otomatik hesaplama, 0.1m2'den az beton alanına 50 fiber, 1m2'den fazla beton alanına 200 fiber denk gelecek şekilde yapılır. Aradaki beton alanları içinse, doğrusal interpolasyon yapılır. Her bir boyuna donatı çubuğu bir adet ek fiber ile tanımlanır ve toplam beton lif sayısına eklenir.

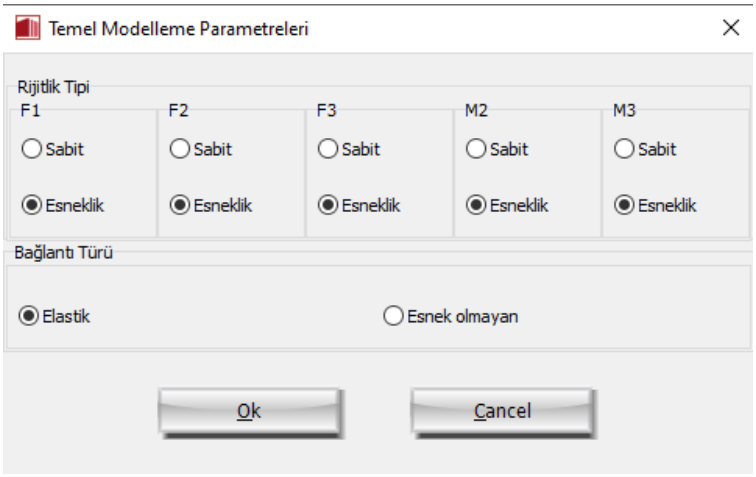
Son olarak, kullanıcılar bir veya daha fazla serbestlik derecesiniö kuvvet ve moment olmak üzere, serbest bırakabilirler.



Modelleme Parametreleri modülü

Temel Modelleme Parametreleri (Değişkenleri)

Yapı elemanları için modelleme parametreleri Yapı Elemanları için Gelişmiş Model Parametreleri bölümünde belirtilebilir. Özellikle, zemine olan bağlantının linkler kullanılarak modellendiği Bireysel Ayaklar ve Şerit Ayaklar için kullanılacak Link tipi (Elastik veya Elastik Olmayan) belirtilebilir ve ek olarak altı serbestlik derecesinden herhangi birini Sabitleme veya Esnek olarak tanımlama seçeneği de vardır.

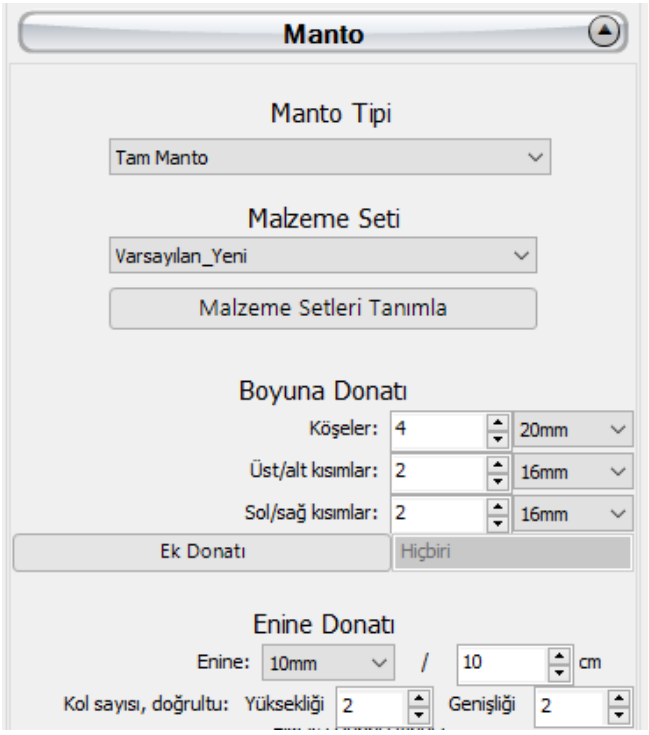


Ayak Modelleme Parametreleri

Manto

Güçlendirilmiş Betonarme Manto, Manto modülü aracılığıyla kolon ve kirişlere atanabilir. Kullanıcılar, kesite bağlı olarak, tüm, 3 taraflı, 2 taraflı veya 1 taraflı manto eklemeyi seçebilirler.

Mantolu bölümlerin malzeme setinin yanı sıra mantonun boylamasına ve enlemesine donatı tanımlanabilir.

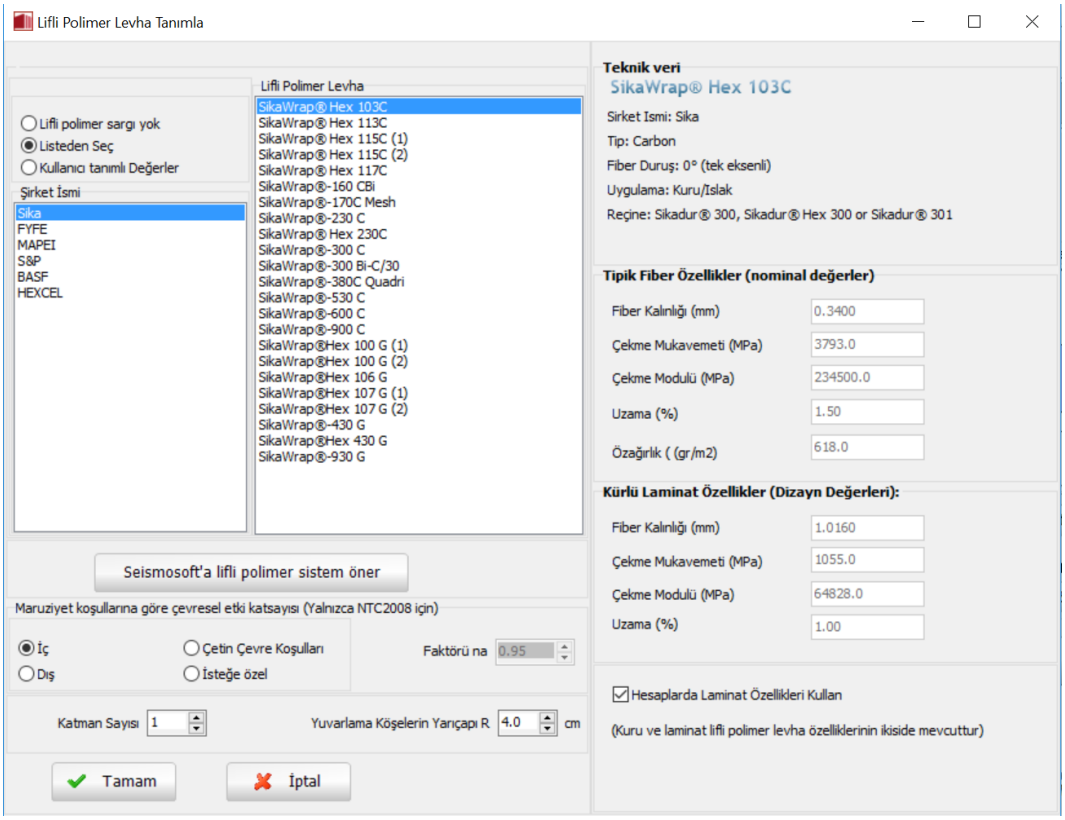


Manto Modülü

Lifli Polimer (FRP) Sargı

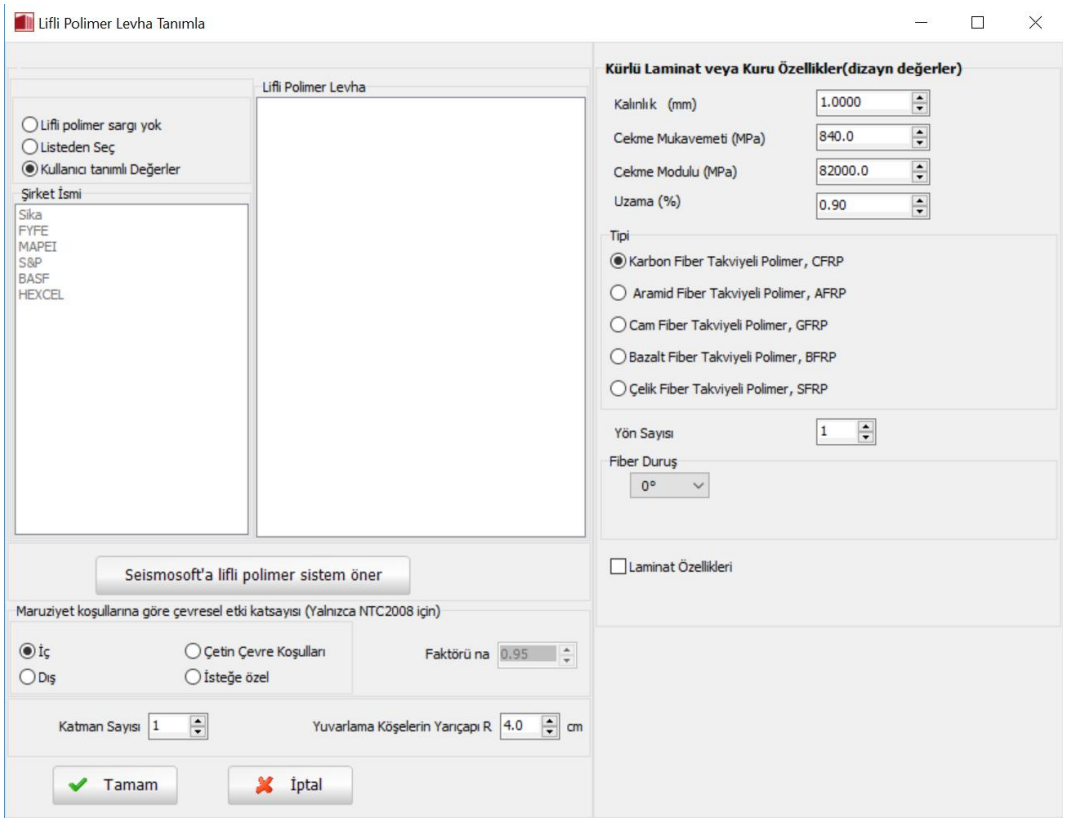
Lifli Polimer Sargı, Lifli Polimer Sargı modülü aracılığıyla kolonlara atanabilir. Kullanıcılar, piyasada bulunan en yaygın olarak kullanılan ürünlerin listesinden Lifli Polimer levha seçebilirler veya alternatif olarak, kullanıcı tanımlı değerleri tanımlayabilirler.

Uygulanan katmanların sayısı ve ayrıca hesaplamalarda kuru veya laminat (katmanlara ayrılmış) FRP özelliklerinin kullanılıp kullanılmayacağı da tanımlanabilir. Son olarak, dikdörtgen kesitler için, FRP sargılarının uygulanmasında kritik bir parametre olan köşelerin yuvarlanma yarıçapı R belirtilebilir.



Listeden seçim modülü

Kullanıcılar kullanıcı tanımlı değerleri belirtmeyi seçtiğinde, katmanların sayısı ve Yuvarlama Köşelerin Yarıçapı R'nin yanı sıra Lifli Polimer levhanın tipi (Karbon, Aramid, Cam lifli, Bazalt veya Çelik), laminat ve kuru özellikleri, yönlerinin sayısı ve liflerin oryantasyonu(nispeten elemanının uzunlaması yönüne) da gerekli bilgilerdendir.



Kullanıcı tanımlı değerler modülü

Son olarak, Lifli Polimer sistemler, programın yeni sürümlerine dahil edilmesi adına "Seismosoft'a Lifli Polimer sistem öner" butonu aracılığıyla önerilebilir. Burada, kullanıcıya vermek istediği Lifli Polimer sistemin adı, ürün ile ilgili bilginin bulunacağı internet sitesi bağlantısı ve Lifli Polimer levhanın teknik özellikleri sorulur.



Lifli polimer sistem öner penceresi

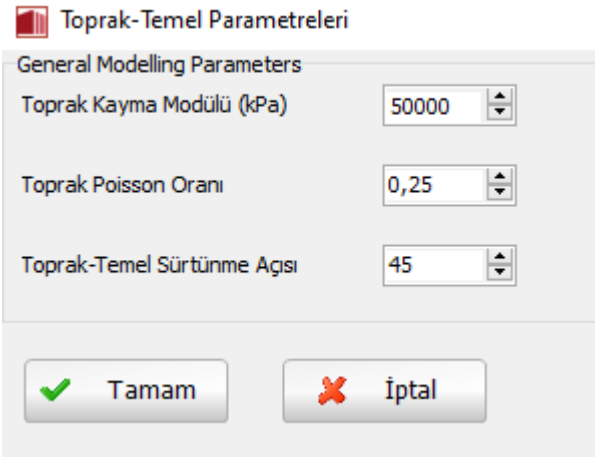
Toprak Temel Parametreleri

Temel modunda çalışırken kullanıcı Toprak Temel Parametrelerini tanımlayabilir. Ana araç çubuğundaki düğme seçildikten sonra, aşağıdaki özelliklerin açıkça tanımlanabileceği Toprak Temel Parametreleri görünecektir:

(1) Toprak Kayma Modülü

(2) Toprak Toksin Oranı

(3) Toprak Temel Sürtünme Açısı



Toprak Temel Parametrelerini Tanımla Penceresi

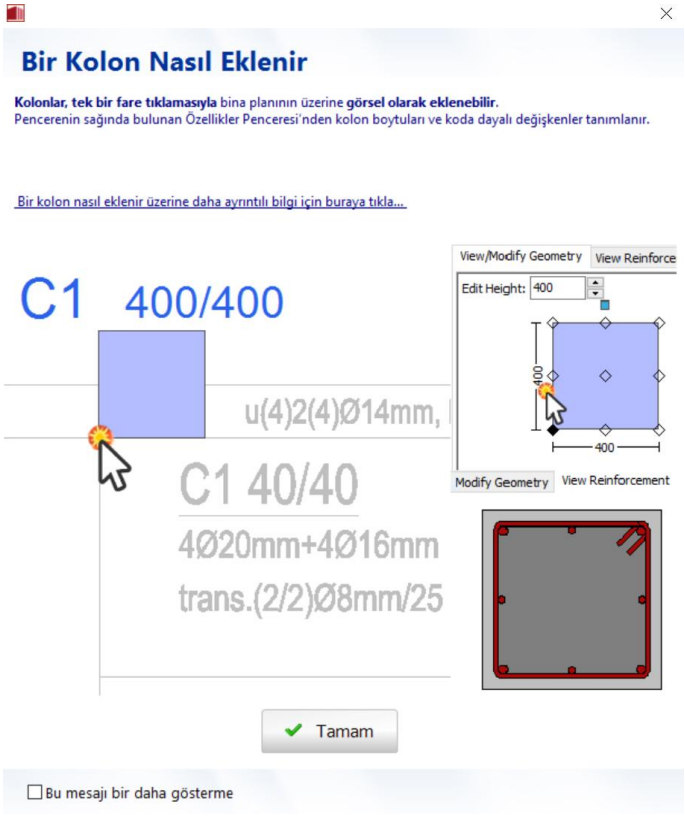
Kolon Elemanları

Kolonlar, ana menüden (Ekle >Kolon) ile veya ilgili araç çubuğu butonları aracılığıyla eklenebilir. Aşağıda açıkca belirtilen özelliklerin bulunduğu Kolonun Özellikleri Penceresi belirecektir:

(i) boyutlar (yükseklik, genişlik ve eğer tam boy veya serbest boy ise, son durumda uzunluk farkı atanması)
(ii) temel seviyesi
(iii) donatı
(iv) malzeme setleri
(v) Lifli Polimer sargı
(vi) gelişmiş eleman özellikleri
(vii) modelleme değişkenleri (parametreleri)

Kolon elemanları tek bir fare tıklaması ile projeye eklenebilir.

Bir Kolon Ekle komutu seçildiğinde, nasıl kolon ekleneceğine dair kısaca bilgi veren bilgilendirici bir mesaj belirir.



'Bir kolon nasıl eklenir' penceresi

Şu anda, on üç kesit tipi bulunmaktadır:

- *Dikdörtgen Kolon*
- *L-Şekilli Kolon*
- *T-Şekilli Kolon*
- *Dairesel Kolon*
- *Mantolanmış Dikdörtgen Kolon*
- *3 tarafı Mantolanmış Dikdörtgen Kolon*
- *2 tarafı Mantolanmış Dikdörtgen Kolon*
- *1 tarafı Mantolanmış Dikdörtgen Kolon*
- *Mantolanmış L-Kesitli Kolon*
- *3 tarafı Mantolanmış L-Kesitli Kolon*
- *Mantolanmış T-Kesitli Kolon*
- *3 tarafı Mantolanmış T-Kesitli Kolon*
- *Mantolanmış Dairesel Kolon*

Yapı Modelleyicisine kolonların eklenmesi hakkında kapsamlı bilgi için Ek - E'ye bakınız.

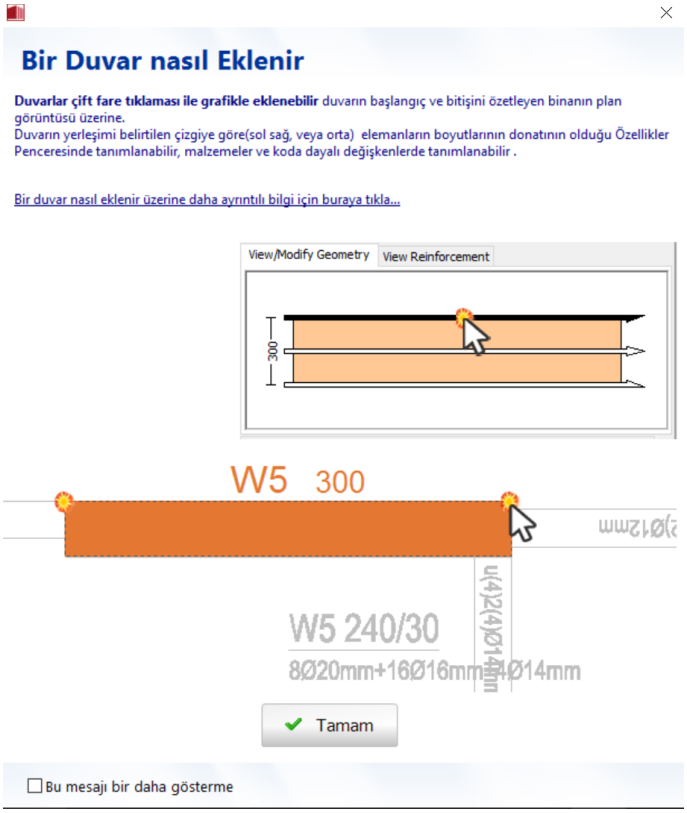
Duvar Elemanları

Duvarlar, ana menüden (Ekle > Duvar) ile veya ilgili araç çubuğu butonları aracılığıyla eklenebilir. Kolonlardakine benzer şekilde duvarın özelliklerini içeren duvarın Özellikleri Penceresi belirecektir. sadece iki fare tıklaması ile, kenarlarının tanımlanmasıyla projeye duvarlar eklenebilir.

Şu anda, Yapı modelleyici içerisinde aşağıda gösterilen türler mevcuttur:

- *Duvar*
- *Bileşik Duvar*

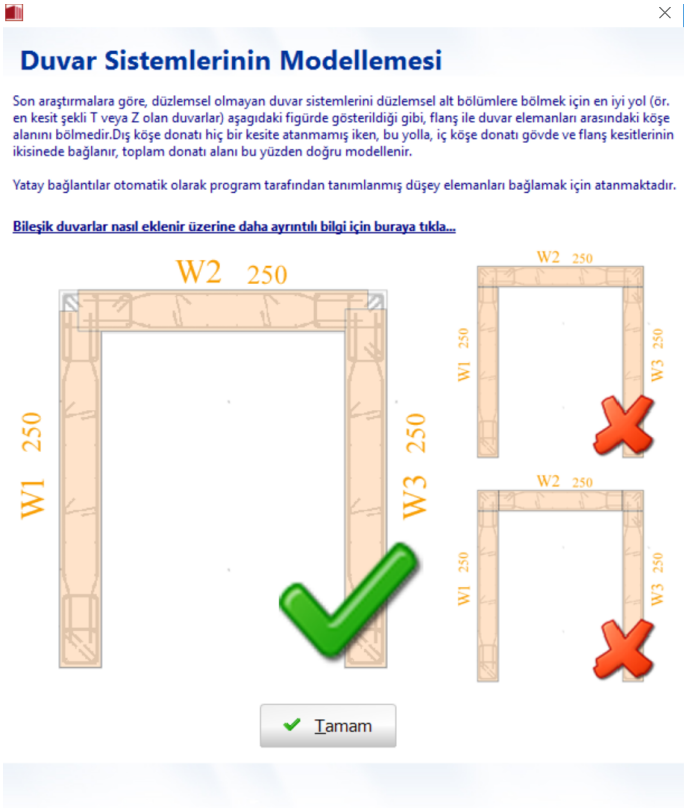
Bir Duvar Ekle komutu seçildiğinde, nasıl duvar ekleneceğine dair kısaca bilgi veren bilgilendirici bir mesaj belirir.



'Bir duvar nasıl eklenir?' penceresi

Yapı modelleyicisine duvarların eklenmesi hakkında kapsamlı bilgi için Ek E-Yapı Modelleyicisi'ne bakınız.

Eğer Bileşik Duvar Ekle araç çubuğu butonu ( )seçilirse, bileşik duvar kesitlerini eklemek için en iyi yolu gösteren bilgilendirici bir pencere belirecektir. Son araştırmalara göre (Beyer K., Dazio A., and Priestley M.J.N. [2008]), düzlemsel olmayan duvar sistemlerini düzlemsel alt bölmelere bölmenin en iyi yolu, ör. enkesit şekli U veya Z olan duvarlar, flanş ve duvarların arasındaki köşe alanını bölmektir. Bu yolla, dış donatı hiçbir kesite atanmazken, iç köşe donatısı hem gövde hemde flanş kesitine atfedilir. Toplam donatı alanı, bu yüzden doğru bir şekilde modellenir.



Duvar sistemlerinin modellenmesine dair bilgilendirme mesajı

NOT: Yatay bağlantılar, program tarafından tanımlanan düşey elemanları bağlamak için otomatik olarak atanır.

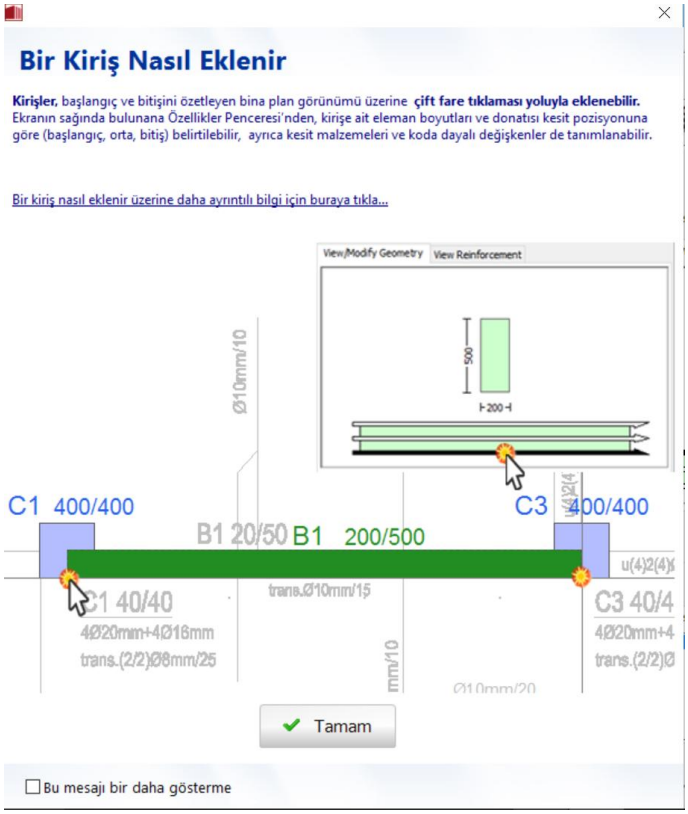
Kiriş Elemanları

Kirişler, ana menüden (Ekle >...) ile veya ilgili araç çubuğu butonları aracılığıyla eklenebilir. kolonlar için olanlara ek olarak, çeşitli ek değişkenler bir kirişin doğru tanımlanması için belirtilmelidir. Örneğin, eğimli kiriş olup olmadığı (bu durumda iki uçun yüksekliği belirtilmelidir), ek kalıcı yük ve kirişin üç integrasyon kesitindeki(ortada ve iki kenarda)donatı gibi. İki fare tıklaması ile kirişler, kenarları tanımlanarak proje içerisine eklenebilirler. Kirişlerin ve döşemelerin atanmasından sonra, efektif genişliğin dahil edilmemesi ve değerinin özelleştirilmesi ve kiriş elemanlarının ters kirişler olup olmayacağı seçimi yapılabilir.

Şu anda, Yapı Modelleyici içerisinde dört tür mevcuttur:

- *Kiriş*
- *Mantolanmış Kiriş*
- *3 tarafı Mantolanmış Kiriş*
- *1 tarafı Mantolanmış Kiriş*

Bir Kiriş Ekle komutu seçildiğinde, nasıl kiriş ekleneceğine dair kısaca bilgi veren bilgilendirici bir mesaj belirir.



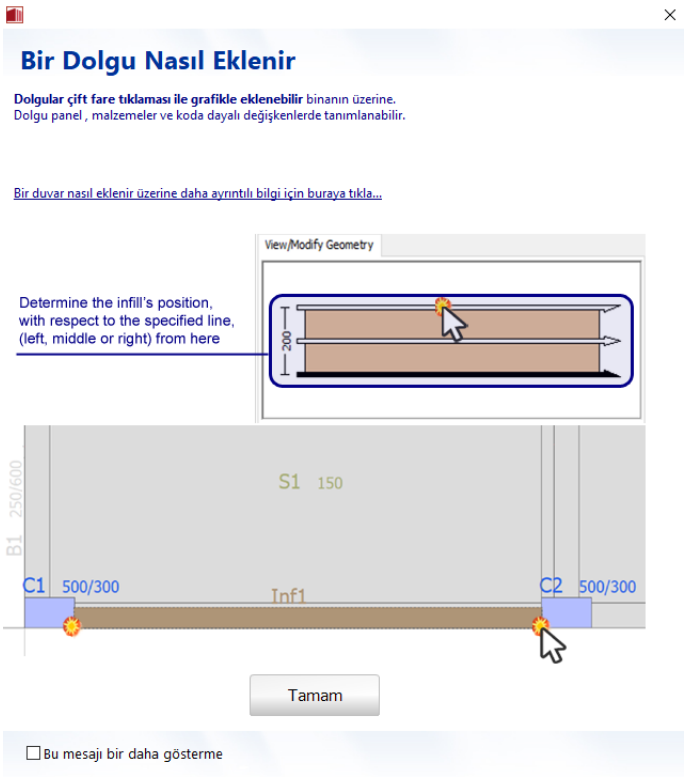
'Bir kiriş nasıl eklenir?' penceresi

Yapı Modelleyicisine kirişlerin eklenmesi hakkında kapsamlı bilgi için Ek E-Yapı Modelleyicisi'ne bakınız.

Dolgu Duvarlar

Dolgular ana menüden (Ekle >...) veya ilgili araç çubuğu düğmesi aracılığıyla eklenebilir. Duvarın direncini etkileyen ana parametrelerin, yani tuğlaların ve harcın ana geometrik (açıklık yüzdesi ve yükseklik) ve mekanik özelliklerinin (tuğla boyutları, harç kalınlığı, tuğla basınç dayanımı, harç basınç dayanımı) yanı sıra duvardaki açıklıkların yüzdesi ve duvarın özgül ağırlığının belirtilmesi gerekir.

Dolgu Ekle komutu seçildiğinde, nasıl dolgu ekleneceğine dair kısaca bilgi veren bilgilendirici bir mesaj belirir.



Nasıl dolgu duvar eklenir penceresi

Yapı Modelleyici'de dolgu duvarların eklenmesi hakkında kapsamlı bilgi için EkD –Yapısal Elemanların Eklenmesi'ye bakınız.

Çelik Mesnetler

Çelik mesnetler ana menüden (Ekle >...) veya ilgili araç çubuğu düğmeleri aracılığıyla eklenebilir. Aşağıdaki mesnet özelliklerinin tanımlanabileceği Özellikler Penceresi görünecektir:

- mesnet tipi: şu anda aşağıdaki tipler desteklenmektedir: (i) köşegenleri bağlantılı X-Brace, (ii) köşegenleri ayrılmış X-Brace, (iii) çapraz bağlantı, (iv) ters çapraz bağlantı, (v) V-Brace ve (vi) Ters V-Brace (Şevron Bağlantı)
- Çapraz elemanların çelik bölümü
- Destek çeliğinin akma dayanımı
- RC çerçevesine bağlantı türü (sabitlenmiş veya tamamen sabitlenmiş)
- Modelleme parametreleri

Çelik Mesnet Ekle komutu seçildiğinde, nasıl dolgu ekleneceğine dair kısaca bilgi veren bilgilendirici bir mesaj belirir.

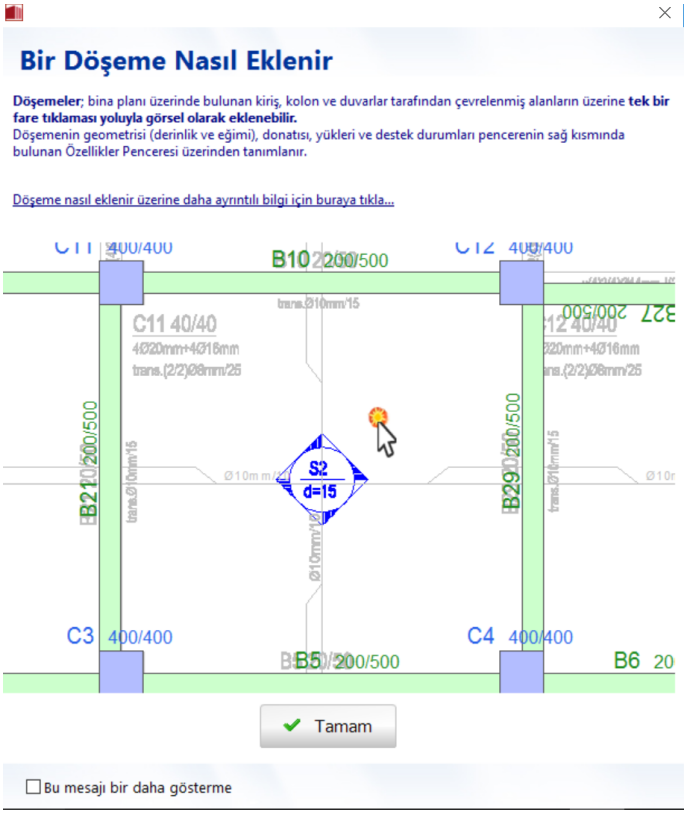


Nasıl çelik mesnet eklenir penceresi

Yapı Modelleyici'de çelik mesnetlerin eklenmesi hakkında kapsamlı bilgi için EkD –Yapısal Elemanların Eklenmesi'ye bakınız.

Döşeme

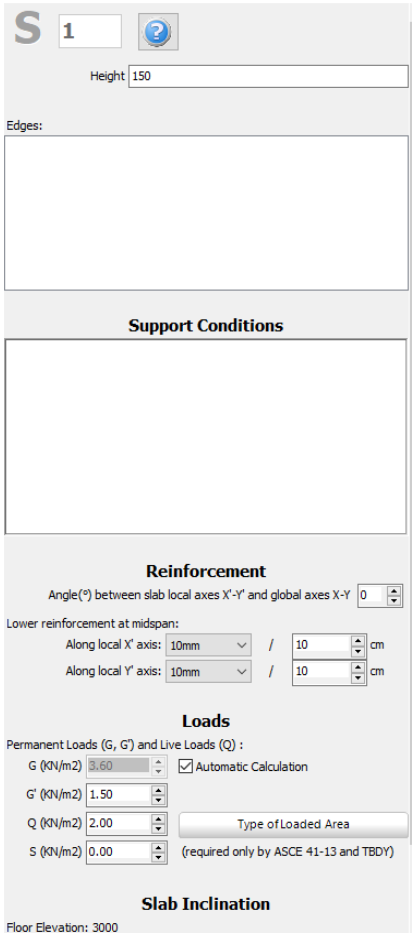
Döşemelerin eklenmesi, Menü aracılıyla (*Ekle>Döşeme*) veya ilgili araç çubuğu butonuna ( ) tıklanmasıyla yapılır. Döşemenin eklenmesinden önce, nasıl bir döşeme ekleneceğini kısaca anlatan bilgilendiri bir mesaj belirir.



'Bir döşeme nasıl eklenir?' penceresi

Döşeme, yapısal elemanlar(kolonlar, duvarlar and kirişler) tarafından çevrilmiş herhangi bir kapalı alana bir fare tıklamasıyla tanımlanabilir.

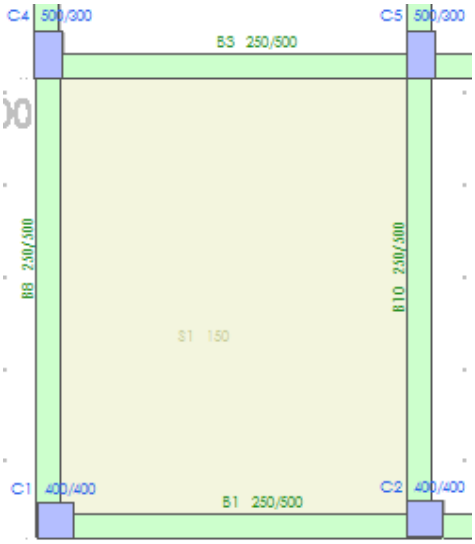
Kullanıcılar, Döşemenin Özellikleri Penceresinden, (i) kesitin yüksekliğini, (ii) donatıyı ve onun X & Y eksenlerine olan açısını ve (iii) kendi, ek kalıcı, hareketli ve kar yükleri yükleri tanımlayabilirler, sonuncusu yalnızca ASCE 41-23 ve TBDY tarafından gereklidir. Kullanıcı uygun yüklenmiş alan tipini seçtikten sonra, program tarafından otomatik olarak döşemenin hareketli yükleri atanır. Döşemelerin zati ağırlığı otomatik olarak hesaplanır ve yapısal modele eklenir veya kullanıcı tarafından tanımlanan bir değer kullanılabilir .



Döşeme Özellikleri Penceresi

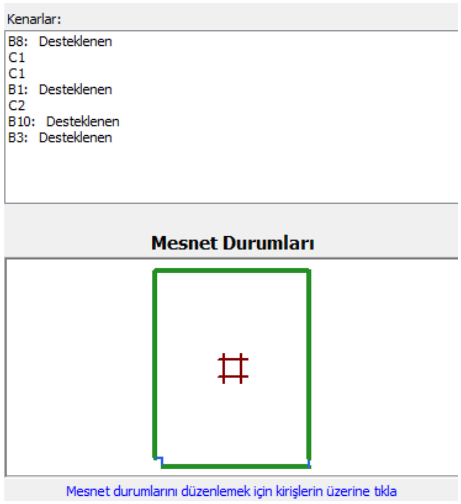


Yüklenmiş Alan Kategorileri



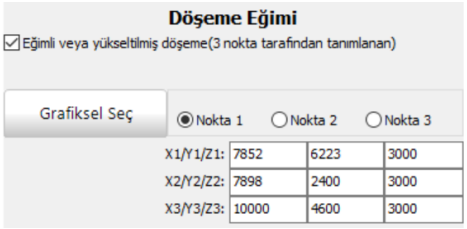
Döşeme Eklenmesi

Bir döşeme tanımlandıktan sonra, kullanıcılar onun destek koşullarını değiştirebilirler, böylece döşeme yüklerinin hangi kirişlere dağıtılacağını ayarlayabilirler.



Döşeme Destek Koşulları (Mesnet Durumları)

Döşeme eğimi, döşeme yüksekliğinin üç noktada grafiksel olarak seçilerek belirtilmesiyle değiştirilebilir. Komşu kirişlerin ve kolonların yükseklikleri otomatik olarak ayarlanmasına rağmen, eğer gerekli ise, kolonlar program tarafından daha kısa elemanlara bölünür. Örneğin, farklı seviyelerde bulunan iki veya daha fazla kirişin aynı kolon tarafından desteklendiği durumda, kısa kolonlar oluşturulur.



Döşeme Eğimi

NOT 1: Döşeme donatısı, döşeme çevresindeki kirişlerin etkili genişliğine uygulanır. Kullanıcılar etkili genişliği modellemenin içerisine dahil etmediğinde, bu tür donatı ayarları gereksiz hale gelir.

NOT 2: Döşeme modellenmesi rijit diyaframlar yoluyla yapılır.Dolayısıyla, birçok betonarme binada gerçekte olduğu gibi yapısal düzende rijit döşemenin varlığı dolaylı yoldan kabul edilmiş olur.Döşeme yükleri, (zati ağırlık, ek yerçekimi yükleri ve canlı yükler SeismoStruct Bina Modelleyici Ayarları modülü içerisindeki ilgili katsayılar ile çarpılarak) g değerine dayanan kütlelere aktarılırve doğrudan onu destekleyen kirişlere uygulanır.

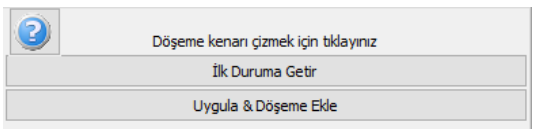
Çevre yoluyla Döşeme

Herhangi bir geometrinin döşemeleri, Yapı Modelleyicisi içerisindeki Menüden (veya ilgili araç çubuğu düğmesi aracılığıyla) *Ekle> Çevre Yoluyla Döşeme Ekle* seçilerek tanımlanabilir. Döşemenin, çevre yoluyla nasıl tanımlanacağını anlatan bir bilgilendirme mesajı belirir.



Çevre Yoluyla Döşeme nasıl eklenir?

Döşemenin kenarları köşeleri belirlenerek tanımlandıktan sonra "Döşemeyi Uygula ve Yerleştir" butonuna tıklanmalıdır. Akabinde, döşeme otomatik olarak atanır.



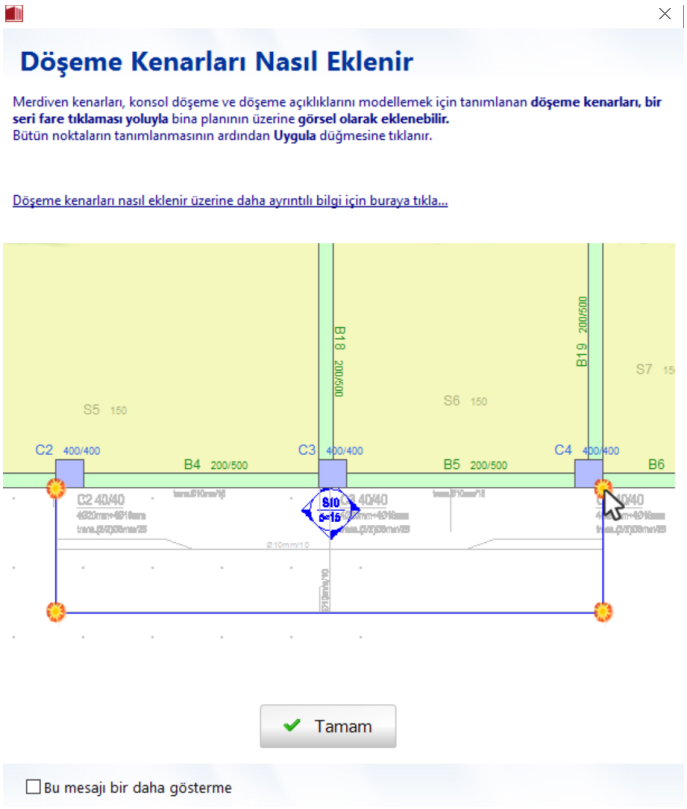
Çevre yoluyla Döşeme çiz

NOT 1: SeismoStruct'ta tanimlanan döşemeler, kirişleri, kolonları ve duvarları çepeçevre bağlayan rijit diyaframlar ve kirişlere uygulanan ek yükler olarak modellenmiştir. Konsollu döşemeler söz konusu olduğundaysa, rijit bir diyafram oluşturulmaz ve döşemenin destekleyici kiriş üzerine ek kütle sağladığı kabul edilir. Bahsi geçen ek kütle, döşemenin kalıcı ve hareketli yükleri için hesaba katılır.

NOT 2: Atanan çevre kapalı bir alan tanımlamadığında, yeni döşemeyi yerleştirmek için ilk nokta sonuncusuna otomatik olarak bağlanır.

Serbest Kenar

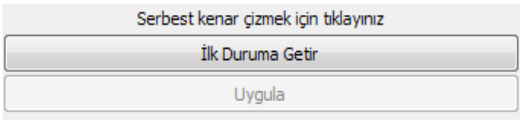
Yapı Modelleyici'sinde, konsol ve açıklıklı döşemeler de tanımlanabilir. Bunu gerçekleştirmek için öncelikle bir Serbest kenar eklemesi yapılması gerekmektedir. Serbest kenar menü üzerinden (*Ekle > Serbest Kenar)* veya ilgili araç çubuğu düğmesi ( ) yoluyla eklenir. Sonrasında, nasıl bir serbest kenar ekleneceğini kısaca anlatan bilgilendirici bir mesaj belirir.



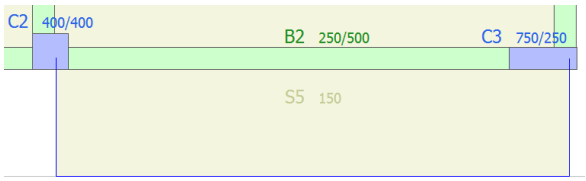
'Döşeme kenarları nasıl eklenir' penceresi

Serbest Kenar'ın döşeme şeklinin ana hatlarını belirtmekte olan köşe noktalarını tanımladıktan sonra, Özellikler Penceresi'nde bulunan Uygula düğmesine tıklanır ve tanımı tamamlanır.

NOT: Döşemeler, SeismoStruct içerisinde, etrafında yapısal elemanlar olan rijit diyaframlar olarak modellenir. Ankastre döşemelerde, yapıları gereği, rijit diyaframlar tanımlanamaz; döşemenin etkisi yalnızca destek kirişi üzerine ek yük olarak aktarılır.



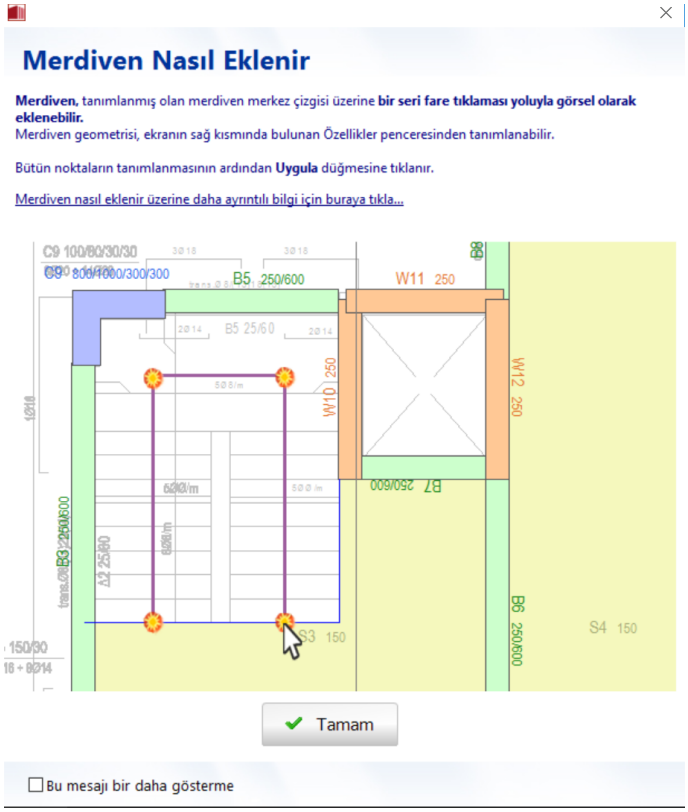
Serbest kenarın çizilmesi



Yeni konsol döşeme oluşturma

Merdiven

Merdiven eklenmesi, Menü aracılığıyla (*Ekle>Merdiven*) veya araç çubuğundaki ilgili butona ( ) tıklanması ile yapılabilir. Sonrasında, nasıl Merdiven ekleneceğini kısaca özetleyen bilgilendirici bir mesaj belirir.



'Merdiven nasıl eklenir' penceresi

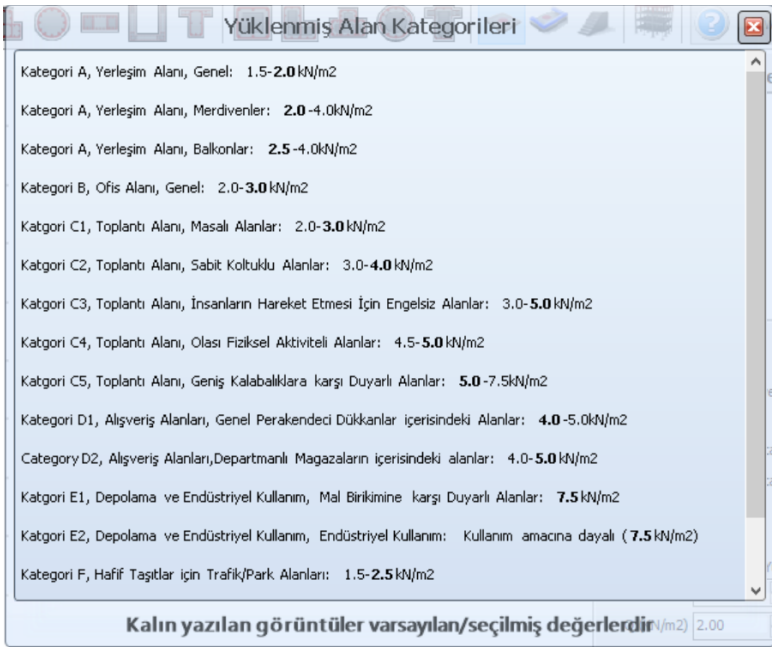
Merdiven, merkez çizgisi belirtilerek kolayca tanımlanabilir. Merdiven elemanının projeye eklenmesinden sonra, sahanlıklar "Sahanlık Ekle" butonu aracılığıyla uygulanabilir. Sahanlığın iki uçu grafiksel olarak merkez çizgi üzerinde belirtilmelidir. Tanımlanmış sahanlıklar "Bütün Sahanlıkları Kaldır" butonu aracılığıyla kaldırılabilir.

Kullanıcılar, Özellikler Penceresi üzerinden kendi ağırlığı, ek kalıcı, hareketli ve kar yükleri (bu yükler yalnızca TDBY ve ASCE 41-23'de kullanılır) ve hareketli yükleri tanımlayabilecekleri gibi, merdiven genişliğini, rıht yüksekliğini, merdiven asgari derinliğini, tabana göre yükseklik farkını ve üst kat

seviyesini de tanımlanabilir. Merdiven zati ağırlığı, merdiven geometrisi, malzemeleri ve özgül ağırlığa göre otomatik olarak hesaplanır veya kullanıcı tanımlı bir değer kullanılabilir.



Merdiven Özellikleri Penceresi

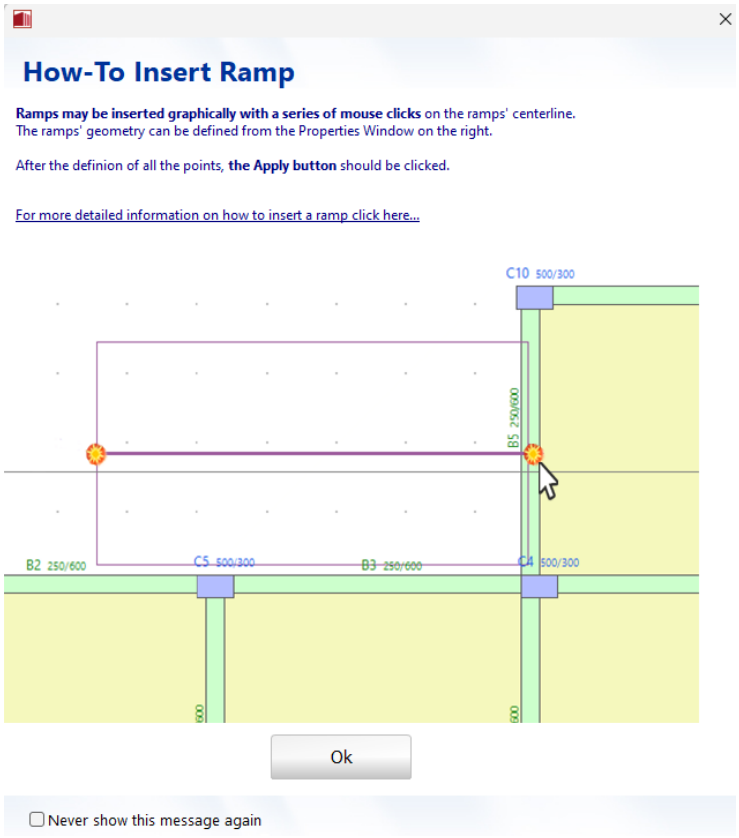


Yüklenen alan tipleri

NOT: Merdivenler, SeismoStruct içerisinde genişliği ve derinliği olan elastik elemanlar olarak modellenir.

Rampas

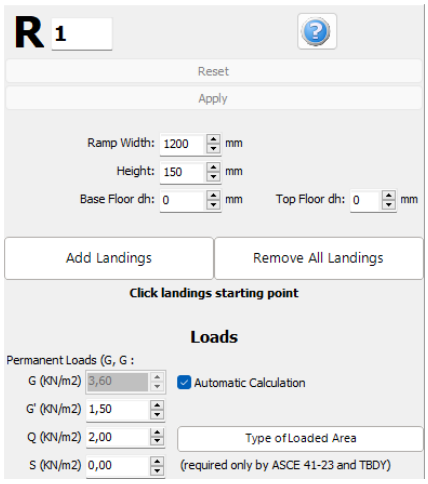
Rampaların eklenmesi Menü (Ekle > Rampa) üzerinden veya araç çubuğu düğmesine tıklayarak yapılabilir  . Rampanın nasıl ekleneği hakkında kısa bilgi veren bir bilgilendirme mesajı görünür.



Rampa Ekleme Penceresi

ampalar, kolayca merkez hattı belirtilerek tanımlanabilir. Rampa elemanı projeye eklendikten sonra "İnişler Ekle" butonu ile inişler eklenebilir. İnişlerin iki ucu, merkez hattı üzerinde grafiksel olarak belirtilmelidir. Tanımlanan inişler, "Tüm İnişleri Kaldır" butonu ile kaldırılabilir.

Özellikler Penceresi'nde, kullanıcılar rampanın genişliğini, yüksekliğini, temel ve üst kat seviyelerine göre kot farkını, ayrıca kendi ağırlığını ve ek sabit, canlı ve kar yüklerini daha detaylı bir şekilde tanımlayabilirler; bu yükler yalnızca ASCE 41-23 ve TBDY tarafından gereklidir. Rampanın kendi ağırlığı, geometrisi, malzemeleri ve özgül ağırlığına göre otomatik olarak hesaplanabilir veya kullanıcı tarafından tanımlanan bir değer kullanılabilir.



Rampa Özellikleri Penceresi



Yükleme alanı tipleri

NOT: Rampalar, belirtilen genişlik ve derinlikte elastik elemanlarla SeismoBuild'de modellenir.

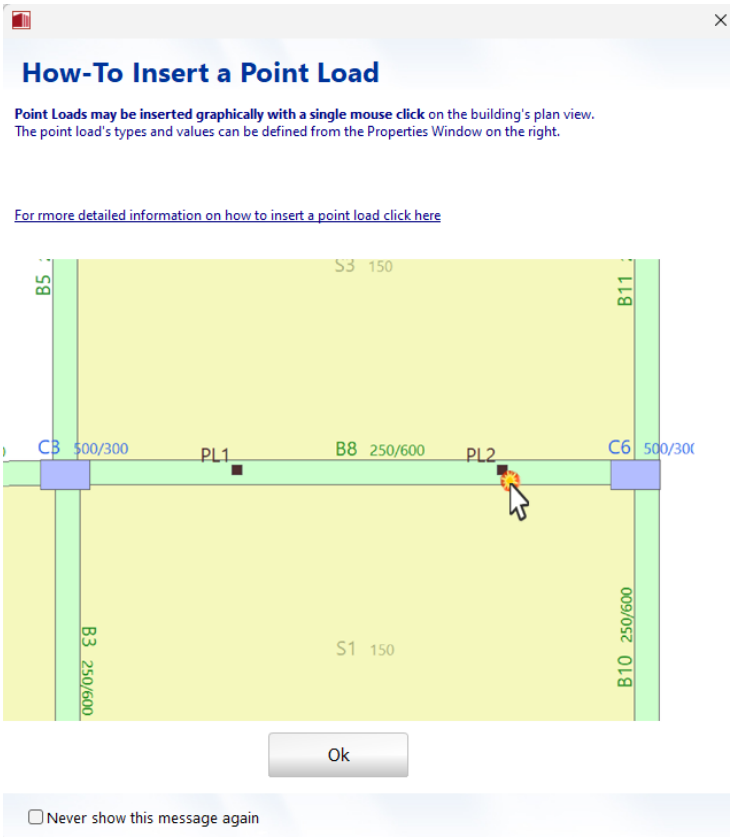
YÜK EKLEME

eismoBuild'de yükler üç şekilde tanımlanır: (i) Yapısal elemanların kütlelerinin yüklere dönüştürülmesi, g değeri esas alınarak, program tarafından otomatik olarak yapılır, (ii) Kolonlar, Duvarlar, Kirişler, Döşemeler, Merdivenler ve Rampalar Özellikler Pencerelerinde veya (iii) Noktasal Yük Ekle ve Doğrusal Yük Ekle seçeneklerine tıklanarak. İkinci yöntemle ilgili daha fazla detay için kullanıcılar ilgili elemanın açıklamasına bakabilirler.

Noktasal Yükler

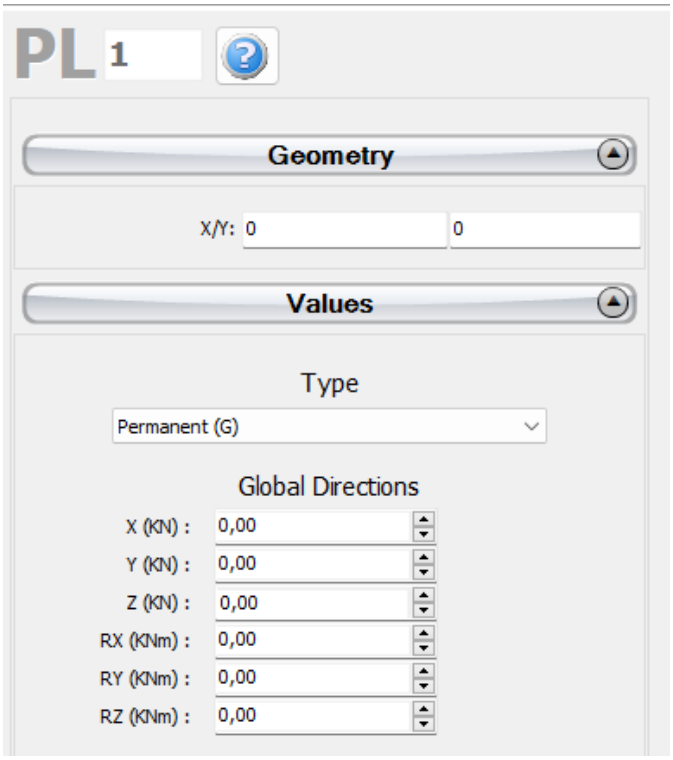
İki tür noktasal yük mevcuttur. Birincisi, döşemeler üzerindeki noktasal yükler, Menüden (*Ekle > Döşemeye Noktasal Yük*) veya ilgili araç çubuğu düğmesiyle eklenebilir . İkincisi ise, kirişler, kolonlar

ve duvarlar gibi çerçeve elemanları üzerindeki noktasal yüklerdir; bunlar, Menüden (*Ekle > Çerçeve Elemanlarına Noktasal Yük*) veya ilgili araç çubuğu düğmesiyle eklenebilir .

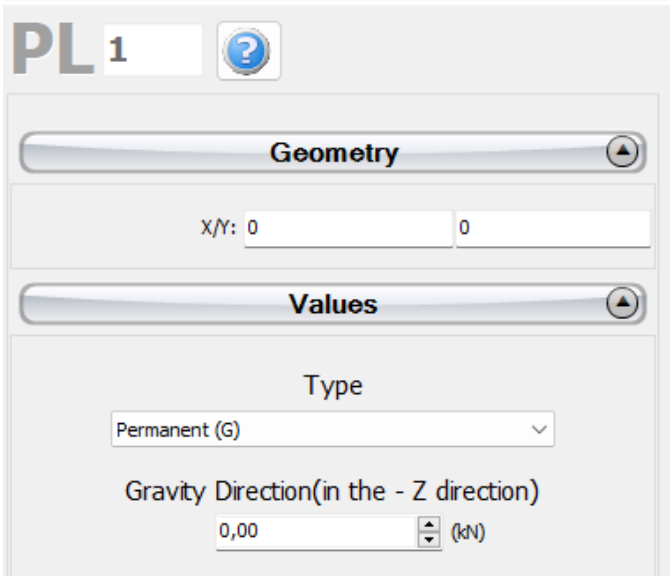


Noktasal Yük Ekleme Penceresi

Döşemeler üzerindeki noktasal yükler yalnızca yerçekimi yönünde eklenebilirken, çerçeve elemanları üzerindeki noktasal yükler her yönde, yani X, Y, Z, RX, RY ve RZ yönlerinde eklenebilir. Hem döşemelerdeki hem de çerçeve elemanlarındaki noktasal yüklerde sabit, canlı ve kar yükleri atanabilir.



Çerçeve Elemanlarındaki Noktasal Yük Özellikleri Penceresi



Döşemelerdeki Noktasal Yük Özellikleri Penceresi

Tüm noktasal yük özellikleri tanımlandıktan sonra, yeni noktasal yük, binanın plan görünümünde basit bir fare tıklamasıyla grafiksel olarak eklenebilir.

Noktasal yük eklendikten sonra, uygulanan noktanın koordinatları ve değeri, Özellikler Penceresinden değiştirilebilir.

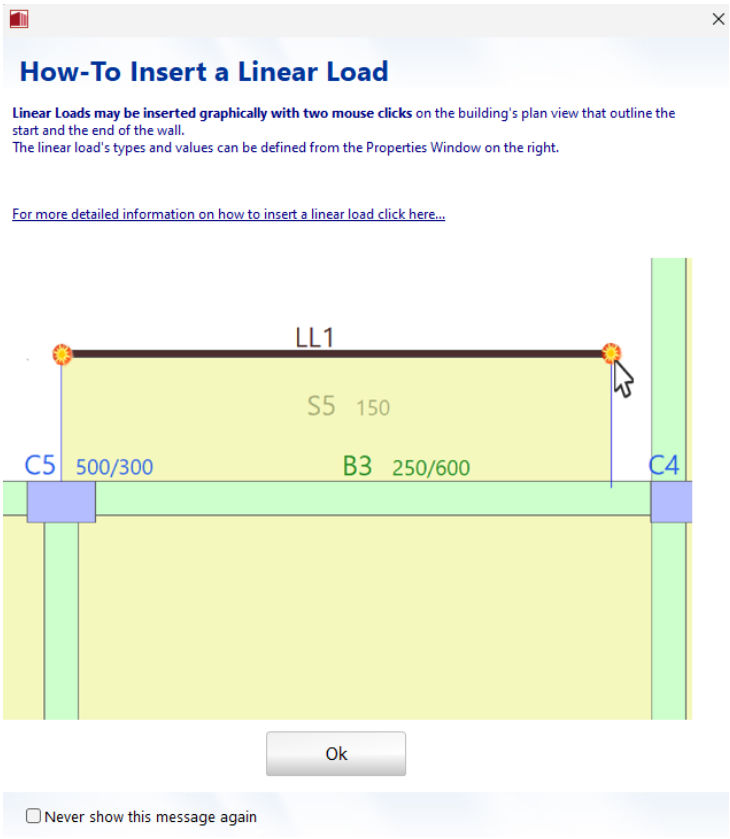
NOT 1: Bir noktasal yük bir kirişe atandığında, kiriş otomatik olarak alt elemanlara ayrılır ve iki üye oluşturulur. Eğer noktasal yük, kirişin başlangıç veya bitiş noktasına yakınsa, yük otomatik olarak kirişin kenarına uygulanır.

NOT 2: Bir noktasal yük bir kolona veya duvara atandığında, yük otomatik olarak kolonun/duvarın üst kenarına, döşeme seviyesinde uygulanır.

NOT 3: Döşemenin noktasal yükleri, g değeri esas alınarak kütlelere dönüştürülür ve döşemenin diskretizasyonuna göre en yakın destekleyen kirişi üzerine doğrudan uygulanır.

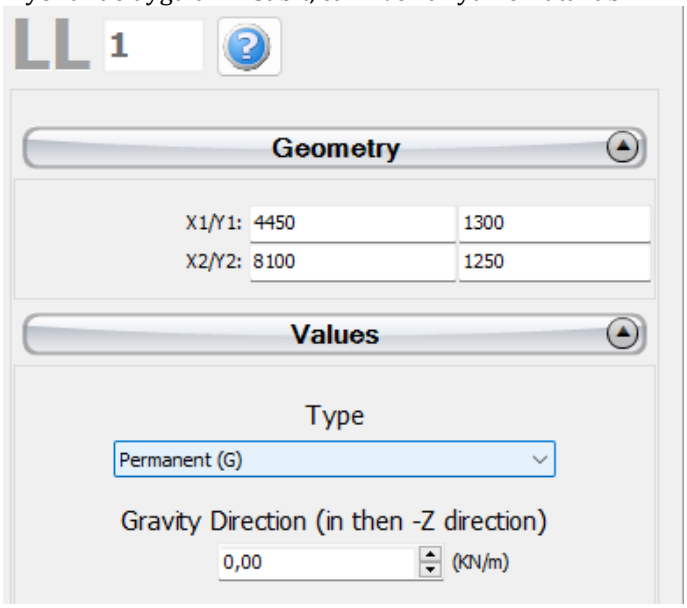
Doğrusal Yükler

Doğrusal yükler, Menüden (*Ekle* > *Doğrusal Yük*) veya ilgili araç çubuğu düğmesiyle eklenebilir  . Doğrusal yük ekleme hakkında kısa bilgi veren bir bilgilendirme mesajı görünür.



Doğrusal Yük Ekleme Penceresi

Doğrusal yükler, plan görünümünde her türlü betonarme eleman üzerinde eklenebilir ve yerçekimi yönünde uygulanır. Sabit, canlı ve kar yükleri atanabilir.



Doğrusal Yük Özellikleri Penceresi

Tüm doğrusal yük özellikleri tanımlandıktan sonra, yeni doğrusal yük, binanın plan görünümünde, doğrusal yükün başlangıç ve bitiş noktalarını belirleyen iki fare tıklamasıyla grafiksel olarak eklenebilir.

Doğrusal yük eklendikten sonra, doğrusal yükün başlangıç ve bitiş noktalarının koordinatları ile değeri, Özellikler Penceresinden değiştirilebilir.

NOT: Doğrusal yükler, g değeri esas alınarak kütlelere dönüştürülür ve en yakın destek elemanına doğrudan uygulanır.

Temel Elemanlarin Eklenmesi

Üstyapının temeli, temeller, bağlantı kirişleri, şerit temeller ve radye temeller eklenerek modellenebilir. Temel elemanları ekleme özelliğini etkinleştirmek için kullanıcıların Üstyapı Modu yerine temel modunda çalışmayı seçmeleri gerekir.

Temel Modunda çalışırken, üstyapının dikey elemanları (yani Kolonlar, Duvarlar vb.) görünür hale gelir, böylece kullanıcı temellerini tanımlayabilir.

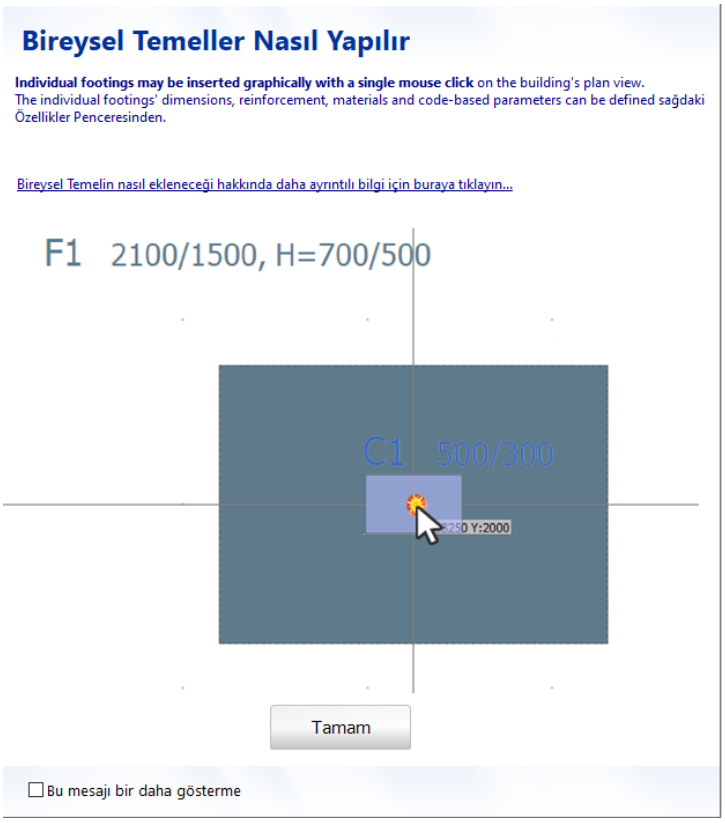
Tekil Temeller

Tekil temeller ilgili araç çubuğu düğmesine tıklanarak eklenebilir. Aşağıdaki özelliklerin açıkça tanımlanabileceği tekil temellerin Özellikler Penceresi görünecektir:

(i) Geometri, örneğin boyutlar (yükseklik ve genişlik)
(ii) Malzemeler
(iii) Yükleme
(iv) Gelişmiş Modelleme, gelişmiş eleman özelliklerini ve modelleme parametrelerini içerir

Tekil temel elemanları projeye tek sefer tıklama ile eklenebilir, bunun için önceden eklenmiş bir kolonun, tekil temelin tanıtıldığı konumda tekil temel tarafından tamamen çevrelenmiş olması gerekir.

Tekil Temel Ekle komutu seçildiğinde, tekil temelin nasıl ekleneceği hakkında kısa bilgi veren bir bilgilendirme mesajı görüntülenir.



Tekil Temelleri Ekleme Ekranı

Yapı Modelleyicisinde Tekil Temellerin eklenmesi hakkındaki kapsamlı bir açıklama için Hata! Referans kaynağı bulunamadı.

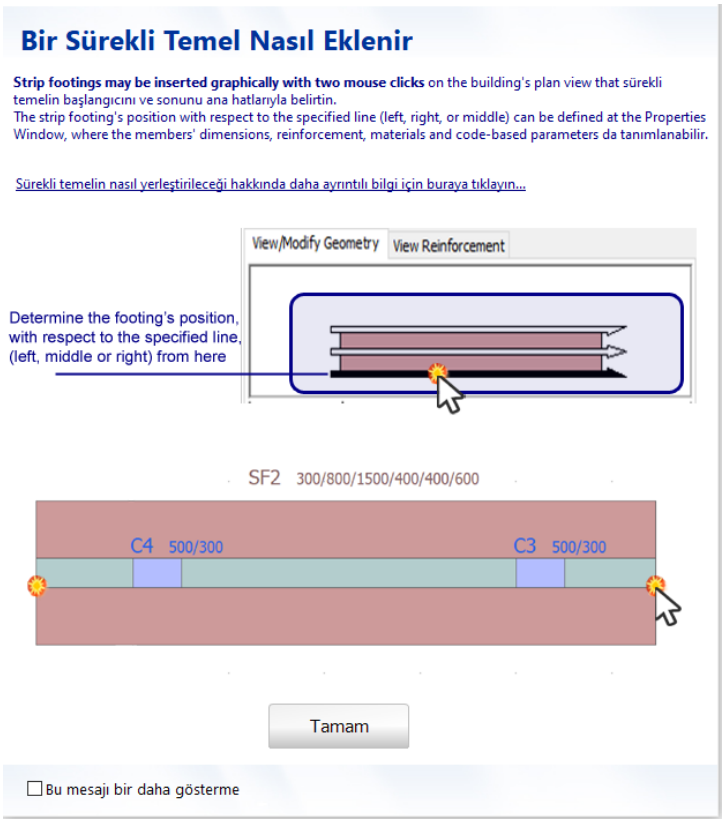
Şerit Temeller

Şerit temeller ilgili araç çubuğu  düğmesine tıklanarak eklenebilir. Aşağıdaki özelliklerin açıkça tanımlanabileceği şerit temellerin Özellikler Penceresi görünecektir:

(i) Geometri, yani boyutlar (yükseklik ve genişlik)
(ii) Malzemeler
(iii) Yükleme
(iv) Gelişmiş Modelleme, gelişmiş eleman özelliklerini ve modelleme parametrelerini içerir

Şerit temel elemanları, halihazırda yerleştirilmiş bir kolonun şerit temel tarafından tamamen çevrelenmesi koşuluyla, iki mouse tıklamasıyla projeye eklenebilir.

Bir şerit temel yerleştir komutu seçildiğinde, bir şerit temelin nasıl yerleştirileceğine dair kısa bilgi veren bir bilgilendirme mesajı görüntülenir.



Şerit Temel Nasıl Eklenir Ekranı

Yapı Modelleyicisinde Şerit Temellerin eklenmesi hakkındaki kapsamlı bir açıklama için Hata! Referans kaynağı bulunamadı.

Bağlantı Kirişleri

Bağlantı kirişleri ilgili araç çubuğu  düğmesine tıklanarak eklenebilir. Aşağıdaki özelliklerin açıkça tanımlanabileceği bağlantı kirişlerinin Özellikler Penceresi görünecektir:

(i) Geometri, yani boyutlar (yükseklik ve genişlik)

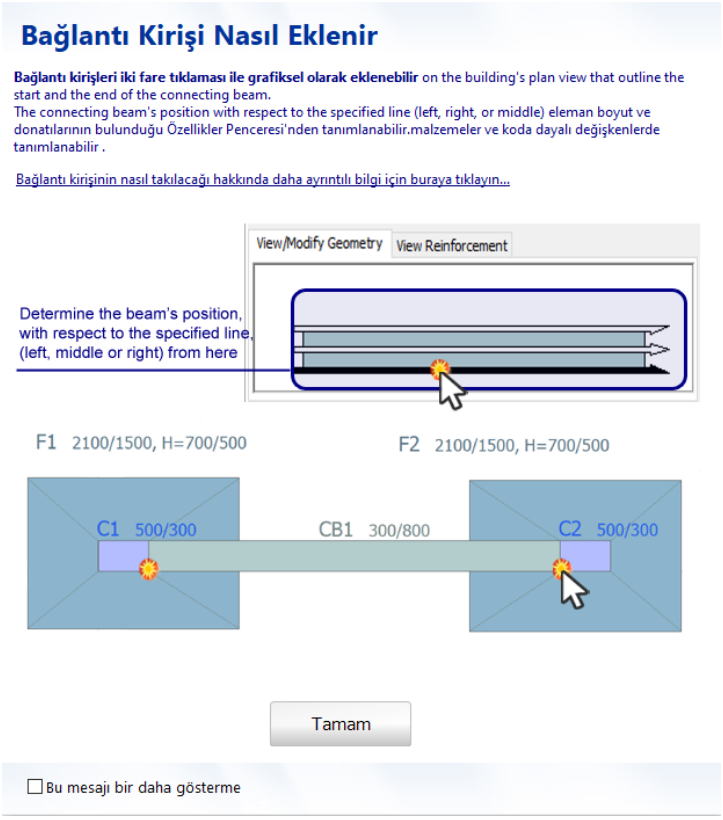
(ii) Malzemeler

(iii) Yükleme

(iv) Gelişmiş Modelleme, gelişmiş eleman özelliklerini ve modelleme parametrelerini içerir

Bağlantı kirişleri iki mouse tıklamasıyla projeye eklenebilir.

Bağlantı kirişi ekle komutu seçildiğinde, tek bir temelin nasıl ekleneceği hakkında kısa bilgi veren bir bilgilendirme mesajı görüntülenir.



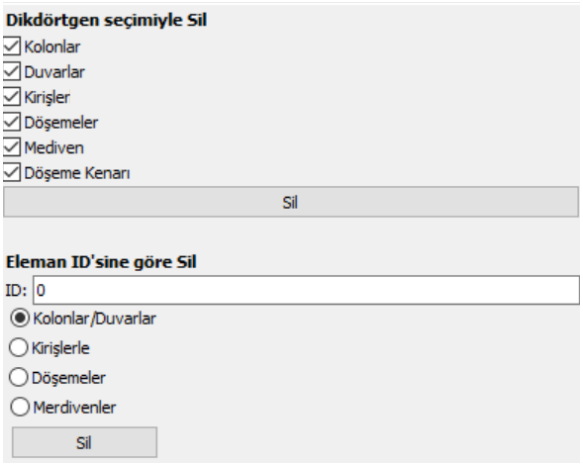
Bağlantı Kirişleri Nasıl Eklenir Ekranı

Yapı Modelleyicisinde Bağlantı Kirişlerin eklenmesi hakkındaki kapsamlı bir açıklama için Hata! Referans kaynağı bulunamadı.

Elemanların Düzenlenmesi

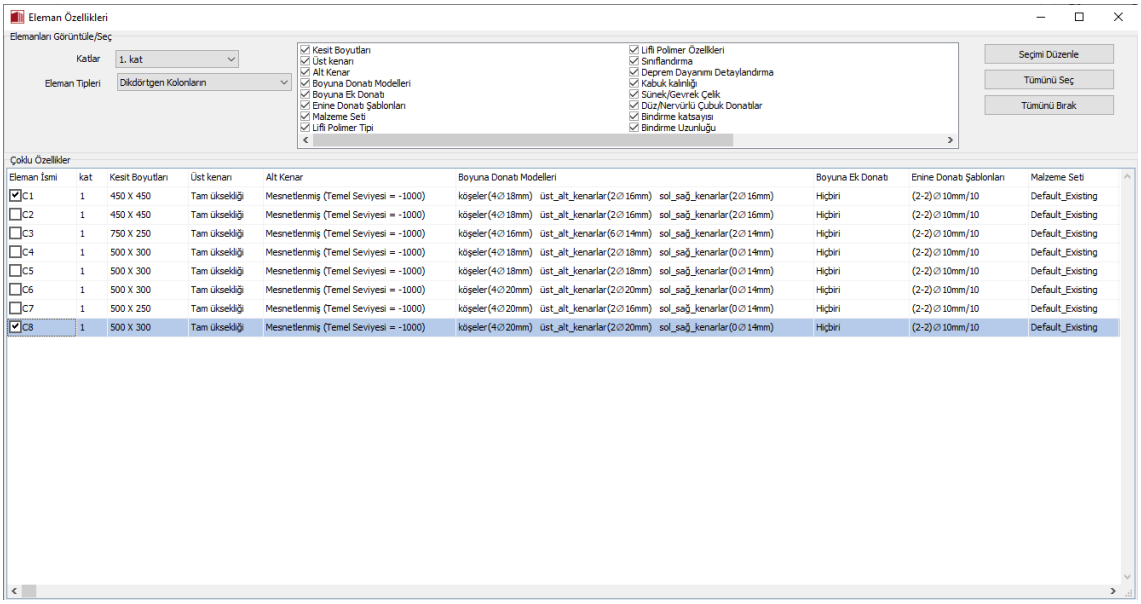
Ana menü (*Araçlar>...*) veya ilgili araç çubuğu ( ) üzerinden ulaşılabilen düzenleme araçları yoluyla kullanıcılar elemanları seçebilir, özelliklerini görüntüleyebilir veya değiştirebilir. Ayrıca, ilgili elemanın yerini değiştirebilir ( ), plan görüntüsünde döndürebilir( ) veya silebilir ( ).

Elemanları silmek (kaldırmak) için birden çok yol mevcuttur: (i) eleman üzerine tıklandıktan sonra Sil düğmesinin kullanımı, (ii) ismi kullanılarak çağrıldıktan sonra Sil düğmesinin kullanımı, (iii) Ana Pencere içerisinde dikdörtgen bir alanda seçildikten sonra Sil düğmesinin kullanımı.



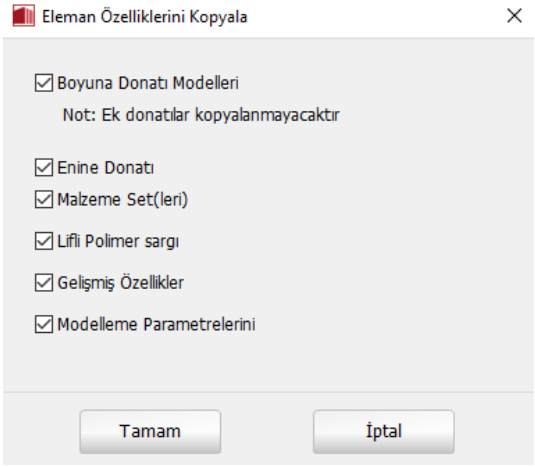
Elemanların silinmesi penceresi

Yapısal elemanların çoklu düzenleme seçeneğine ana menüden (*Araçlar>Eleman Özelliklerini Görüntüle / Değiştir*) veya ilgili araç çubuğu düğmesinden ulaşılabilir. Kullanıcılar, aynı eleman türünün birden çok üyesini seçebilir ve özelliklerini aynı anda değiştirebilir.



Eleman Özelliklerini Görüntüle / Değiştir penceresi

Bir elemanın özellikleri, ana menü (*Araçlar>Eleman Özelliklerini Kopyala*) veya ilgili araç çubuğu düğmesi aracılığıyla diğerlerine de uygulanabilir. Eleman seçiminden sonra kopyalanacak olan özelliklerin listesini içeren bir pencere açılır. Kullanıcılar, özelliklerini değiştirmek için bir elemana tıklamalıdır. Bu işlem yoluyla ek donatılar kopyalanamaz.

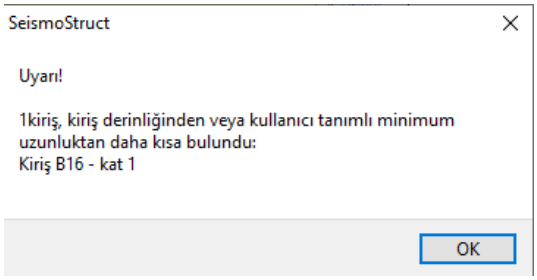


Eleman Özelliklerini Kopyala penceresi

Ayrıca, belirli bir yapısal elemanın tekrar numaralandırılması seçeneği de mevcuttur; bu seçeneğe ana menü (*Araçlar > Elemanları Tekrar Numaralandır*) veya ilgili araç çubuğu düğmesi ( ) yoluyla erişilebilir. Seçili elemana istenen numaranın atanmasının ardından kalan elemanların numaralandırmaları da buna bağlı olarak değiştirilir.

Yapı modelinin oluşturulmasının ardından, istem dışı ve görsel nedenlere (ör: kirişin kenarının uçta bulunan kolon kenarını hafifçe aşması) dayalı olarak bir veya daha fazla çok kısa kirişin oluşturulmasına

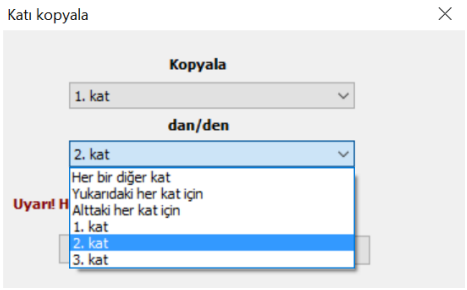
sıklıkla karşılaşılmaktadır. Bu nedenden ötürü, ana menü (*Araçlar >Bağlantıları Teyit Et*) veya alakalı araç çubuğu düğmesi ( ) üzerinden ulaşılabilen bir kontrol gerçekleştirilmelidir. Gerçekleştirilen bu kontrol herhangi bir kirişin serbest açıklığının yüksekliğinden kısa olup olmadığını arar. Böyle bir kiriş elemanının bulunması durumunda bir mesaj belirir.



Bağlantıların teyit edilmesi

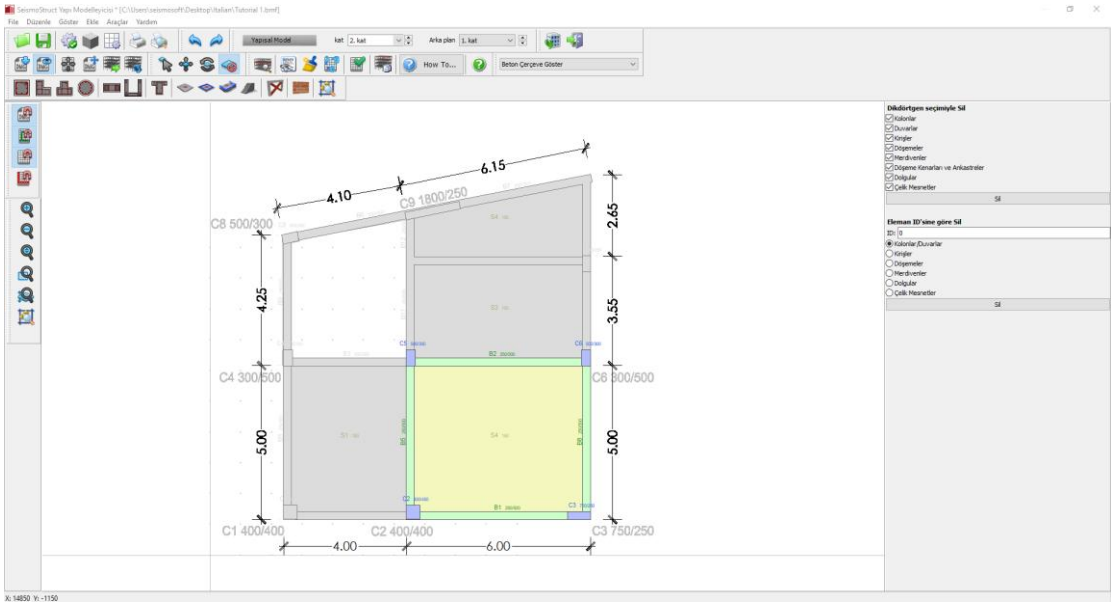
Yeni katların oluşturulması

Yeni katları mevcut olanlardan otomatik olarak türetmeseçeneğineyse ana menüden (*Araçlar > Katı Kopyala...*) veya ilgili araç çubuğu düğmesinden ulaşılabilir .



Katı kopyala

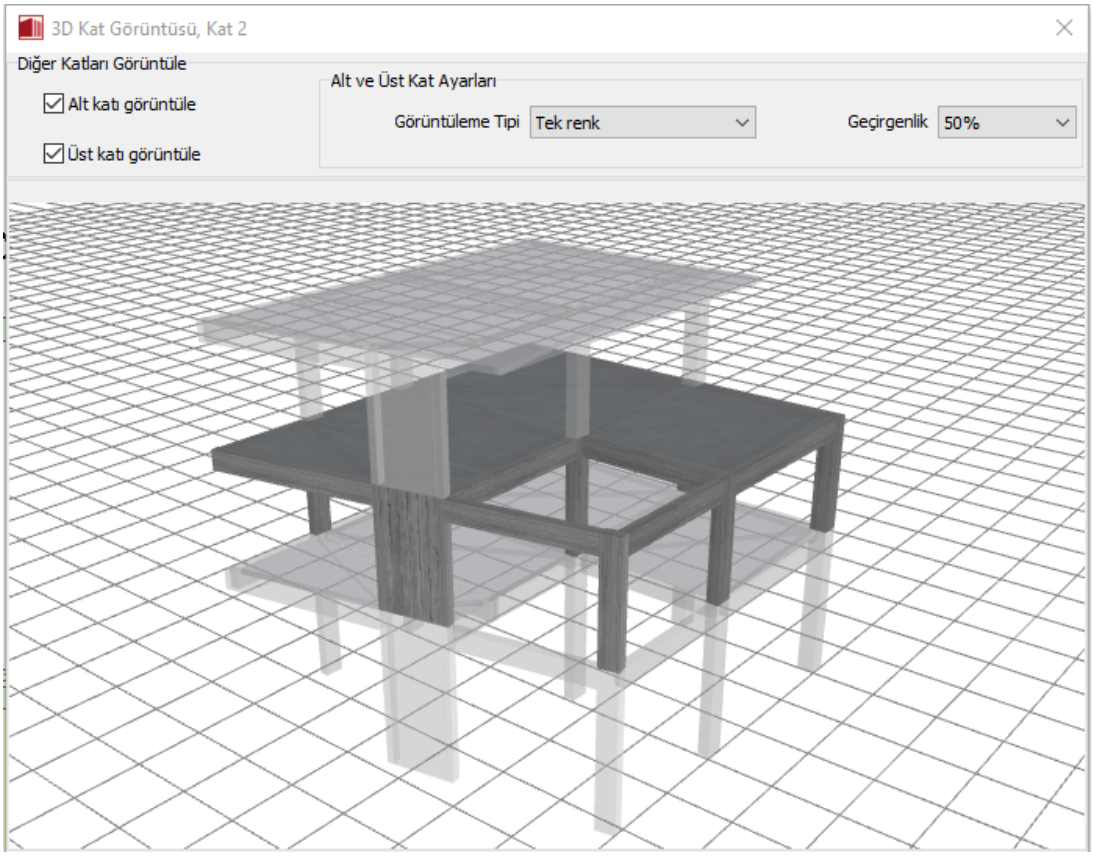
Kullanıcılar, mevcut katı arkaplanda tutarak, yeni kattaki elemanları kolaylıkla tanımlayabilirler.



Yeni Kat & Arka plan

3D Kat Modelini Görüntüle

Mevcut kattaki 3D model görüntüleme ana menü aracılığıyla(*Görüntüle> 3D Kat Modeli...*) veya ilgili araç çubuğu butonu( )ile yapılır.

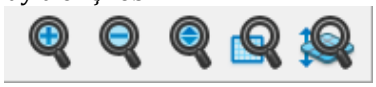


Kata ait 3D görünüm

Yapı Modelleyecisinin diğer işlevleri

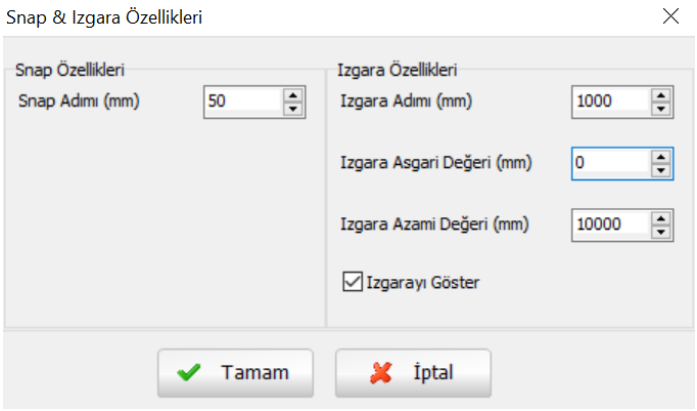
Yapı Modelleyicisi yapısal düzenin tanımlanabilmesi için bir seri araç sunmaktadır:

- Farklı yaklaştırma seçenekleri (Yaklaştır, uzaklaştır, dinamik yaklaştır, pencereye yaklaştır, tümünü yaklaştır ve elemana yaklaştır). Bu araçlara ana menü üzerinden (*Görüntüle > ...*) veya ilgili araç çubuğu düğmeleri yoluyla erişilebilir.



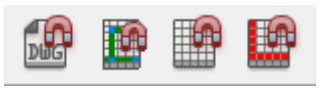
Yaklaştırma araçları

- CAD çiziminin arka plan görüntüsü olarak görüntülenmesi veya saklanması, düğmesiyle çizim yüklendikten sonra ana menü üzerinden (*Görüntüle > DWG'yi Göster/Sakla...*) veya ilgili araç çubuğu düğmesi ( ) yoluyla sağlanabilir.
- Snap (yapışma) araçları CAD çizimine, elemana veya ızgaraya yapışma olanağı sağlar. Izgarayı görünür yapmak veya yapmamanın yanı sıra, ızgara (adım, asgari ve azami değerler) ve snap(yapışma) özellikleri (adım) de Snap ve Izgara Özellikleri iletişim kutusundan menü tarafından(*Görüntüle> Snap &Izgara Özellikleri*) veya ilgili araç çubuğu aracılığıyla ( ) tanımlanabilir.



Snap (yapışma) ve ızgara özellikleri

Ayrıca Orto servisi de mevcuttur, bu servis de kullanıcılara yatay veya dikey doğrultuda eleman tanımlanabilmesini sağlar (çapraza izin vermez). Bu servislere hem ana menü (*Görüntüle >...*) üzerinden hem de ilgili araç çubuğu düğmelerinden ulaşılabilir.



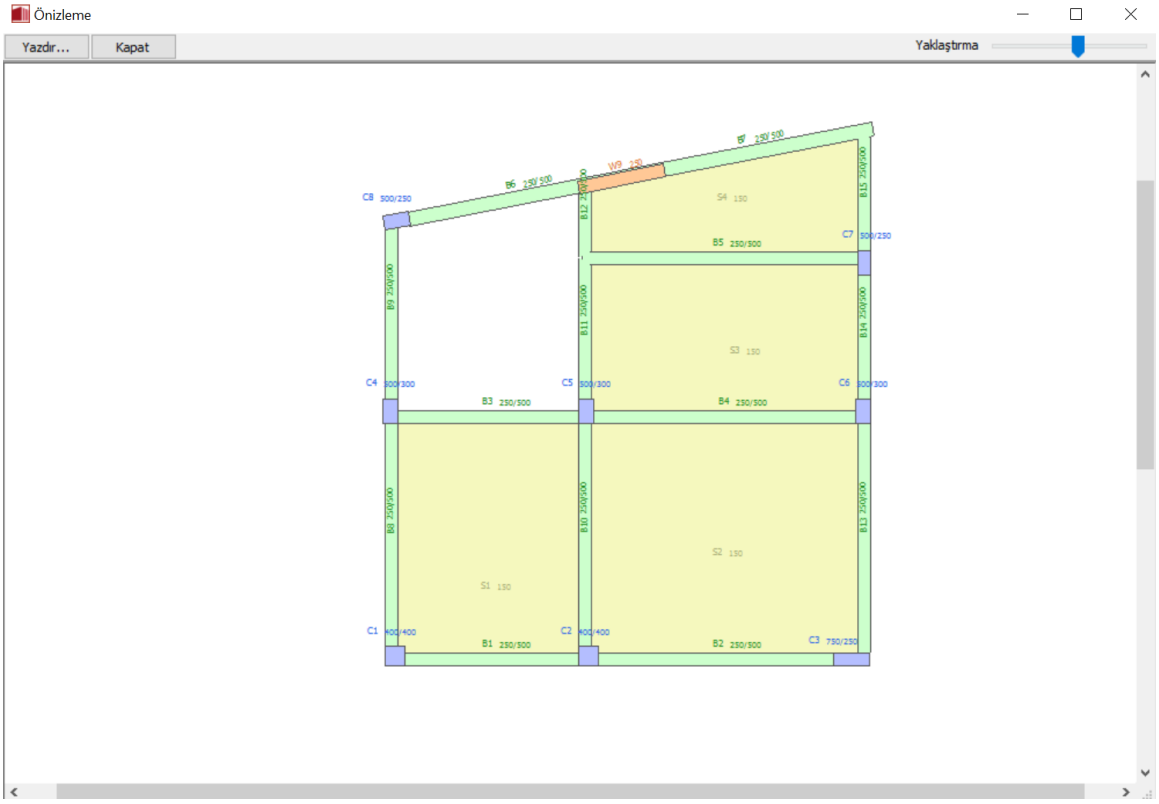
Yapışma ve orto araçları

- Arka plandaki CAD çiziminin orijinini kaydırmak mümkündür. Bu işlem, ana menüden (*Görüntüle > Eksen merkezini hareket ettir*) veya ilgili araç çubuğu düğmesi ( ) yoluyla gerçekleştirilir.



Eksen merkezinin kaydırılması

- Plan görünümündeki bina, ana menüden (Araçlar > Binayı Taşı) veya araç çubuğu düğmesi ( ) aracılığıyla da taşınabilir.
- Binayı plan görünümünde döndürme seçeneği ana menüden (Araçlar > Binayı Döndür) veya araç çubuğu düğmesinden ( ) kullanılabilir.
- Yapılmış olan son işlemleri geri alma ve yineleme seçenekleri ana menüde (*Düzenle >Geri Al*)/(*Düzenle >Yinele*) ve ilgili araç çubuğu düğmeleri ( ) yollarıyla sağlanmaktadır.
- Seçili plan görünüşü, ana menü (*Dosya >Yazdır...&Dosya >Önizleme...*) veya ilgili araç çubuğu düğmeleri (&) yollarıyla yazdırılabilir veya ön izlenebilir.



Yazdırma önizlemesi

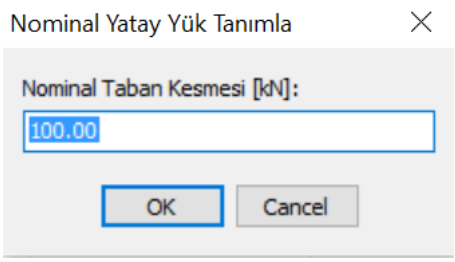
Yapı Modelleyicisi projesinin kaydedilmesi ve yüklenmesi

Yapı Modelleyicisi projesi Yapı Modelleyicisi dosyası (*.bmf uzantılı) olarak kaydedilebilir. Bu işlem ana menü üzerinden (Dosya > Farklı Kaydet ...)/ (*Dosya >Kaydet*) veya ilgili araç çubuğu düğmesi ( ) yoluyla gerçekleştirilebilir. Kaydedilecek dosyanın bir SeismoStruct proje dosyası (.*spf) olmaması nedeninden ötürü yalnızca Yoapı Modelleyicisi tarafından tekrar açılabilir. Yeniden açma işlemi ana menü üzerinden (Dosya > Aç) veya ilgili araç çubuğu düğmesi ( ) yoluyla erişilebilir.

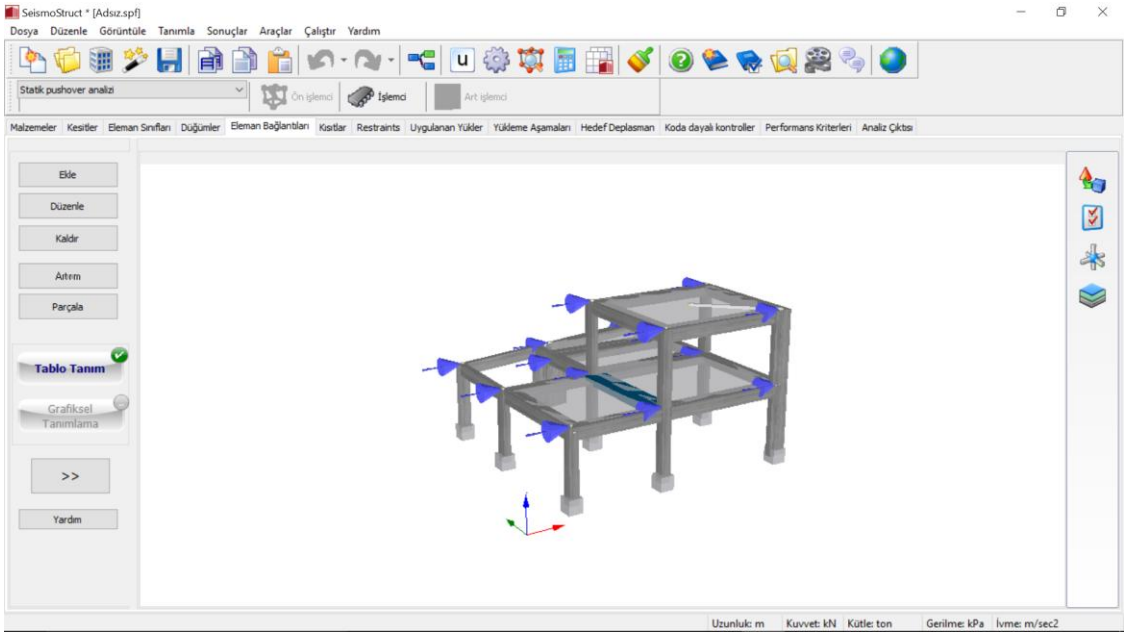
NOT:SeismoBuild projelerine (*.bpf uzantılı) Yapı Modelleyicisi içerisinden, ana menüden veya ilgili araç çubuğu düğmesi ( ) vasıtasıyla ulaşılabilir.

SeismoStruct Projelerinin oluşturulması

SeismoStruct projesi, ana menü komutuna (*Dosya > Çık & Proje Oluştur*) veya ilgili araç çubuğu düğmesine ( ) tıklanması yoluyla oluşturulur.



Statik itme (pushover) analizinde nominal yükün tanımlanması



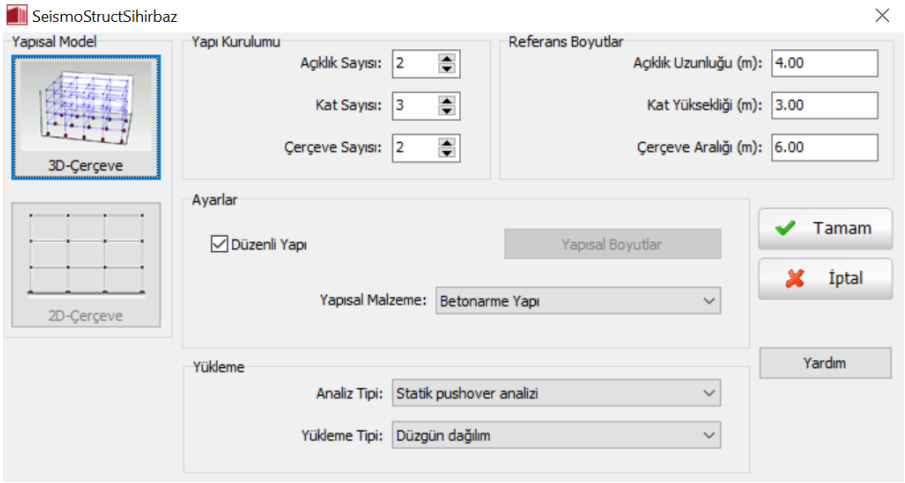
Yeni SeismoStruct modelinin oluşturulması

NOT: Yapı Modelleyicisi'nden SeismoStruct proje dosyası oluşturulurken, yapısal kütle malzemenin özgül ağırlığı ve keside ait ek kütle parametrelerini dikkate alarak hesaplanır. Bunlardan ilki, yapısal elemanlara ait kütleleri tanımlarken, ikincisi döşeme kendi ağırlığı ve üzerindeki kalıcı ve canlı yükleri temsil eder. Bahsi geçen kütleler, ilgili Proje Ayarları seçeneği (Proje Ayarları > Yerçekimi & Kütle; ör: Yükler, yerçekimi ivmesi (g) değerine bağlı olarak kütlelerden elde edilir (YALNIZCA yerçekimi doğrultusunda)) vasıtasıyla yerçekimi yüklerine dönüştürülür.

Yapı Modelleyicisi'nden kaydetmeden çıkıp, SeismoStruct'a geçiş yapabilmek için ana menü komutunu izleyerek (Dosya>Çık) veya ilgili araç çubuğu düğmesini ( ) tıklamak yollarıyla gerçekleştirilebilir.

SİHİRBAZ

SeismoStruct'ta çerçeve/bina modellerini oluşturmayı kolaylaştırmak için, Sihirbaz servisi geliştirilmiş ve programda tanıtılmıştır. Sihirbaz iletişim kutusuna ana menüden (Dosya>Sihirbaz...) veya ilgili araç çubuğu düğmesinden ulaşılır, .



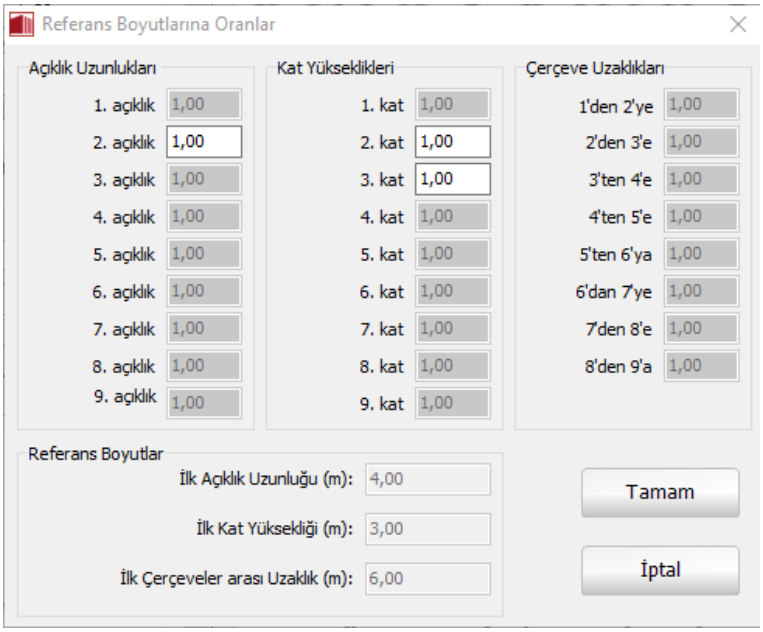
Sihirbaz Servisi penceresi

ÖNEMLİ: Yeni kullanıcılara, bir modeli en kısa zamanda kurmaları, çalıştırmaları ve SeismoStruct'ın proje dosyaları hakkında çabuk bir kavrayışa sahip olmaları için bu hızlı model oluşturma özelliğini kullanmaları şiddetle tavsiye olunur.

Yapı modeli ve kurulumu

Sihirbaz kullanarak bir bina modeli oluşturmak için, kullanıcılar öncelikle 2D veya 3D yapı oluşturacağına karar vermeil ki, daha sonra açıklık, kat ve çerçeve sayıları ile birlikte açıklık uzunluğu, kat yüksekliği ve çerçeve aralığı için referans değerleri atanabilsin.

Eğer yapı düzenliyse (yani bütün açıklıklar aynı uzunlukta, bütün katlar aynı yükseklikte ve tüm çerçeveler eşit aralıklıysa), o zaman referans değerler 'gerçek değer' olur. Diğer taraftan, eğer yapı geometric olarak düzensizse, o zaman *Düzenli Yapı* seçeneği kaldırılmalıdır. Böylece kullanıcı, gerçek açıklık uzunluğu, kat yüksekliği ve çerçeve aralığı değerinin tanımladığı *Yapısal Boyutlar* iletişim kutusuna ulaşabilir. Varsayılan olarak referans boyutlar kabul edilir.



Yapısal boyutlar iletişim kutusu

Ayarlar

Yapısal geometriyi tanımladıktan sonra, kullanıcıların yapısal sistemi betonarme veya çelik yapı olarak seçmeleri gerekmektedir. *Sihirbaz*, yapıyı kuvvete dayalı elastik olmayan plastik mafsal çerçeve eleman tipini (infrmFBPH) kullanarak modeller.

NOT: Eğer kullanıcı infrmFBPH yerine diğer inelastik çerçeve elemanlarını (infrmFB, infrmDBPH, infrmDB) tercih etmek isterse, model oluşturulduktan sonra Eleman Sınıfları iletişim kutusundan el ile değiştirebilir.

Sihirbaz özelliğiyle oluşturulan her bir çerçeve elemanı 'yapısal' düğüm noktaları tarafından tanımlanır. Bu düğüm noktalarının adları otomatik olarak n111-x1 adlandırma kuralıyla oluşturulur: kolon-kiriş birleşimlerindeki tüm düğüm noktalarının (elemanlar ve düğüm noktaları) "n"+i+j+k isim biçimi vardır; burada i: kat sayısı (alttan/temelden başlayarak), j: kolon sayısı (soldan başlayarak),ve k: çerçeve sayısı (önden başlayarak).Örneğin; n123, modelin sol kolonu üzerinde (i=1), ikinci çerçevedeki (j=2), üçüncü

kattaki (k=3) düğüm noktasıdır.Kullanıcılar, düğüm tanımlamaları hakkında daha ayrıntılı bir bilgiye sahip olabilmek için *Düğümler* adlı paragrafa göz atmalıdırlar.

Sihirbaz servisi kullanılarak oluşturulan çerçeve elemanlarının duruşu (duruş pozisyonu) otomatik olarak bir döndürme açısıyla tanımlanır (varsayılan değer=0). Kullanıcılar, eleman konumu ile ilgili daha fazla detaylı bilgiye sahip olabilmek için *Global ve Lokal Eksen Sistemleri*'ne başvurabilirler.

Yüklemeler

Son olarak, yapıya uygulanacak yükler ve mesnetlenme koşullarına bağlı olarak SeismoStruct'ta bulunan sekiz Analiz Tipi'nden biri seçilmelidir:

- Özdeğer analizi. Yapı zati ağırlığı hesaba katılır. Başka yük uygulanmaz.
- Değişken olmayan yüklerle statik analiz. *Yerçekimine bağlı kalıcı yükler* uygulanır.
- Statik pushover (itme) analizi.Yerçekimine bağlı kalıcı yüklere ek olarak, her bir kat seviyesinde yatay yüklerden oluşan artımsal yükler de yapıya x-yönünde uygulanır. Kullanıcının iki alternatif yük dağılımı arasından (üçgen veya dikdörtgen) birini seçme ve nominal taban kesme kuvveti (genellikle yapının beklenen taban kesme kapasitesi değeri kullanılır ama herhangi başka değer de olabilir) tanımlama olanağı vardır. İtme analizi yükleme özellikleri üzerinde daha fazla bilgi için *Yükleme Aşamaları (Ön İşlemci > Uygulanan Yükler > Yükleme Aşamaları)* bölümüne bakınız.
- Adaptif statik itme analizi. Yerçekimine bağlı kalıcı yüklere ek olarak, her bir kat seviyesinde yatay yüklerden oluşan artımsal yükler de x-yönünde yapıya uygulanır. Yük dağılımı program tarafından otomatik olarak uyarlandığından, kullanıcının sadece itme işlemi boyunca referans değeri olarak kullanılan nominal yer değiştirme yükünü tanımlaması gereklidir. Bu analiz tipi hakkında daha detaylı bilgi için Adaptif İtme Parametreleri (*Ön İşlemci > Uygulanan Yükler > Adaptif İtme Parametreleri*) bölümüne bakınız.
- Statik zaman tanım alanı analizi. Yerçekimine bağlı kalıcı yüklere ek olarak, binanın sol üst köşe düğüm noktasına, x-yönünde *Statik Zaman Tanım alanı Yükleri* uygulanır. Kullanıcıdan *zaman-tanım alanı eğrisi* (her koşulda önceden tanımlı standart bir eğri) ve ilgili *eğri çarpanını* tanımlaması istenir.
- Dinamik zaman tanım alanı analizi. Yerçekimine bağlı kalıcı yüklere ek olarak, yapının temel düğüm noktalarına x-yönünde *Dinamik Zaman Tanım alanı Yükleri* uygulanır. Kullanıcıdan bir *zaman tanım alanı eğrisi* (bu genellikle ivme kaydıdır) ve *eğri çarpanı* tanımlaması istenir. Programla birlikte, örnek teşkil etmesi amacıyla, bir seri ivme kaydı da yüklenmektedir, *Dosya Seç* yardımuyla bulunabilir.
- Artımsal dinamik analiz. Yerçekimine bağlı kalıcı yüklere ek olarak, yapının temel düğüm noktalarına x-yönünde *Dinamik Zaman Tanım alanı Yükleri* uygulanır. Kullanıcıdan ilk olarak artımsal ölçeklendirme faktörlerini (bkz: IDA parametreleri) tanımlaması ve daha sonra *zaman tanım alanı eğrisi* (genellikle ivme kaydı) ve *eğri çarpanı*nı tanımlaması istenir. Programla birlikte bir dizi örnek zaman ranım alanı eğrisi önceden yüklenmiştir ve *Dosya Seç* komutuyla içeri aktarılabilir.
- Tepki spektrumu analizi. Yerçekimine bağlı kalıcı yüklere ek olarak, mod şekline bağlı olarak her bir kat seviyesine statik yükler uygulanır. Yük dağılımı program tarafından otomatik olarak hesaplanacağından ötürü, kullanıcılar yalnızca tepki spektrumunu ve yük kombinasyonlarını tanımlamalıdır. Kullanıcı tanımlı bir spektrum yüklenebilir ya da programla birlikte yüklenmiş olan (gerçek ve suni) ivme kayıtlarına bağlı bir spektrum da kullanılabilir.
- Burkulma analizi: Kalıcı yerçekimi yükleri uygulanır.

NOT 1: Bina modellerini oluştururken, Sihirbaz özelliği sık karşılaşılan kesit boyutları ve detaylandırmalarıyla birlikte standart malzeme özelliklerini kullanır. Elbette, modelin tamamlanmasından sonra, kullanıcı bu girdi niceliklerini, analiz etmek istediği gerçek yapının özelliklerini daha iyi temsil edebilecek şekilde değiştirebilir.

NOT 2: Sihirbaz ile oluşturulabilecek en büyük bina boyutları 8 açıklık x 8 kat x 9 çerçevedir (daha büyük modeller için otomatik adlandırmada sorun yaşanabilir). Daha büyük modeller oluşturmak isteyen kullanıcılar, düğüm, eleman, kısıt ve yükler için *Artırım* özelliklerini kullanabilirler.

NOT 3: 4'den fazla parçaya bölünmüş yapı elemanlarını tanımlamak için model elemn başına 1,2,4 parçalı olacak şekilde *Sihirbaz* ile oluşturabilir ve daha sonra *Elemanı Parçalarına Bölme* özelliğini kullanarak bunu kolaylıkla gerçekleştirebilirler.

NOT 4: *Sihirbaz* özelliği, itme analizi durumunda Hedef Deplasman hesabını otomatik olarak başlatır. Tanımları hakkında daha ayrıntılı bir bilgiye Hedef Deplasman kısmından ulaşılabilir.

NOT 5: *Sihirbaz* özelliği, Kodadayalı Kontrolleri otomatik olarak oluşturur.Tanımları hakkında daha ayrıntılı bir bilgiye Koda dayalı Kontroller'den ulaşılabilir.

NOT 6: *Sihirbaz* özelliği, PerformansKriterlerini otomatik olarak oluşturur.Tanımları hakkında daha ayrıntılı bir bilgiye Performans Kriterleri'nden ulaşılabilir.

SeismoStruct Projelerinin XML dosyası olarak İçe veya Dışa aktarılması

Bir SeismoStruct projesi, ana menüden (*Dosya>XML dosyasına aktar*) XML dosyası biçiminde dışa aktarılabilir. Bu seçenek seçildiğinde, XML dosyasının adı ve konumunun tanımlanması için yeni bir pencere açılır. Dışa aktarılan XML dosyası, Ön İşlemci'deki SeismoStruct projesi için tanımlanan tüm bilgileri, her bir düğüm tarafından taşınan bilgilere göre yetkilendirilmiş düğümler şeklinde organize edilmiş olarak içerecektir. Bir SeismoStruct projesinin bilgilerini içeren bir XML dosyası, ana menüden (Dosya> XML dosyasından içe aktar) SeismoStruct'a yüklenebilirken, XML dosyasında bulunan ve projenin çeşitli ayarlarını tanımlayan bilgiler doğrudan XML dosyasından değiştirilebilir.

Ön İşlemci

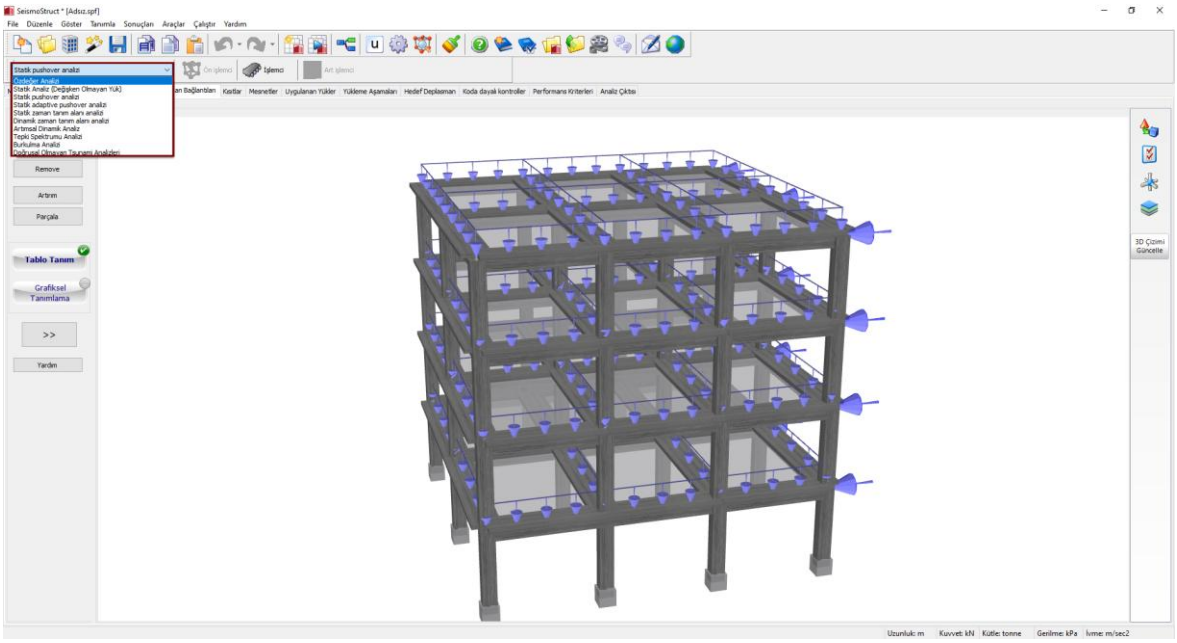
ÖNEMLİ: Yeni bir SeismoStruct projesine başlamadan önce, genellikle bir analiz tipinin seçilmesi daha uygun olacaktır.

ANALİZ TİPLERİ

Şu anda SeismoStruct'ta on analiz tipi bulunmaktadır:

- Özdeğer (Eigenvalue) analizi
- Statik analiz (değişken olmayan yükleme)
- Statik itme analizi
- Statik adaptif itme analizi
- Statik zaman-tanım alanı analizi
- Dinamik zaman-tanım alanı analizi
- Artımsal dinamik analiz (ingilizce kısaltma: IDA)
- Tepki spektrumu analizi (ingilizce kısaltma: RSA)
- Burkulma analizi
- Doğrusal Olmayan Tsunami Analizi

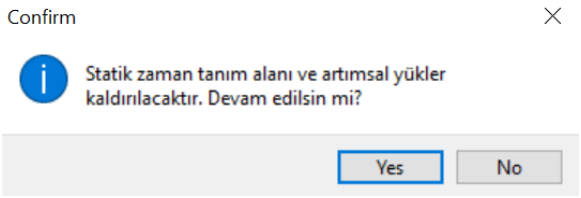
Bunlar, **Ön İşlemci** penceresinin sol üst köşesinde bulunan aşağı çekilen menüden seçilebilir (bkz. alttaki resim):



Analiz Tipinin Seçilmesi

Farklı analizler eşit ölçüde değişik modelleme gereksinimleri gösterirler (aşağıdaki paragraflara bakın). Sonuç olarak, çerçeve elemanları (elastik ve elastik olmayan) ve bağlantı elemanları tüm analiz tipleri için kullanılabilirken; kütle elemanları (lmass ve dmass) statik analizde gerekli değildir (statik adaptif itme analizi hariç) ve sadece dinamik, özdeğer ve adaptif itme analizinde kullanılabilir. Ayrıca, sönümleme elemanları (dashpt) sadece dinamik analizde gereklidir. Analiz tipi değiştiğinde, program

var olan modele otomatik olarak gerekli değişimleri uygulama girişiminde bulunur. Örneğin, hali hazırda oluşturulmuş bir dinamik analiz projesinde, analiz tipi statik itme analizine değiştirilse, SeismoStruct otomatik olarak kütle ve sönümleme elemanları kaldıracaktır.



Uyarı mesajı

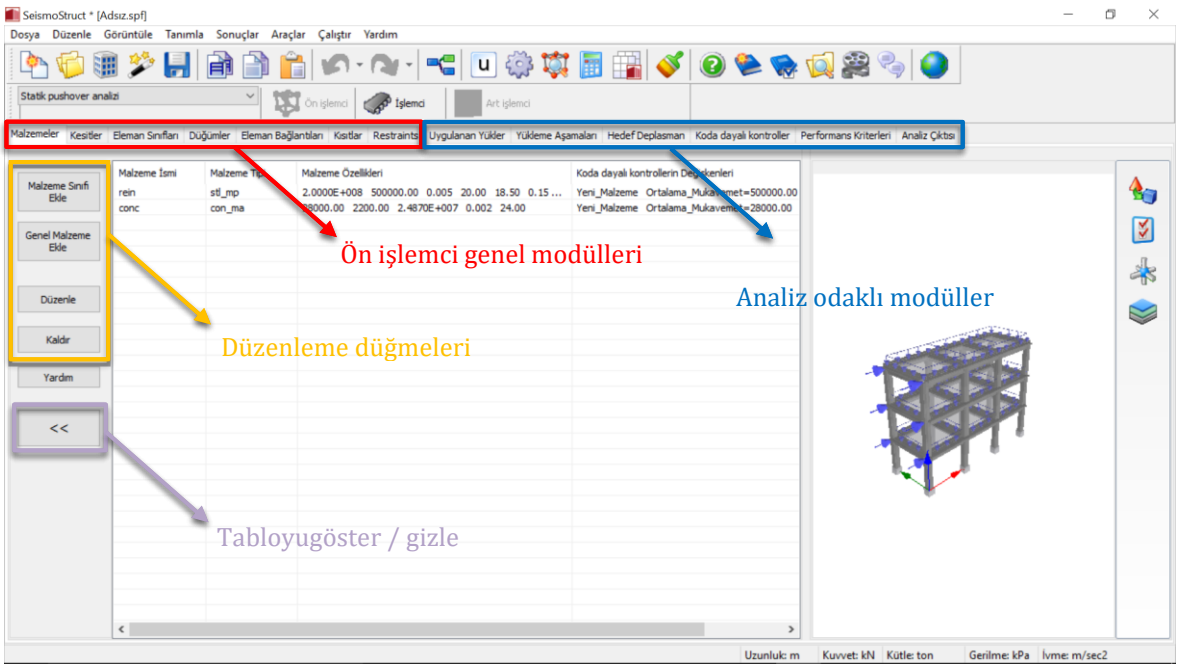
Ek olarak, farklı analizlerde aynı derecede farklı yük tipleri kullanılır (bkz. *Ön İşlemci>Yükleme>Uygulanan Yükler* içerisinde Uygulanan Yükler paragrafı).

Analiz tipleri hakkında daha aderin bilgiye sahip olmak için Ek B – Analiz Tipleri'ne başvurunuz.

ÖN İŞLEMCİ ALANI

SeismoStruct projeleri **Ön işlemci** kısmında oluşturulur. Ön işlemci, yapısal modelin ve yüklerin tanımlanmasına yardımcı olacak modüller içerir. Bu modüller, *genel kategoriler* olarak ayrılır (**Malzemeler, Kesitler, Eleman Sınıfları, Düğümler, Eleman Bağlantıları, Mesnetler, Kısıtlar, Çıktı**); genel kategori modülleri tüm analiz tipleri için ortaktır. Diğer taraftan seçilen *analiz tipine özel* modüller (*Zaman Tanım Alanı Analiz Eğrileri, Etkiyen Yükler, Yükleme Sırası, Adaptif Parametreler, IDA Parameteri*) de mevcuttur (örn: **Koda dayalı Kontroller** ve **Performans Kriteri** modülleri Özdeğer analizi haricinde bütün analiz tipleri için görünürken, **Adaptif Parametreler** modülü, yalnızca kullanıcının *Statik Adaptif İtme Analizi*'ni seçmesi durumunda belirir).

Bahsi geçen her modülde; üç boyutlu modeli 'tüm ekran'da görüntüleyebilmek için, data giriş tablosunu ilintili butonu yoluyla saklamak mümkündür (aşağıda gösterilmektedir).



Ön İşlemci Modülleri

ÖNEMLİ: Analizleri çalıştırmak için gerekli olan girdilere ait tüm bilgiler (ör: yapısal model, yükleme dağılımı, çıktı ayalarları, vb.) metin tabanlı (*.spf uzantılı) SeismoStruct Proje Dosyası'na kaydedilir. İlgili dosya üzerine çift tıklanması durumunda, SeismoStruct ön işlemci kısmında açılır

BİRİM SEÇİCİSİ

SeismoStruct'da hem SI hem de İngiliz (Emperyal) birim sistemi dörder farklı kombinasyonlarıyla kullanılabilmektedir. Kullanıcılar, iki temel bağımsız birim olan Uzunluk ve Kuvvet birimlerini diledikleri gibi seçebilir, SeismoStruct da kalan birimleri (Kütle, Gerilme, İvme, vb.) tutarlı olarak hesaplar. Birim sisteminin ayarlanması Birim Sistemi Seçicisi iletişim kutusu aracılığıyla yapılır. Birim Seçicisi iletişim kutusuna ana menüden (*Araçlar> Birim Seçicisi*) veya ilgili araç çubuğu butonu (düğmesi) yoluyla erişilebilir  .

Aşağıda SeismoStruct tarafından kullanılan birim sistemlerinin bir özetini bulabilirsiniz. Dönme değerleri hep radyan cinsindendir.

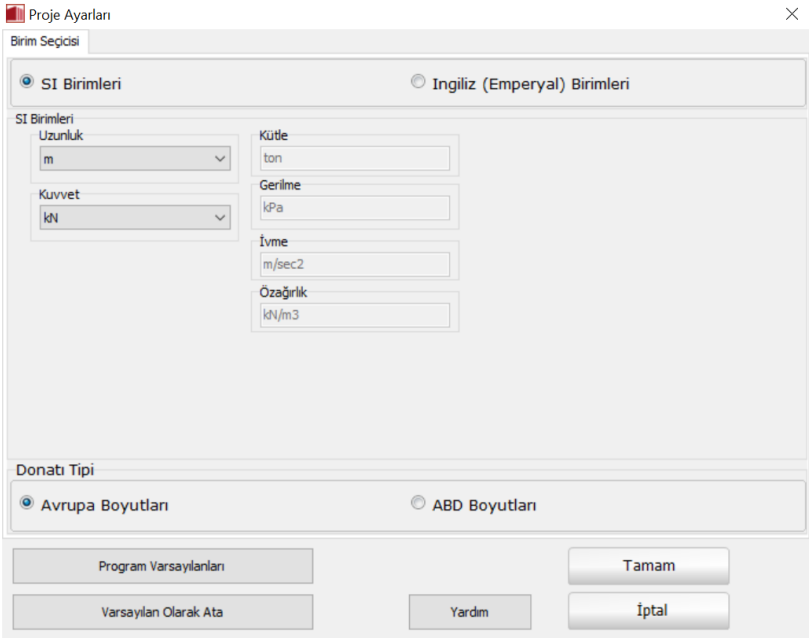
SI Birimleri

Uzunluk	Kuvvet	Kütle	Gerilme	İvme	Özağırlık
mm	N	ton	MPa	(9807) mm/s2	N/mm3
mm	kN	kton	GPa	(9807) mm/s2	kN/mm3
m	N	kg	Pa	(9.81) m/s2	N/m3
m	kN	ton	kPa	(9.81) m/s2	kN/m3

Emperyal (İngiliz Birimleri)

Uzunluk	Kuvvet	Kütle	Gerilme	İvme	Özağırlık
in	lb	lb*sec2/in	psi	(386.1) in/sec2	lb/in3
in	kip	kip*sec2/in	ksi	(386.1) in/sec2	kip/in3
ft	lb	lb*sec2/ft	psf	(32.17) ft/sec2	lb/ft3
ft	kip	kip*sec2/ft	ksf	(32.17) ft/sec2	kip/ft3

Ayrıca, Avrupa ve Amerikan olmak üzere iki farklı çubuk donatı tipolojisi kullanılabilir. Herhangi bir birim (SI veya İngiliz) ve çubuk donatı tipi (Avrupa veya Amerikan) kombinasyonunun kullanılabileceği belirtilmelidir. Örneğin . Latin Amerika ülkelerinde olduğu gibi SI birimlerini Amerikan çubuk donatısı ile kullanmak mümkündür.



Birim Seçicisi sekmesi penceresi

DÜZENLEME

Kullanıcıların yapısal modeli oluşturmaya başlamadan önce danışmasının tavsiye edildiği, tüm ön işlemci modüllerinde geçerli olan ortak bir set düzenleme kuralları ve seçenekleri aşağıda açıklanmaktadır.

Düzenleme fonksiyonları

SeismoStruct modüllerinin büyük bir kısmı tüm tanımlı parametrelerin kayıtlı tutulduğu ve gösterildiği spreadsheet (tablo) formatındadır. Bu modüllerdeki tabloların içerisinde saklanan bilgiler, aşağıda belirtilen araçlarla düzenlenebilir:

Yeni tanımlamaların eklenmesi

Kullanıcılar *Ekle* butonuna bastığı zaman, eklenecek model tanımlamasının özelliklerini (malzeme, kesit, düğüm, yükleme, vb.) gösteren bir iletişim kutusu ortaya çıkar. Ortaya çıkan bu özellikler, iletişim kutusu üzerinden eksiksiz olarak tanımlanabilir. İletişim kutusu yardım için tanımlayıcı metinler içerdiğinden dolayı bahsi geçen tanımlama işlemi kolaydır.

Birden fazla düğüme belirli bir mesnet veya yükleme durumu tanımlayabilmek için çoklu seçim modu kullanıma açıktır (*Ctrl* veya *Shift* tuşlarını kullanarak). Çoklu tanımlamayı yapabilmek için önce çoklu seçim tamamlanmalı daha sonra *Ekle* iletişim kutusunu açılmalıdır. Ek olarak, içerisinde birçok girdinin bulunduğu tıklayınca açılan listelerde (ing: *drop-down list*), belirli bir öğeye daha rahat ve daha hızlı ulaşabilmek için aranan öğenin tanımlayıcısı da yazılabilir.

NOT: Modül girdilerinin (malzeme, kesit, düğüm, yükleme, vb.) tanımlayıcıları (isimleri) en fazla 32 karaketer uzunluğunda olabilir ve boşluk elemanı, #, &, veya herhangi bir noktalama işaretini (ör: "." "," vb.) içeremezler.

Tanımlı girdilerin tekrar düzenlenmesi

Daha önce tanımlanmış olan girdilerin kontrolü veya değiştirilmesi gereken durumlarda, kullanıcılar *Düzenle* servisinden yararlanabilir. *Düzenle* servisinden yararlanabilmek için düzeltilmesi istenen

girdinin üzerine fareyle çift tıklanmalı, *Düzenle iletişim kutusu* açılmalı ve gerekli değişiklikler uygulanmalıdır. Daha önce bahsedilen, çoklu seçim ve tanımlama opsiyonu düzenleme aşamasında da geçerlidir, herhangi bir parametre birden çok düğüm, eleman, mesnet veya yükleme durumlarında değiştirilebilir.

NOT: Düğümler, ElemanBağlantısı, Mesnetler ve Uygulanan Yükler modüllerinde, *Ctrl* ve*Shift*tuşlarını kullanarak, birden fazla öğe aynı anda seçilebilir ve bazı özellikler değiştirilebilir. Örneğin, kullanıcı, sadece bir hareket ile, çeşitli düğümler içerisine aynı X kordinatını veya çeşitli çerçeve elemanlarının yerel eksenleri için aynı döndürme açısını atayabilir.

Kullanılmayan girdilerin kaldırılması

Kullanıcılar bir veya birden daha fazla öğeyi seçip, *Kaldır* butonuna tıklayarak veya klavyede bulunan *Delete* (*Del*) tuşuna basarak kaldırabilir.

Tablo halindeki girdilerin sıralanması

Herhangi bir modüldeki bulunan kolon başlıklarına fareyle tıklanması, kullanıcılara tıklanan kolonu artan (tek tık) veya azalan (çift tık) şeklinde sıralama seçeneği sunmaktadır. Örneğin; kesit adları kolonunun başlığına tıklanırsa, SeismoStruct bütün kesitleri alfabetik sıraya göre dizer; eğer düğüm x-koordinatları başlığına tıklanırsa, SeismoStruct bütün düğümleri x-koordinatlarına göre dizer. İlgili modüllerde, düğüm ve eleman tablolarına sağ tıklanması durumunda bu tablolar isim veya numaralarına göre sıralabilir.

Varsayılan ayar olarak, eğer tablo girdileri nümerik (ör: 100) veya kelime+nümerik (ör: nod20) formatlarındaysa, cebirsel (algebraic) sıralama yapılır. Eğer, sadece kelimeyse (ör: kiriş_A), alfabetik sıralama yapılır. Bu varsayılan sıralama seçeneği, Düzenle'den veya belıren tablo menüleri yoluyla *İsme Göre Diz* veya *Sayıya Göre Diz* komutlarıyla değiştirilebilir.

NOT: Girdi sıralanması tüm programda geçerli olan bir özelliktir. Model komponentlerinin (düğüm, eleman, kesit, vb.) ilgili modüllerinde sıralanması durumunda, sıralanan girdiler bütün iletişim kutularında da sıralanır. Örneğin, kullanıcının düğümlere alfabetik sıralama yapması durumunda, düğümler listeli olduları bütün açılan menülerde de alfabetik sıralı durumda olacaklardır.

Tablo girdilerinin kopyalanıp yapıştırılması

Kullanıcılar bütün modüllerdeki tablolarda (spreadsheet) bulunan bilgileri kopyalayıp yapıştırabilirler. Kopyalayıp yapıştırma işlemi, SeismoStruct içerisinde veya SeismoStruct ile herhangi bir Windows programı (ör: Microsoft Excel, Microsoft Word, vb.) arasında gerçekleştirilebilir. Kopyalayıp yapıştırma işlemi; program menüsü yardımıyla (*Düzenle > Seçilenleri Kopyala ve Düzenle > Seçimi Yapıştır*), araç çubuğu üzerinden ilgili araç çubuğu butonlarına (düğmelerine) tıklanmasıyla  , fare sağ tıklamasıyla ortaya çıkacak olan açılır (pop-up) menü yardımıyla veya klave kısa yollarıyla (kopyala: *Ctrl+C*, yapıştır: *Ctrl+V*) gerçekleştirilebilir.

Bu servis, herhangi bir modül komponentinin tanımlanması sırasında (halihazırda tanımlanmış olan bir modülden kopyalayıp, henüz tanımlanması bitmemiş bir modüle yapıştırılmak yoluyla) efektif olarak kullanılabilir. Karışıklığı önlemek amacıyla, modüllere yapıştırılan girdilerin isimlerinin yanına yıldız üst simgesi (*) eklenir. Modüller arasında kopyalayıp yapıştırmaya ek olarak, kullanıcılar komponent listelemesini herhangi bir diğer uygulamada (ör: Microsoft Excel) düzenleyip, daha sonra SeismoStruct'a da yapıştırabilir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, kopyalanan verilerin formatlarının SeismoStruct'a yapıştırılan modülüne uyumlu olması gerekliliğidir.

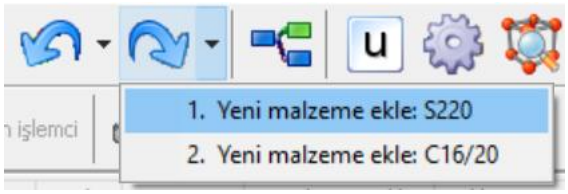
Üç boyutlu (3D) Çizimlerin Kopyalanması

Kullanıcılar, oluşturulan yapısal modelin 3D (üç boyutlu) çizimini herhangi bir Windows uygulamasına (Microsoft Word, Microsoft Powerpoint, vb) kopyalayabilirler. Modelin kopyalama işlemi, program

menüsü yoluyla (*Düzenle > 3D Çizimi Kopyala*), ilgili araç çubuğu butonları (düğmeleri) yardımıyla, fare sağ tıklamasıyla ortaya çıkacak olan açılır (pop-up) menü yardımıyla veya klavye kısa yollarıyla (*Ctrl+Alt+C*) gerçekleştirilebilir.

Geri Al ve Yinele seçenekleri

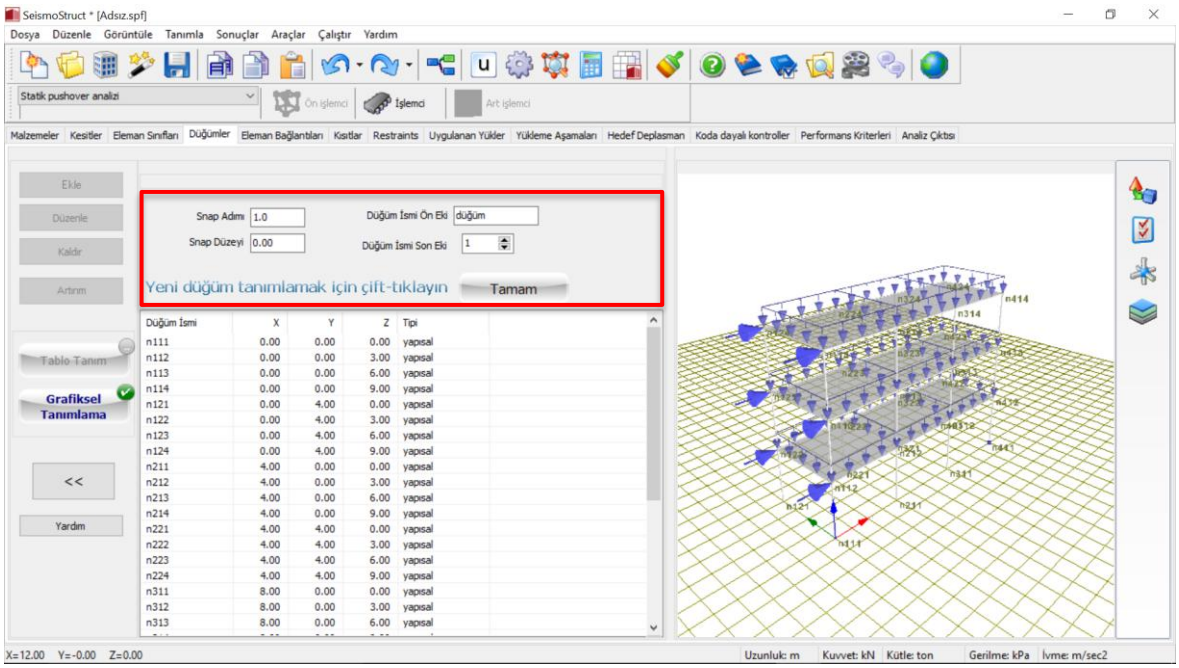
SeismoStruct'da Geri Al ve Yinele seçenekleri bulunmaktadır. Bu seçeneklere, program menüsünden (*Düzenle > Geri Al* ve *Düzenle > Yinele*) veya ilgili araç çubuğu butonları (düğmeleri) yoluyla erişilebilir: ve .



Çoklu geri alma ve yineleme işlemleri

Grafiksel Girdi/Oluşturma

Menü tabanlı yeniden düzenleme servisi (ve *Sihirbaz*ve *Yapı Modelleyicisi*servisleri)'nin yanı sıra, yapısal modeller tamamen Grafiksel Tanımlama modulü yardımıyla görsel olarak (işaretleyerek ve tıklayarak) da tanımlanabilirler. Görsel modül, **Düğümler**, **Eleman Bağlantıları** ve **Kısıtlar**'da kullanıma açıktır.



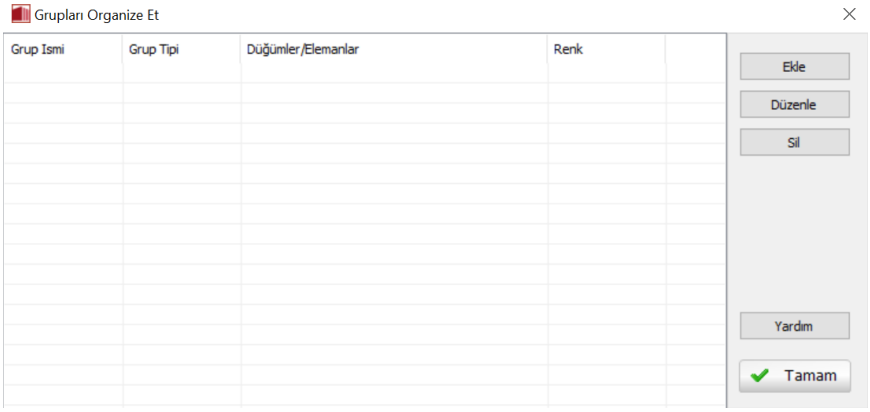
Düğümler modülü için Grafiksel (Görsel) Tanımlama Servisi

Kullanıcılara *Kesit Düzlemleri* görsel servisi de sunulmaktadır, bu servis özellikle karışık 3D modellerdeki tanımlamaların kolaylıkla yapılabilmesi ve görüntülenmesinde fayda sağlamaktadır. Buna ek olarak çerçeve elemanlarını küçülterek/büyüterek, düğüm noktalarının seçimi ve tıklanması kolaylaştırılır.

Düğüm/Eleman Grupları

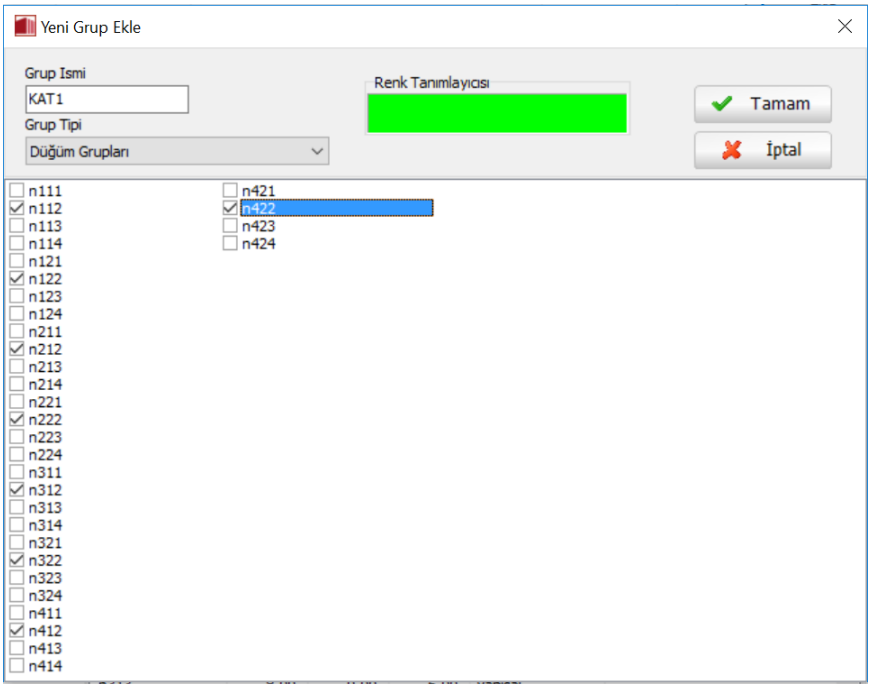
SeismoStruct'ın bir diğer kullanıcı dostu özelliği de düğüm veya eleman gruplarının tanımlanmasındadır. Benzerlik gösteren düğüm/elemanların (örneğin: en üst katta bulunanlar, köprü kirişleri/döşemeleri, vb.) seçilmesi ve gruplanması daha sonra yapılacak olan birçok ön ve art işlem

sırasında yararlı olmaktadır. Gruplar iletişim kutusuna, ana menüden (*Düzenle> Grupları Organize Et...*) veya ilgili araç çubuğu butonundan ulaşılabilir .

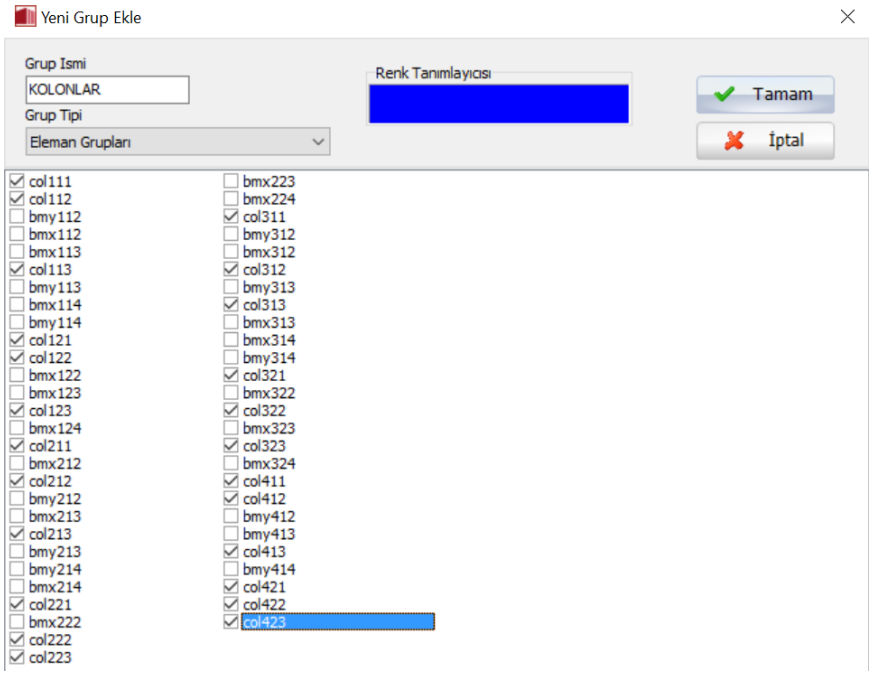


Grupları Organize Et fonksiyonu

Kullanıcılar, *Grupları Organize Et* servisi yoluyla yeni düğüm ve eleman grupları yaratabilir, mevcut olanları tekrar düzenleyebilir veya kaldırabilirler. Mevcut iletişim kutusunda yapısal modeldeki tüm düğüm ve elemanlar listelenmektedir.



Yeni Grup (Düğüm) Ekleme



Yeni Grup (Eleman) Ekleme

Ayrıca, kullanıcılar aynı zamanda düğüm ve elemanlarına **Düğümler** ve **Eleman Bağlantıları** modülünden de erişebilir ve açılır menüden onları bir gruba atayabilir. Bu yol, yeni grup yaratırken izlenebilecek herhalde en efektif yoldur, zira kullanıcılar bu modülde bulunan tüm farklı sıralama seçeneklerini kullanabilir ve düğüm/eleman seçimi işlemini hızlıca halledebilirler.

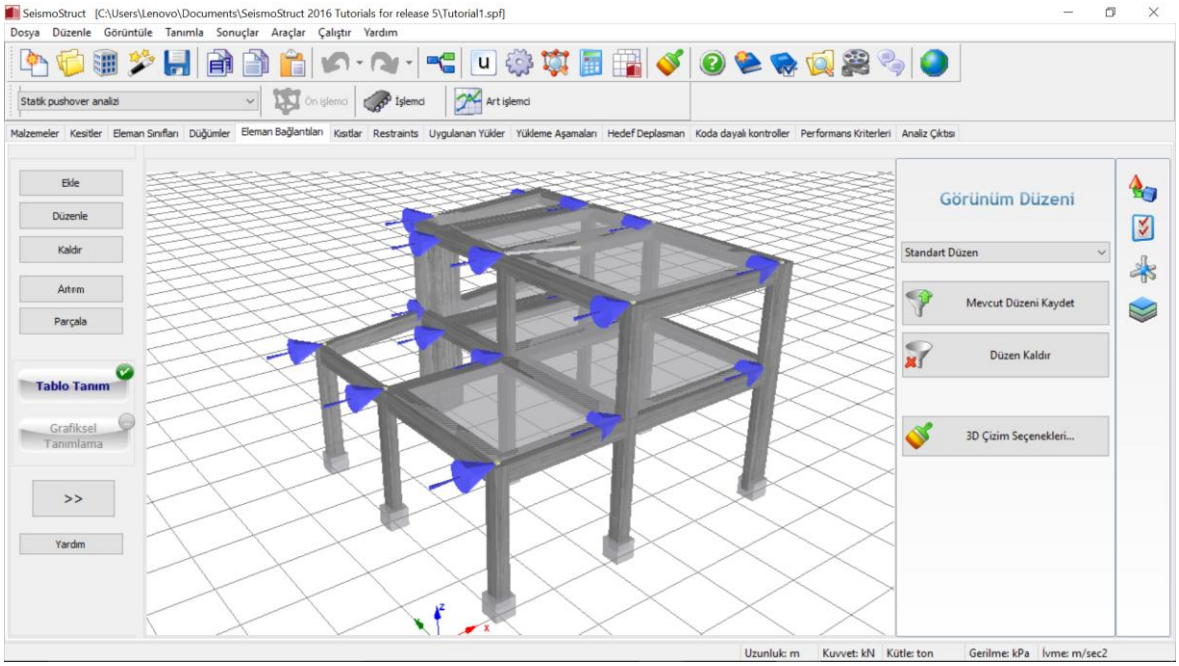
NOT: Gruplar servisi seçilecek ve daha sonraki art işlemlerde kullanılacak olan düğüm ve elemanları seçerken son derece faydalıdır; çıktı dosyalarının boyutunu azaltıp, art işlemlerde harcanacak zamanı azaltır.

3D Çizim Seçenekleri

Oluşturulan modelin 3D Çizim ayarları, kullanıcının isteklerine en iyi cevap verecek şekilde ayarlanabilir.

Görünüm Düzeni

Araç çubuğunda bulunan düğmesinden ulaşılabilen bu açılır menüde kullanıcılar (i) ön tanımlı bir düzen seçebilir; ör: *Standart Düzen* (öntanımlı), *Geçirgen elemanlar* ve *Çizgi elemanlar* (sondaki özellikle kesit tesirlerinin görüntülenmesinde oldukça kullanışlıdır), (ii) kendi kişisel Görüntüleme Düzenlerini kaydedebilir ya da (iii) 3D Çizim Seçeneklerini değiştirebilir.



Görünüm Düzeni

Mevcut Düzeni Kaydet

3D Çizim Ayarları'nda yapılan değişikliklerin kaydedilmesi arzu edildiği durumlarda:

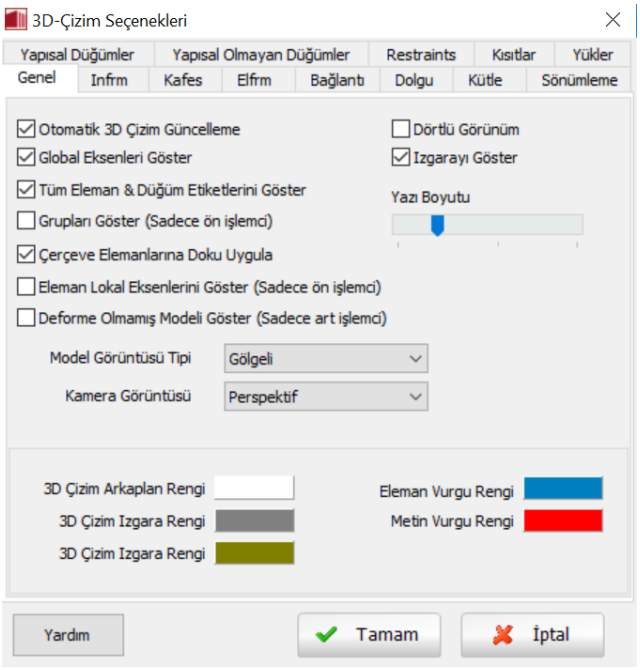
1. İlgili araç çubuğu butonuna tıklanır ;
2. Yeni görüntüleme konfigürasyonuna yeni bir isim atanır;
3. *Tamam* düğmesine tıklanarak işlem onaylanır

Yeni düzen, araç çubuğunda bulunan aşağı açılan menüde görüntülenebilir. Herhangi bir nedenle "ilk" görünüme geri dönmek istendiğinde yine aynı aşağı açılan menüden *Standart Düzen* seçilip, işlem gerçekleştirilir.

3D Çizim Seçenekleri

Çizim ayarlarının bütün parametrelerine 3D Çizim Seçenekleri iletişim kutusundan erişilebilir. Bu iletişim kutusuna erişim, ana menü üzerinden (*Araçlar > 3D Çizim Seçeneleri...*) ya da ilgili araç çubuğu düğmesinden sağlanabilir .

Kullanıcı, *3D Çizim Seçenekleri* menüsünün içerisinde görüntülemek üzere model komponentlerini (düğüm, çerçeve, kütle/sönümleme elemanları, vb.) seçebilir ve elemanların renk/geçirgenlik özellikleri, arkaplan panelleri, çizim eksenleri, yük sembollerinin renk/geçirgenliği, yazı karakter renk seçimi gibi birçok görüntüleme özelliğine müdahale edebilir.

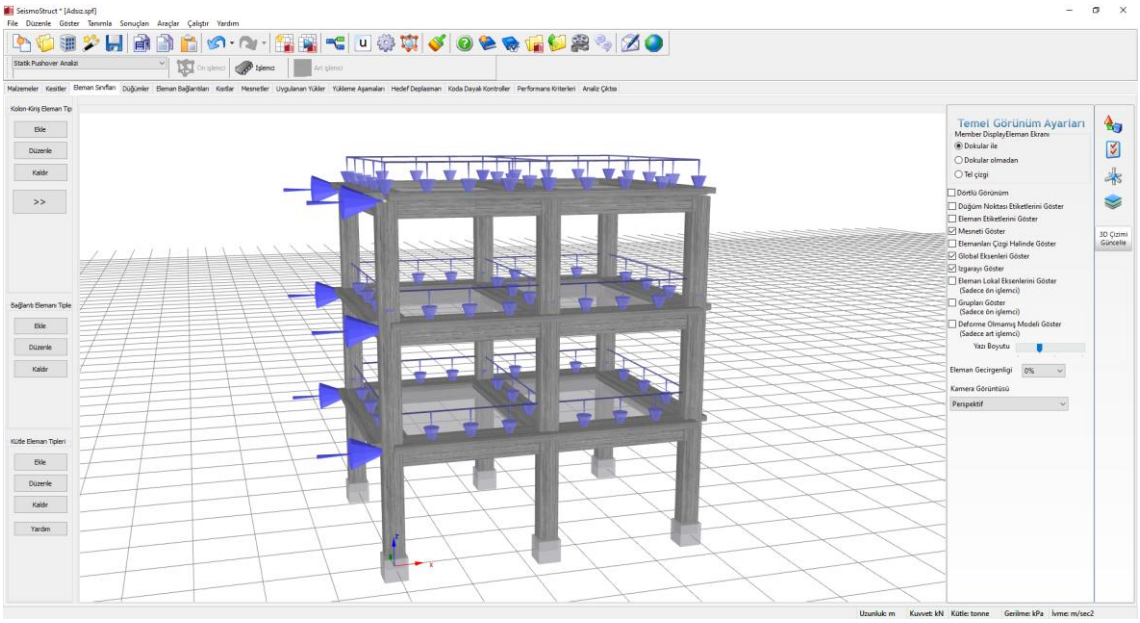


3D Çizim Seçenekleri menüsü

3D Çizim varsayılan ayar olarak kendisini otomatik olarak günceller. Girdilerdeki herhangi bir değişiklik (ör: bir düğüm noktası veya eleman eklenmesi), modelde de eş zamanlı olarak güncellenir. Bu seçenek; yapısal modelin çok büyük olduğu zamanlarda (birkaç yüz düğüm ve elemanlı sistemler) ve/veya kullanıcının pil tüketirken CPU-yavaşlatan bir dizüstü bilgisayar kullanması durumlarında istenmeyen bir hal alabilir. Bu ve bunlar gibi durumlarda, programın modeli her seferinde tekrar güncellemesi saniyeler alabilir ve kullanıcının çalışma hızına sekte vurabilir. Herhangi bir yavaşlama söz konusu olan durumlarda, otomatik çizim güncellemesi özelliğini(3D Çizim Seçenekleri kısmında *Genel* altmenüsü içerisinde *Otomatik 3D Çizim Güncellemesi*'ndeki onayı kaldırarak) etkisiz hale getirmek mümkündür. Otomatik güncellemenin kaldırılması durumunda, manuel olarak çizim güncellemesi, *3D Çizimi Tekrar Çiz* komutuyla yapılır.

Temel Görünüm Ayarları

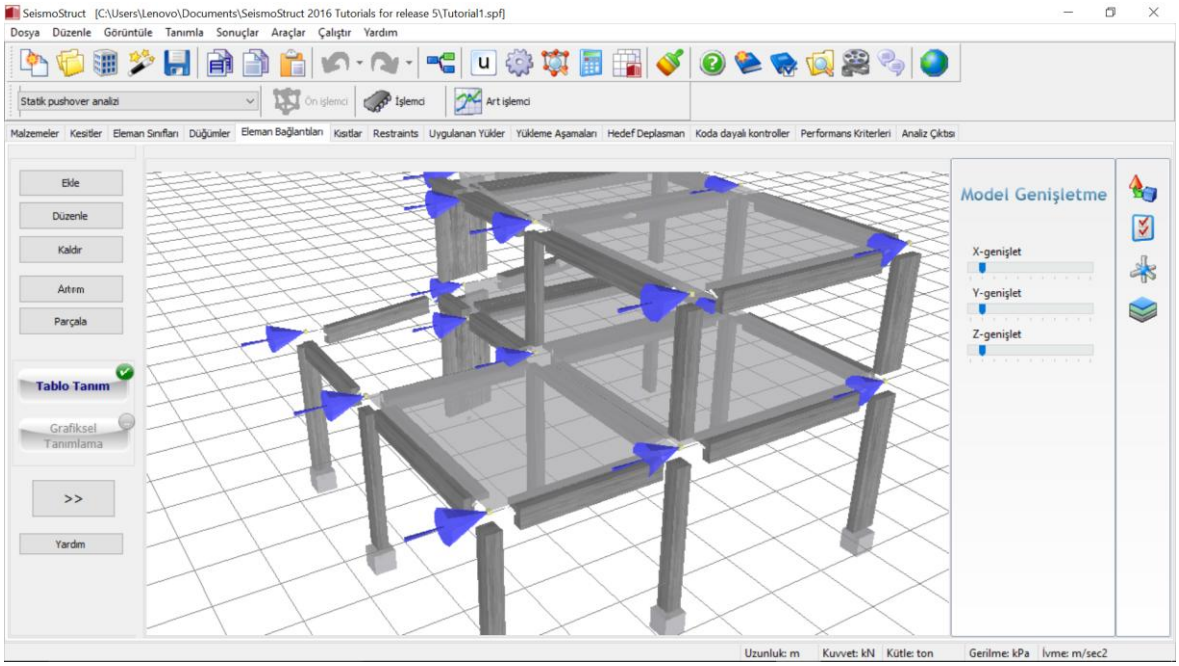
Araç çubuğunda bulunan düğmesiyle  erişilen bu menüde kullanıcılar, mevcut onay kutuları ve aşağı açılan menüler vasıtalarıyla en çok kullanılan görüntleme seçeneklerine (görüntüleme şekli, rendering seçenekleri, isim gösterimi, lokal eksen gösterimi, eleman geçirgenliği, vb) müdahalelerde bulunabilir.



Temel Görünüm Ayarları

Model Genişletme

İlgili araç çubuğu düğmesinden bu özellik kullanılarak 3D model, ilgili imlecin hareket ettirilmesi yoluyla herhangi bir yönde (X,Y,Z) genişletilebilir.

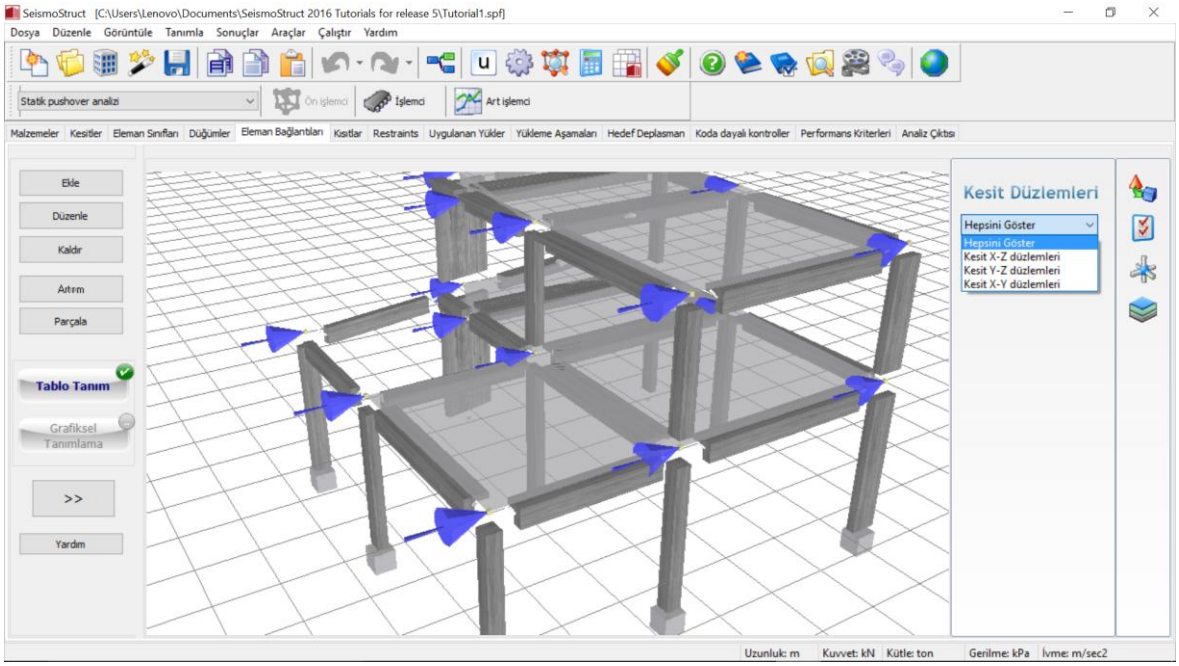


Model Genişletme

Kesit Düzlemleri

Önceki özelliklere ek olarak, Kesit Düzlemleri özelliği de ilgili araç çubuğu düğmesiyle etkin hale getirilebilir .

NOT: Varsayılan ayarolarak, aşağı çekilen menüde *Hepsini Göster* seçeneği seçili bulunmaktadır.



Kesit Düzlemleri

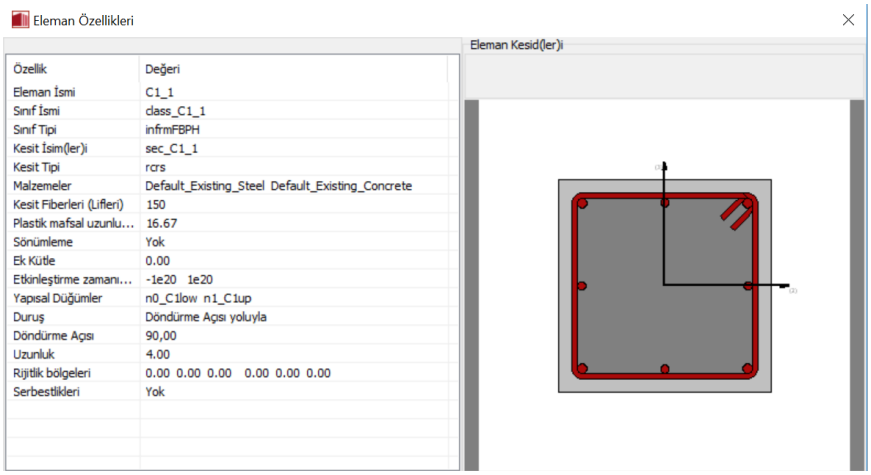
Ek işlemler

Kullanıcılar, fare (tavsiye edilen) ve klavye yoluyla kolayca modele yakınlaşıp/uzaklaşabilir, modeli döndürebilir ve(ya) 2D/3D çizimi hareket ettirebilir. Ayrıca, girdilere kolaylıkla erişmek için ilgili modüllerde düğüm ve elemanları seçip tıklamak da mümkündür. Eğer, kullanıcı bir düğüm veya eleman seçip üzerine çift tıklarsa, aşağıda belirtilen iletişim kutusu açılır.

Son olarak, belirli bir elemana sağ tıklanması durumunda eleman özelliklerinin "özeti" bir iletişim kutusu içerisinde gösterilir (➔aşağı açılan menüden *Eleman Özellikleri*). İlgili modüle hızlı erişim için herhangi bir eleman özelliğine tıklamanız mümkündür.

NOT 1: Kullanıcıların yapısal olmayan düğümlerin koordinatlarını çok büyük tanımlamaları ve görünümde aktif hale getirmeleri halinde, nümerik model de sonuç olarak çok küçük görünecektir. Böyle bir durumdan kaçınmak için kullanıcılar; (i) yapısal olmayan düğümleri yapıya daha yakın seçmeli, (ii) yapısal olmayan düğümlerin görüntülenmesini kaldırmalı veya (iii) her seferinde 3D çizime manuel olarak yakınlaşmalılardır.

NOT 2: Lokal eksenlerin etkinleştirilmesi durumunda, yüklü 3D nümerik modellerde (özellikle bağlantı elemanlarının bulunması durumlarında) tüm elemanların lokal eksen düzenlerini incelemek güç olabilir. Bu ve bunun gibi durumlarda, kullanıcılar istedikleri tip elemanların (örneğin: çerçeve elemanları) lokal eksen gösterimlerini etkinleştirebilir veya etkisiz hale getirebilirler.



Eleman Özellikleri

3D modelin Döndürülmesi ve Hareket ettirilmesi

Eylem	Klavye Kullanımı	Fare Kullanımı
Yakınlaştır	'*Yukarı ok*' tuşuna basınız	fare tekerleğini yukarı yönde döndürünüz
Uzaklaştır	'*Aşağı ok*' tuşuna basınız	fare tekerleğini aşağı yönde döndürünüz
Sola döndür	'*Sol ok*' tuşuna basınız	farenin sol butonuna basarken fareyi sola doğru kaydırınız
Sağa döndür	'*Sağ ok*' tuşuna basınız	farenin sol butonuna basarken fareyi sağa doğru kaydırınız
Yukarı döndür	'*Ctrl + Yukarı ok*' tuşlarına basınız	farenin sol butonuna basarken fareyi yukarı doğru kaydırınız
Aşağı döndür	'*Ctrl + Aşağı ok*' tuşlarına basınız	farenin sol butonuna basarken fareyi aşağı doğru kaydırınız
Sola hareket ettir	'*Ctrl + Sağ ok*' tuşlarına basınız	farenin sağ butonuna basarken fareyi sola doğru kaydırınız
Sağa hareket ettir	'*Ctrl + Sol ok*' tuşlarına basınız	farenin sağ butonuna basarken fareyi sağa doğru kaydırınız
Yukarı hareket ettir	'*Shift + Aşağı ok*' tuşlarına basınız	farenin sağ butonuna basarken fareyi yukarı doğru kaydırınız
Aşağı hareket ettir	'*Shift + Yukarı ok*' tuşlarına basınız	farenin sağ butonuna basarken fareyi aşağı doğru kaydırınız

NOT: Eğer fare tekerleğiyle yapılan yakınlaştırma ve uzaklaştırma çok hassassa, klayvyeyi kullanınız ya da fare tekerleğinizin hassaslık ayarlarını Windows Control Panel (Windows Kumanda Paneli) yardımıyla yapınız.

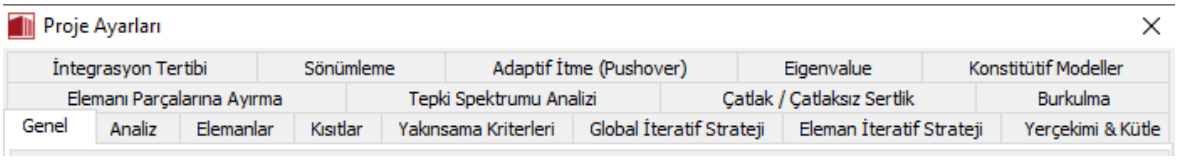
PROJE AYARLARI

Her bir SeismoStruct projesinde program kullanımı ve performans karakterlerini yapısal modelin gerekliliklerine ve kullanıcının tercihlerine bağlı olarak ayarlanması mümkündür. Program ve Proje özellikleri *Proje Ayarları* panelinde mevcut olup, *Araçlar > Proje Ayarları...* yoluyla veya ilgili araç çubuğu düğmesi vasıtasıyla ulaşılır .

NOT: Herhangiolasıbiruyumsuzluğun önüne geçilmesi amacıyla kullanıcılara, yeni program sürümünün sonrasında Proje Ayarları'nı Program Varsayılanları'na dönüştürmeleri önerilmektedir.

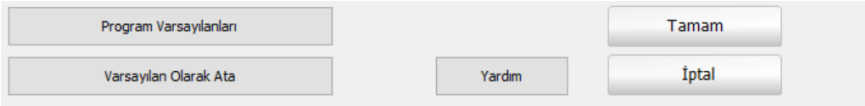
Proje Ayarları paneli kendi içerisinde bir kısım sekmeye ayrılı durumdadır. Her bir sekme farklı tür ayarlara yönelik olarak tanımlanmıştır:

- Genel
- Analiz
- Elemanlar
- Kısıtlar
- Adaptif İtme (Adaptive Pushover)
- Özdeğer
- Konstitütif Modeller
- Elemanı Parçalarına Ayırma
- Tepki Spektrumu Analizi
- Çatlamış/Çatlamamış Rijitlik
- Burkulma
- Yakınsama Kriterleri
- Global İteratif Strateji
- Eleman İteratif Strateji
- Yerçekimi & Kütle
- İntegrasyon Şeması
- Sönümleme



Proje ayarları sekmesi penceresi

Proje Ayarları penceresindeki bütün sekmelerde ortak olarak sol altta *Program Varsayılanları* ve *Varsayılan Olarak Ata* seçenekleri bulunmaktadır. *Varsayılan Olarak Ata* seçeneği kullanıcı tarafından kişiselleştirilen herhangi bir ayarı varsayılan hale getirmek için kullanılabilir. *Program Varsayılanları* ise herhangi bir zamanda orjinal program ayarlarının (program yüklenmesi sonrası tanımlı olan ilk ayarlar) geri yüklenmesi için kullanılabilir. Burada önemli olan nokta, *Program Varsayılanları* seçeneğinin seçilmesi durumunda mevcut program ayarlarının değişmeyeceğidir. Dolayısıyla, yükleme sonrası tanımlı olan ilk ayarları tekrar varsayılan olarak atayabilmeleri için öncelikle *Program Varsayılanları*'nı ardından *Varsayılan Olarak Ata*'yı tıklamaları gerekmektedir.



Program Varsayılanları ve Varsayılan Olarak Ata seçenekleri

NOT: Uygulamaların büyük bir kısmında, Proje Ayarları'nın varsayılan ayarlarının değiştirilmesine gerek olmaz, zira tanımlanan değişkenler (parametreler) genel olarak analiz ve modellere uyacak ve çözüm doğruluğu ile verimililiği arasında optimum çözüm sunacak şekilde seçilmiştir.

Genel

Genel Ayarlar'da program kullanılabilirliğinin kullanıcının beğeni ve tercihlerine göre ayarlaması hedeflenmiştir.

İkili (binary) Çıktı

İkili Çıktı seçeneği etkinleştirildiğinde, bütün analiz çıktısını içeren bir ikili dosya (*.srf) yaratılmasına olanak sağlar.

Metin Çıktısı

Etkinleştirildiği takdirde *Metin Çıktısı* seçeneği her analiz bitiminde bir metin belgesi (*.out) yaratarak (Adım Çıktısı modülünde açıklandığı gibi) analizin çıktılarını kaydeder. Bu özellik kullanıcıların kendilerinin düzenledikleri art işlemcilerini kullanmak istemeleri durumunda fayda göstermektedir. Metin çıktı belgesine nadiren ulaşılması gerek olması durumunda, kullanıcıların bu işlem yerine *Adım Çıktısı* modülünde tanımlı olan servisleri kullanmaları tavsiye olunur.

NOT: İkili veya metin olmak üzere en az bir tip çıktı her zaman seçilmelidir.

Çoklu Metin Çıktısı

Çoklu Metin Çıktısı seçeneğinin aktifleştirilmesi durumunda bir yerine birden çok metin belgesi (*.out) oluşturulur. Bu özellik göreceli olarak büyük modellerde fayda sağlar.

Uyarı Mesajlarını Görüntüle

Uyarı Mesajlarını Görüntüle seçeneği tercih edildiğinde, çıkabilecek olası problemler hakkındaki uyarı mesajları analiz başında listelenir (ör: yakınsama zorluğu, desteklere uygulanan yükler,mantıksız gibi görünen değişkenler, vb.). SeismoStruct Batch Servisi içerisinde çok sayıda analiz çalıştırılabildiğinden dolayı uyarı mesajlarını gösterme seçeneğinin etkisizleştirilmesi çok yardımcı olabilir. Varsayılan olarak bu seçenek aktiftir.

NOT: Eğer kullanıcı tarafından girilen hiçbir girdi yoksa, analiz başlangıcından önce beliren uyarı mesajları otomatik olarak iki dakika sonra kapanır.

Ayarları Kaydet

Ayarları Kaydet seçeneği kullanıcılara mevcut proje ayarlarını, daha sonra oluşturulacak olan yeni projeler için varsayılan ayar olarak kullanma seçeneği sunar. İşaret kutusunun seçilmesi durumunda, proje ayarlarındaki herhangi bir değişiklik ayrıca *Varsayılan Olarak Ata* seçeneğine gerek olmadan varsayılan ayar olur.

NOT: Genelde bu seçenek etkin durumda değildir dolayısıyla kullanıcıların varsayılan ayarlarda herhangi bir değişiklik yapmak istemeleri durumunda *Varsayılan Olarak Ata* seçeneğini kullanmaları gerekmektedir.

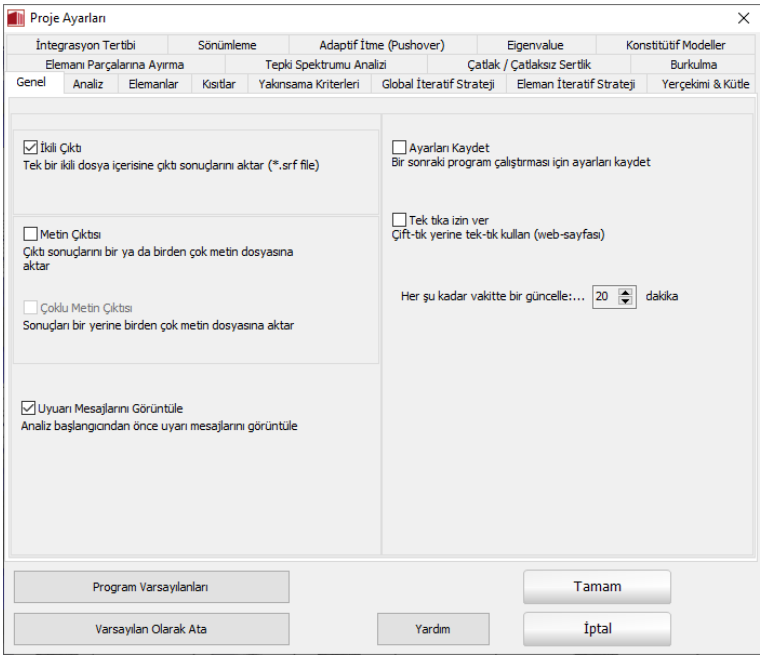
Tek tıka izin ver

Bu seçeneğin seçilmesi, daha yaygın olan çift tık standardının aksine, web-sayfalarında olduğu gibi tek tık ile kontrole olanak sağlar.

Her Şu Kadar Vakitte bir Güncelle:...

Proje dosyalarının kazara silinme durumuna karşı koruyan bu seçenek sayesinde SeismoStruct proje dosyalarının birer yedeğini kullanıcı tarafından tanımlanan süre aralıklarıyla (varsayılan=20 dakikada

bir) oluşturur. Oluşturulan yedekleme dosyaları .bak uzantısına sahiptir. Bu özelliği devre dışı bırakmak için yedekleme zamanını sıfıra ("0") eşitlemek gerekmektedir.



Genel sekmesi penceresi

Analiz

Analiz sekmesinde analizle ilgili bir takım özellikler tanımlanabilir. Özellikle, çözücü tipi , doğrusal olmayan dinamik ve itme analizinde her adımda özdeğer analizinin yapılıp yapılmayacağını ve geometrik nonlineeriteleri hesaba katıp katmama durumu seçilebilir. Özellikle, doğrusal olmayan dinamik ve itme analizinde her adımda özdeğer analizinin yapılıp yapılmayacağını ve geometrik doğrusal olmayanları hesaba katmayı (veya yapmamayı) çözücü tipini seçmek mümkündür.

Çözücü (Solver)

Kullanıcılar, ilk yüklemenin, yani yapısal statik yüklerin bir veya daha fazla adımda uygulanıp uygulanmayacağını seçebilirler. Varsayılan seçenek, bunu analizin ilk adımında uygulanmasıdır.

Doğrusal olmayan dinamik ve itme analizlerinde her adımda özdeğer analizini yürütme seçeneği de mevcuttur. Kullanıcılar, doğrusal olmayan analizin sonunda özdeğer analizi çalıştırmayı veya özdeğer analizinin kaç adımdan sonra gerçekleştirileceğini belirleyerek doğrusal olmayan analiz sırasında birçok kez özdeğer analizi yapmayı seçebilirler.

Kullanıcılar aşağıdaki çözücüden birini tercih edebilirler:

- **Skyline metodu** (Cholesky dekompozisyonu, Cuthill-McKee düğüm sıralama algoritması, Skyline saklama formatı kullanılmıştır);
- **Frontal metodu** ("sparse" sistemler için, Irons [1970] tarafından geliştirilmiştir ve Izzuddin [1991] tarafından sunulan otomatik sıralama algoritması kullanılmıştır)
- **Sparse/Profil Çözücü** (sparse sistemler için Mackayet al. [1991] ve Liu [1986] tarafından önerilen eleme ağaçlarını kullanan kompakt bir sıra depolama şemasına sahiptir).
- **Paralel Sparse/Profil Çözücü** (sparse sistemler için Mackayet al. algoritmasına parallel bir yöntem, Law and Mackay [1992]. tarafında tanıtılmıştır.)

Kullanıcılar bu dört seçenekten birini seçebilir veya yapısal modelin özelliklerine bağlı olarak programın en uygun çözücüyü seçmesine izin verebilir. Genel olarak Sparse/Profil çözücünün, özellikle daha büyük modellerde önemli ölçüde daha hızlı olduğu belirtilmektedir. Özellikle paralel versiyon, 500 düğüm ve

daha fazla sayıdaki daha büyük yapısal modeller için daha verimlidir. Buna karşılık, Skyline yöntemi genellikle daha kararlıdır ve sıfır diyagonal (çapraz) rijitlik öğelerini barındırabilir.

Varsayılan seçenek olan otomatik seçeneği seçildiğinde, program analizden önce bir kararlılık ve boyut kontrolü yapar. Model çok küçük değilse (yani 25 düğümden küçüks değilse) ve Sparse/Profil çözücü çözücü ile stabilite sorunu olmadan çalışabiliyorsa bu yöntem kullanılır, aksi takdirde Skyline çözücü seçilir, 1000'den fazla düğüm için paralel işlem yapılabilir, aksi takdirde seri işlem yapılır.

NOT: Okuyucuların bunlar ve diğer çözücüler ile ilgili literatüre başvurmaları tavsiye edilir [e.g. Cook et al. 1989; Zienkiewicz and Taylor 1991; Bathe 1996; Felippa 2004].

Son olarak, seçilen çözücünün seri veya paralel versiyonundan bağımsız olarak, kullanıcı yapısal analizin farklı işlemlerini (ilk kontroller, rijitlik matrisinin birleştirilmesi, kod tabanlı kontroller ve performans kriterlerinin kontrolleri) paralel olarak yürütmeyi seçebilir. Bu işlemleri paralel hale getirmek, daha büyük modellerde önemli ölçüde daha hızlı olabilir ve bu varsayılan seçenektir.

Geometrik nonlineeriteler

'*Geometrik Non-lineeriteleri Dahil Et*' seçeneğini kaldırmak, Ek A'da tanımlanan formulasyonu devre dışı bırakır ve analizi yer değiştirme/dönme açısından lineer olarak çözer ve bu durum da analiz sonuçlarını el çözümleriyle karşılaştırmak için idealdir. Varsayılan ayar olarak bu seçenek çerçeve elemanları için etkindir ve duvar elemanları için devre dışıdır.

Malzemelerin lineer elastik özelliklerini dikkate alarak analizler yapmak da mümkündür. Bunu yapmak için kullanıcının *'Linear Elastik Özelliklerle Çalıştır'* seçeneğini işaretlemesi gerekir.

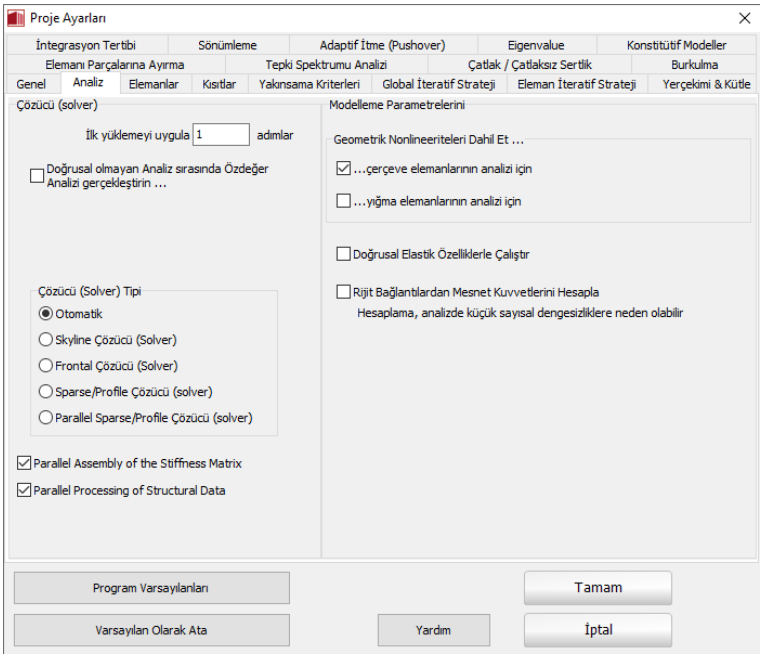
Doğrusal Elastik Özelliklerle Çalıştır

Sadece malzemenin doğrusal elastik özellikleriyle de analiz yapmak da mümkündür. Bu seçeneğin aktifleştirilmesi için '*Doğrusal Elastik Özelliklerle Çalıştır*' seçeneği işaretlenmelidir. Tepki Spektrumu Analizi haricinde, bu seçenek varsayılan olarak etkisiz durumdadır.

NOT: Kullanıcıların analizi malzemelerin doğrusal elastik özellikleri kullanılarak çalıştırmak istemeleri durumunda (bkz: yukarıdaki paragraf), eğer elemanlar 'infrm' olarak betonarme kesitler kullanılarak tanımlanmışsa donatılar da hesaba katılır. Eğer 'elfrm' elemanlarıyla modellenmişse, kesit ve eleman özellikleri beton modülü ve geometrik boyutlar kullanılarak hesaplanır.

Rijit Bağlantılardan Destek Kuvvetlerini Hesaplama

Bu seçeneğin işaretlenmesi, bir kısıtlamanın bazı DOF'lerinin (rijit bağlantı, rijit diyaframlar veya eşit DOF) kısıtlamalarla sabitlendiği durumlarda destek kuvvetlerinin hesaplanmasını sağlar. Varsayılan olarak bu seçenek etkin değildir, çünkü bu hesaplama küçük sayısal dengesizliklere neden olabilir.



Analiz sekmesi penceresi

Elemanlar

Burada çerçeve elemanlarının analizinde gerekli olan bazı ayarlar tanımlanmaktadır.

İyileştirme Prosedürünün Takibi

Yer değiştirmeye dayalı eleman formulasyonu (ör: elastik ve elastik olmayan çerçeve elemanları) önemli bir dezavantaj arz ederek, düğümlerdeki yer değiştirmeler sıfırken herhangi bir birim şekil değiştirmeye ve gerilmeye dolayısıyla da kesit tesirlerine izin vermez. Örneğin, üzerinde yayılı yük olan iki ucu da ankastre bir eleman bir parça ile deplasma dayalı formulasyonla modellenmiş olsun, bu durumda uç noktalarda deplasman olmadığı için, uç momentleri de sıfır olarak çıkacaktır. Bunun nümerik bir hata olduğu açıkça anlaşılabilir. Gerilme İyileştirme prosedürleri, böyle durumların üstesinden gelip doğru kesit tesirlerine ulaşabilmek için sonlu elemanlar modellerinde kullanılan algoritmalardır. Bu tip algoritmalar: (i) doğrusal olmayan davranışın mevcut olduğu durumlarda doğru gerilme ve birim şekil değiştirme değerlerine ulaşamazlar ve (ii) büyük nümerik modellerde analiz süresini önemli derecede uzatırlar. Kullanıcılara, kesit tesirlerinin birincil derece önemli olmadığı analizlerde gerilme iyileştirme prosedürü'nü etkisiz hale getirmeleri önerilir.

NOT: *Gerilme İyileştirme* prosedürü yayılı kütle elemanlarının (dmass) olduğu durumlarda takip edilmez, yalnızca malzeme özgül ağırlığının ve kesit/eleman ilave kütlelerinin tanımlı olduğu durumlarda takip edilir.

Performans Kriteri Kontrollerinin sadece Uç İntegrasyon Kesitlerinde Takibi

Bu seçeneğin etkinleştirilmesi ile, kullanıcılar, tanımlanan Performans Kriteri kontrollerini sadece elastik olmayan kuvvete dayalı eleman tipinin(infrmFB) uç integrasyon kesitlerinde(ki bunlar tipik olarak kontrollerin yapılması gereken yerlerdir) takibini seçebilirler. Bu yol ile, bütün integrasyon kesitleri için tüm çıktı sürecinde zaman kaybetmeden ve gereksizce fazla olan çıktıyla kullanıcının kafasını karıştırmadan, sadece faydalı sonuçlar aktarılır.

Kirişlerin kesme kapasitesindeki eksenel kuvvet katkısını dikkate alma

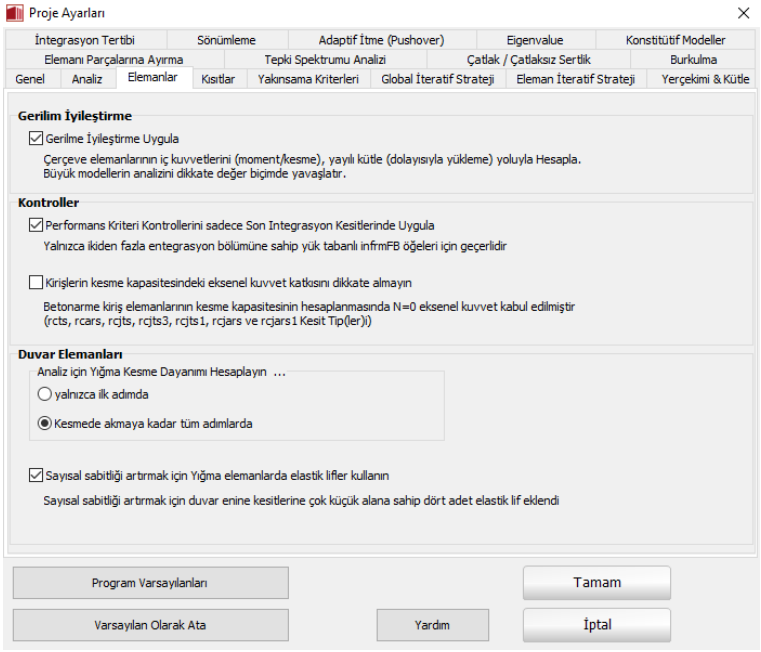
Bu seçenek etkinleştirildiğinde, kiriş elemanına uygulanan gerçek eksenel kuvveti göz ardı ederek kesme kontrollerini yürütme yeteneği sağlanır. Bu özellik, lif modelli betonarme kirişler ve beton döşemeyi simüle etmek için benimsenen rijit diyafram arasındaki etkileşimin (betonarme binalarda çok yaygın bir konfigürasyon) içlerinde istenmeyen hayali eksenel kuvvetlerin gelişmesine neden olabileceği durumlarda, kirişlerin kesme kapasitesi kontrolleri için bilhassa önemlidir.

Analizi için Yığma Eleman Kesme Mukavemetini Hesapla

Bu ayar ile kullanıcılar, yığma eleman kesme mukavemetini (i) sadece ilk adımda veya (ii) kayma/kesme akmasına kadar tüm adımlarda (azamieleman kapasitesine ulaştıktan sonra bile) hesaplanıp hesaplanmayacağını seçebilirler.Varsayılan seçenek, akma ulaşılana kadar kesme dayanımını güncellenmesidir.Bu seçenek doğruluk ve stabilitenin en iyi kombinasyonudur, zira kapasite eğrisinin alçalan dalındaki kesme dayanımının güncellenmesi,çözümün doğruluğunu büyük ölçüde artırmamasına karşın yakınsama problemlerine yol açabilir.

Sayısal kararlılığı artırmak için Duvar elemanlarında elastik lifler kullan

Duvar elemanlarına çok küçük elastik liflerin eklenmesiyle sayısal stabilitenin artması sağlanır. Bu lifler, elemanın genel tepkisini önemli ölçüde etkilemeden analiz sırasında daha iyi yakınsama sağlar. Varsayılan olarak bu seçenek etkindir.



Elemanlar sekmesi penceresi

Kısıtlar

Kısıtların yapısal analiz programlar içerisine tanımı sıklıkla (i) **Geometrik Dönüşüm** (ing: Geometrical Transformations), (ii) **Ceza Fonksiyonları** (ing: ***Penalty Functions***) veya (iii) **Lagrange Çarpanları** (ing: ***Lagrange Multipliers***) yollarıyla olur. Bu üç yöntemin ilki, geometrik nonlineer analizlerde (büyük deplasman/dönmelerin mevcudüyetinde) nümerik karasızlığa yol açabilmektedir; dolayısıyla genellikle diğer ikisi tercih edilir (zira SeismoStruct içerisinde de geçerlidir).

NOT: Kullanıcıların daha fazla bilgiye ulaşabilmeleri için alakalı mevcut literatüre başvurmaları önerilmektedir [e.g. Cook et al., 1989; Felippa, 2004].

Burada, sadece **Ceza Fonksiyonları**'nın herhangi yeni bir değişken gerektirmeme avantajına sahip olmasına (dolayısıyla da rijitlik matrisinin boyutunun büyümez ve pozitif sonlu olarak kalır) karşın yapısal denklemlerin bant genişliğini önemli bir miktarda artırabileceğine [Cook et al., 1989] değinilecektir.

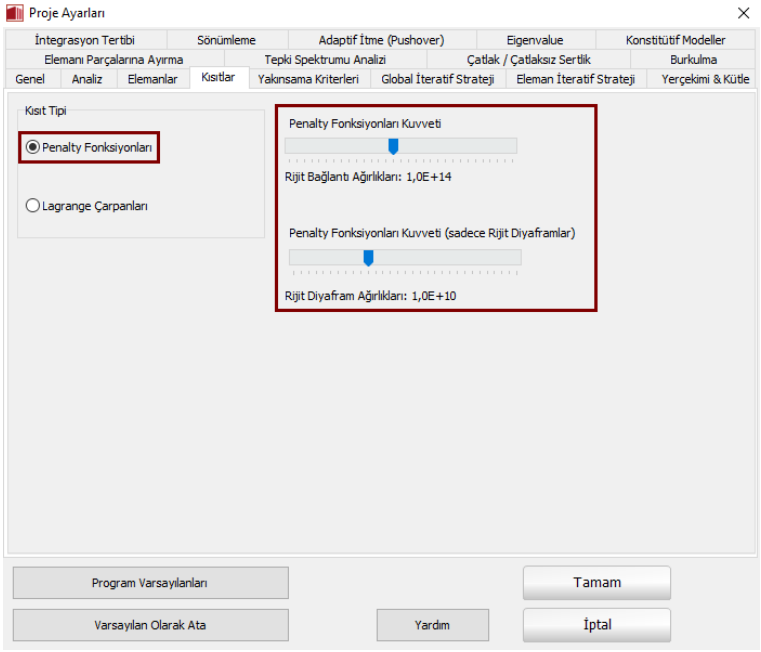
Ayrıca, **Ceza Fonksiyonları** ilgili ceza sayılarının kabul edilebilir bir aralıkta sunulmasını gerekliliği dezavantajına sahiptir (etkili olabilmesi için büyük olmalıdır fakat çok büyük olursa nümerik kararsızlığa neden olabilir), bu durum da göründüğü gibi basit olmayıp [Cook et al., 1989], hatalı sonuçlara yol açabilir.

Diğer taraftan, teorik olarak üstün olan **Langrange Çarpanları** da analiz süresini ciddi bir miktarda artırabilirler, bu nedenden ötürü **Ceza Fonksiyonları** SeismoStruct içerisinde varsayılan ayar durumundadır.

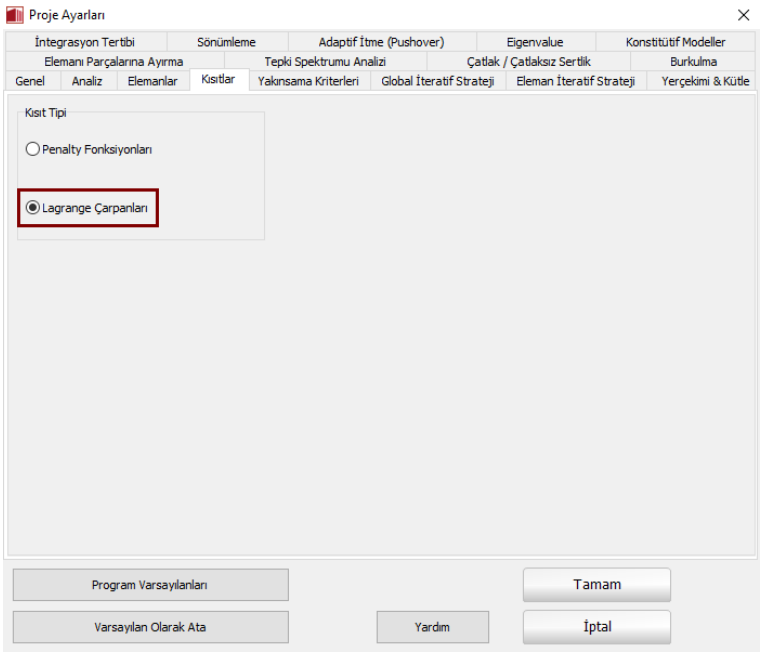
Lagrange Çarpanları'nın nümerik zorluklar yarattığı ve kullanıcıların **Ceza Fonksiyonları**'nı tercih ettiği durumlarda, diyaframlar (genellikle daha küçük) ve rijit bağlantılar (genellikle daha büyük) için ilgili ceza katsayılarının tanımlanması gereklidir. Daha sonra, bu katsayıların ve rijitlik matrisindeki en büyük değerin çarpımları yoluyla Ceza Faktörleri hesaplanır.

Beklenilenin aksine, büyük ceza katsayılarının tanımı her zaman gerekli değildir. Aslında, çok rijit elemanların bulunduğu modellerde ceza katsayılarının çok büyük olması gerekmez, zira yapısal rijitlik matrisindeki büyük terimlerle çarpım zaten büyük bir ceza faktörünün elde edilmesini sağlayacaktır; Pinho et al. [2008a].

NOT: Felippa [2004] optimum ceza fonksiyonunun, azami rijitliğin ve işlemci hassasiyetinin (SeismoStruct için 1e20) ortalaması olması gerektiğini önerir.



Kısıtlar sekmesi penceresi – Ceza Fonksiyonları



Kısıtlar sekmesi penceresi – Lagrange Çarpanları

Adaptif İtme

Adaptif Parametreler modülünde de tanımlanana ek olarak, bazı gelişmiş parametrelerin ayarları bu pencere yardımıyla yapılır. Sözü geçen bu ayarlar şu şekilde sıralanabilir: (i) **Güncelleme Tipi**, (ii) **Güncelleme Sıklığı** ve (iii) **Modal Birleştirme Metodu**. Bunlar aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

Güncelleme Tipleri

Bu adaptif seçenek yük dağılım profilinin kaç analiz adımında bir güncelleyeceğini tanımlar. Dört farklı alternatif mevcuttur:

- **Bütün Olarak Güncelleme**. Hesaplanan analiz adımındaki yük vektörü, var olan dengedeki yüklerin (bir önceki adımdaki yük vektörü); mevcut toplam yük faktörü, mevcut modal ölçekleme vektörü ve kullanıcı tarafından ön tanımlı olan nominal yük vektörünün çarpımının sonucundan türetilen yeni bir yük vektörüyle değiştirilmesi yoluyla bulunur. Bu tür bir güncelleme kısıtlı bir teorik desteğe sahip olduğundan dolayı kullanımı önerilmemektedir.
- **Artımsal Olarak Güncelleme**. Hesaplanan analiz adımındaki yük vektörü, bir önceki adımdaki dengelenmiş durumda olan yük vektörüne mevcut yük faktörü artırımı, mevcut modal ölçekleme vektörü ve kullanıcı tarafından ön tanımlı olan nominal yük vektörünün çarpımının sonucundan türetilen yeni bir yük vektörü artırımının eklenmesi yoluyla bulunur. 'Artımsal Olarak Güncelleme' teorik altyapı bakımından 'Bütün Olarak Güncelleme'den daha mantıklı olduğu için varsayılan ayar konumundadır.
- **Hibrid Güncelleme**. Bu vektör güncelleme seçeneğiyle daha önce açıklanmış olan iki metodun birleştirilme olanağı sunulmuştur. Başka bir söyleyişle, hesaplanan analiz adımındaki yük vektörü kısmen yeni hesaplanan yük vektörü ile değiştirilir kısmen de yeni hesaplanan yük vektörü artırımının eklenmesi yoluyla elde edilir. Çözüm doğruluğu ve nümerik kararlılığın sağlanması amacıyla optimum gerekli yüzde oranları; model özelliklerine, uygulanan yükleme çeşidine (deplasman veya kuvvet) ve (kullanılması durumunda) modal ölçekleme vektörünün elde edilmesinde kullanılan tepki spektrumuna göre değişiklik gösterir.
- **Tam Artırımsal Olarak Güncelleme**. Hesaplanan yeni yük vektörü, bir önceki adıma yeni yük vektör artırımının eklenmesi yoluyla hesaplanır, böylelikle yapıdaki modal değişikliklerini de yansıtır.

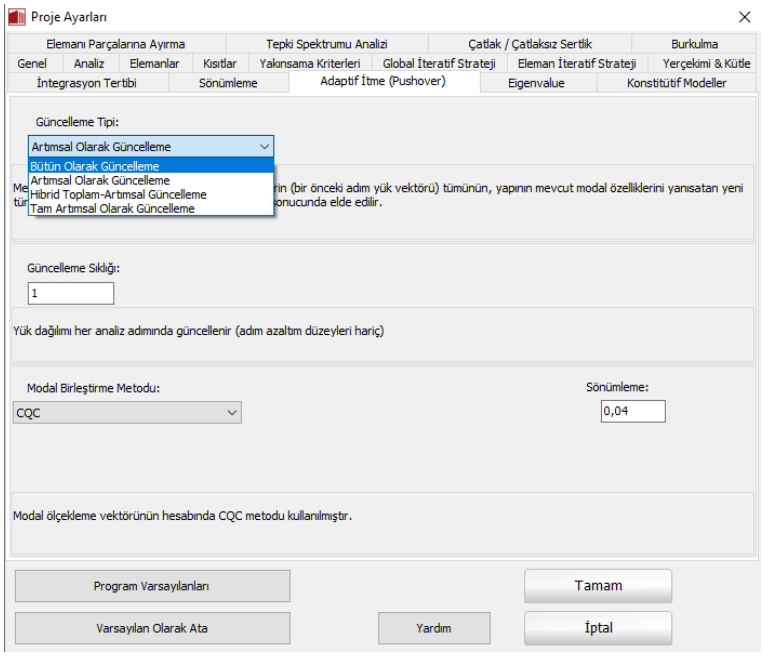
Güncelleme Sıklığı

Bu parametre modal ölçekleme vektörünün ne zaman ve nasıl güncelleneceğini tanımlar. "0" dan büyük bir tamsayı kullanılabilir, varsayılan ayar "1"dir ve yük dağılımının her analiz adımında güncellendiğini gösterir (yakınsama güçlüklerinden dolayı analiz adımının azaltıldığı durumlar, bknz. otomatik adım ayarı, istisnai bir durum teşkil etmektedir). Kullanıcı tarafından fazla sayıda analiz adımı tanımlanması durumunda güncelleme sıklığını "1"den daha büyük bir tamsayı olarak girmek (modal ölçekleme vektörü her adımda güncellenmez), analiz sonucunda herhangi bir yanlışlığa neden olmaz ve analiz süresini azaltır.

Modal Birleştirme Metodu

Modal ölçekleme vektörünün hesabında üç farklı modal birleştirme kuralı uygulanabilir, bunlar (i) iyi bilinen **SRSS (Square Root of the Sum of Squares)**, (ii) **CQC (Complete Quadratic Combination)** ve (iii) **CQC3 (Üç bileşenli CQC)** olarak sıralanır [bknz ör: Clough ve Penzien, 1993; Chopra, 1995; Menun ve Der Kiureghian 1998]. Sıralanan bu modal birleştirme metodlarının hepsi, eklentili yapıya sahip olmaları kaynaklı bir takım kısıtlamalara sahiptirler; bu konu birçok araştırmacı tarafından belirtilmiş olup [ör. Kunnath, 2004; Lopez, 2004; Antoniou ve Pinho, 2004a] optimum ideal bir metod henüz tanımlanmamıştır. Yer Değiştirmeye dayalı Adaptif İtme'nin kullanımıyla bahsi geçen kısıtlamaların kısmi olarak üstesinden gelinebilir (ör: Antoniou ve Pinho [2004b], Pinho ve Antoniou [2005], ve diğerleri).

Bütün bunlara ek olarak, kullanıcılar modal ölçekleme vektörünün hesabında **Tek Mod** da kullanabilirler. Bu durumda, kullanıcılardan modun sayısı ve ilgili serbestlik derecelerin tanımlanması istenir. Böylesine bir yaklaşım, kullanıcının söz konusu sahanın beklenen/dizayn yer hareketinin tahmin edip gösteremediği durumlarda oldukça kullanışlıdır. Bu durumda kullanıcı DAP (Yer değiştirmeye dayalı Adaptif İtme) -1.modu kullanmalıdır (sadece binalar için geçerlidir).



Adaptif İtme sekmesi penceresi

Özdeğer-Eigenvalue

Özdeğer veya adaptif itme analizlerinin çalıştırılması gereken durumlarda kullanıcılar yapının titreşim modlarını bulmak için **Lanczos algoritması** (Hughes [1987]) veya **Ritz dönüştürmeli Jakobi algoritması** özdeğer çözücülerinden istediklerini seçebilirler. Otomatik seçeneği seçildiğinde, binanın serbestlik derecelerinin sayısına bağlı olarak en uygun özçözücü kullanılacaktır. Her bir algoritma aşağıda detaylarıyla anlatılmaktadır.

Lanczos algoritması

Bu özdeğer çözücüsünde aşağıda belirtilen parametreler kullanılmaktadır:

- **Özdeğer Sayısı**. Kullanıcı tarafından istenen azami özdeğer sayısı. Varsayılan değer olarak 10 atanmıştır, bu değer en azından düzgün yapısal konfigürasyonlarda, tüm titreşim modlarının yakalanmasında yeterlidir. Kullanıcılar yapısal düzensizliğin bulunduğu üç boyutlu köprü veya yapıların analizlerinde gerekmesi durumunda 10. modun ötesini de elde edebilirler.
- **Azami Adım Sayısı**. Yakınsamanın gerçekleşmesi için gereken azami adım sayısını tarif eder. Varsayılan değeri 50'dir. Bu değer, yapısal konfigürasyonların bir çoğunda çözümün her zaman elde edilmesini garanti eder.

NOT 1: SeismoStruct'ta tanımlanan Lanczos algoritması az sayıda serbestlik derecesinin (ör: 1-3 arası) olduğu küçük modellerde yakınsama problemleri yaşayabilir. Kullanıcıların böyle durumlarda Jacobi-Ritz seçeneğini seçmeleri önerilir.

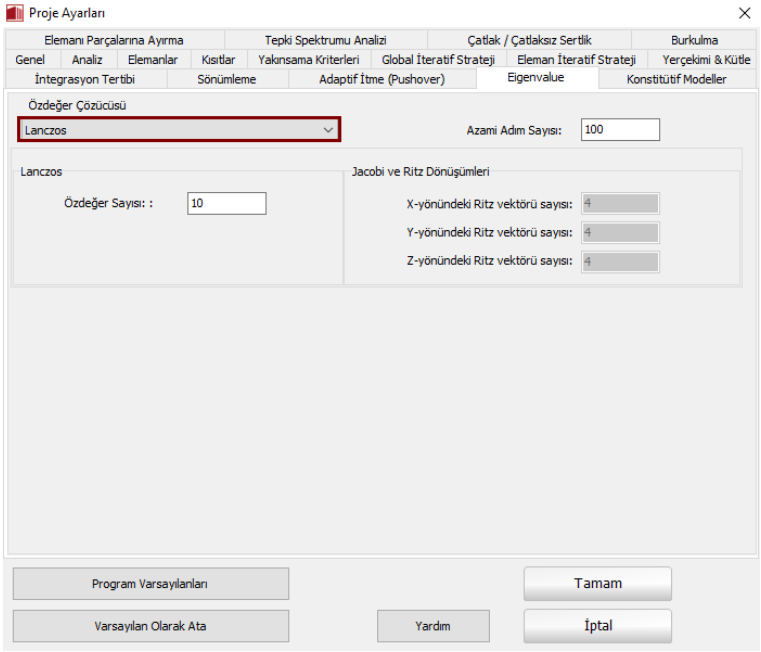
NOT 2: Lanczos algoritması kullanılarak çalıştırılan analizlerde bazı durumlarda "bütün Lanczos vektörleri yeniden ortogonalize edilemedi" mesajı belirebilir. Bu mesajın anlamı Lanczos algoritmasının bazı titreşim modlarını hesaplayamamış olduğudur. Bu hata (i) bağlantı hatalarının bulunduğu modellerde (ör. bağlanmamış düğümler/elemanlar) veya (ii) bağlantı elemanlarının/mafsalların bulunduğu karmaşık modellerde çıkar. Kullanıcıların modellerini dikkatlice araştırıp herhangi bir modelleme hatası bulamadığı durumlarda, modelleri karmaşıklaştıran öğeleri kaldırılarak "basitleştirme" yoluna gidilmelidir. Ancak bu yolla, sorunun nederen kaynaklandığı anlaşılabilir ve akabinde nasıl bir yol takip edileceği anlaşılabilir. Mevcut hata çok fazla titreşim modunun hesaplanmasının istediği durumlarda (ör. 24 SD'nin bulunduğu bir modelde 30 titreşim modunun hesaplanmasının istenmesi) veya özdeğer çözücünün çok fazla moda ulaşamadığı (SD sayısı > mod sayısı koşulunun sağlandığı) durumlarda da belirir.

Ritz dönüştürmeli Jacobi algoritması

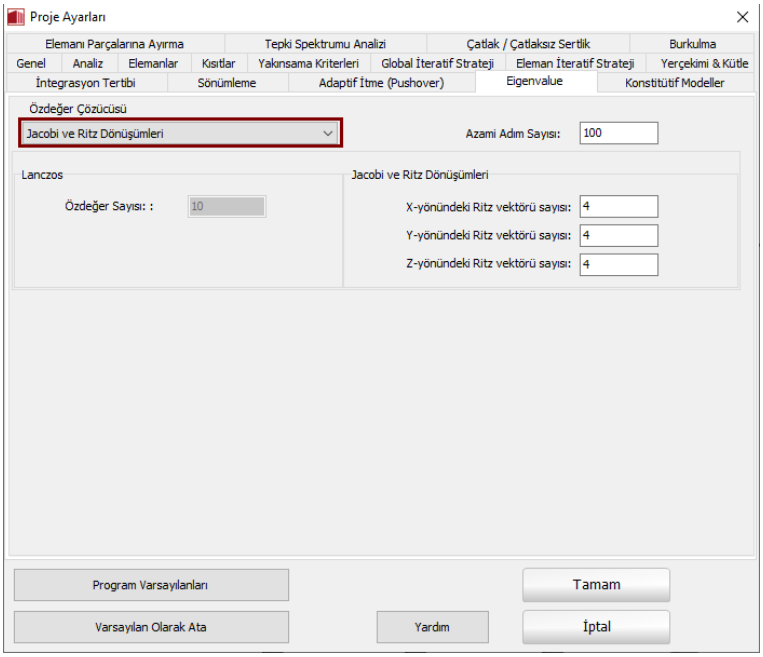
Kullanıcılar aşağıda belirtilen değişkenleri belirleyebilirler.

- **Ritz vektörü sayısı** (ya da mod sayısı). Bu parametre herhangi bir doğrultuda (X, Y, Z) oluşturulacak olan Ritz vektör sayısını belirler ve serbestik derecesi sayısını geçemez.
- **Azami adım sayısı**. Varsayılan değer 50'dir, genelde değiştirilmesine ihtiyaç duyulmaz.

NOT: Farklı doğrultularda toplam Ritz vektör sayısı, karşılık gelen serbestik derecesi sayısını geçemez (mantıklı dinamik modlara ait); aksi takdirde gerçek dışı mod şekilleri ve değerleri elde edilir.



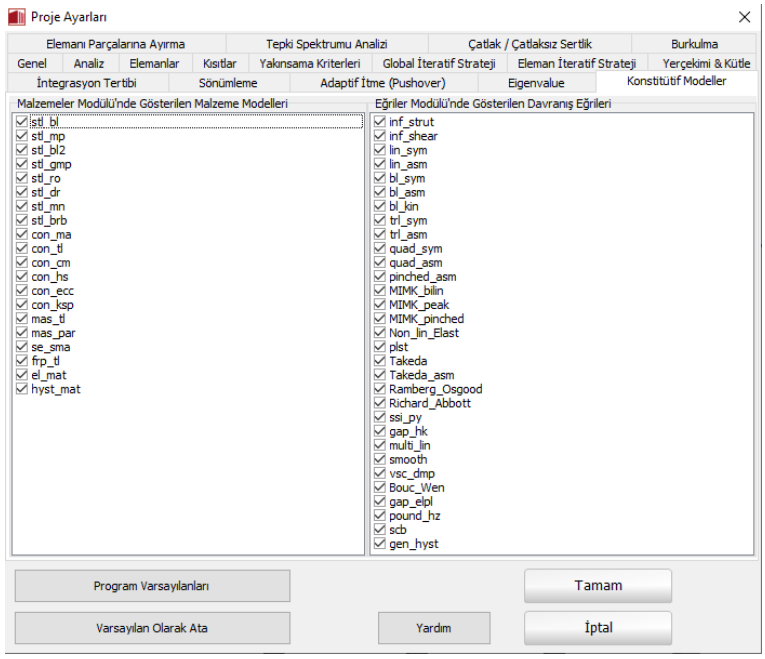
Özdeğer sekmesi penceresi – Lanczos algoritması



Özdeğer sekmesi penceresi – Jacobi algoritması

Konstitütif modeller

Burada,*Malzemeler* ve *Eleman Sınıfları* modülünde görüntülenecek olan malzeme modelleri ve tepki eğrileri sırasıyla etkinleştirilebilir.

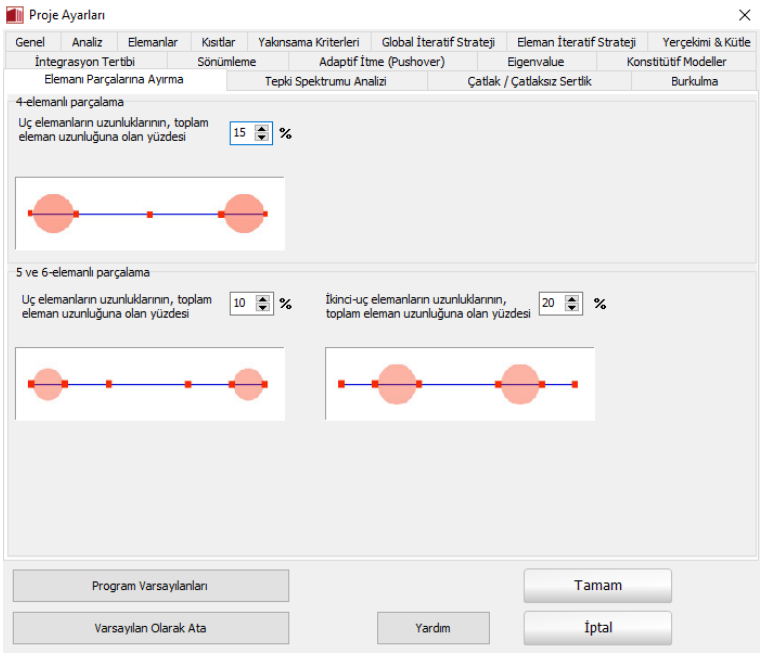


Konstitütif modeller sekme penceresi

NOT: Varsayılan ayarda tüm modeller seçili durumdadır.

Elemanı Parçalarına Ayırma

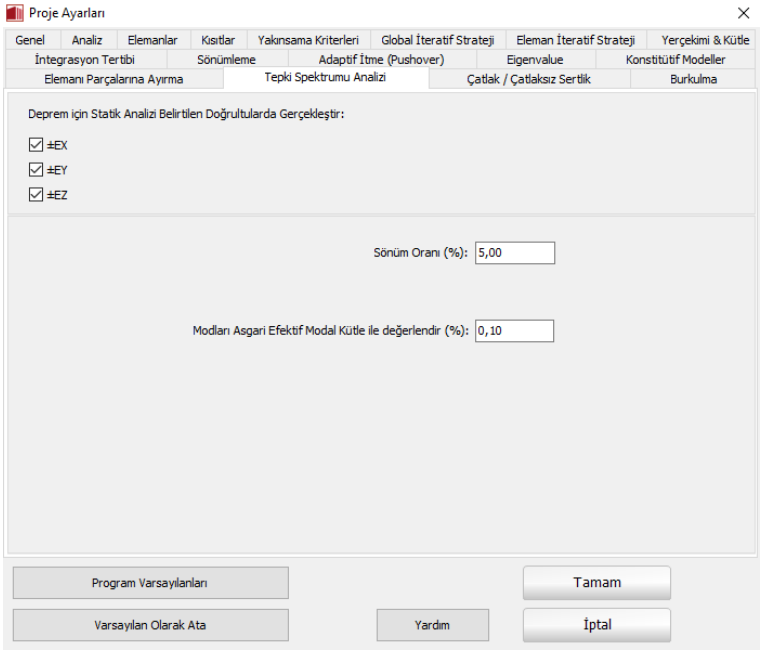
Kullanıcılar, Eleman Bağlantıları modülünde tanımlanan mevcut elemanları 2, 4, 5 veya 6 parçaya bölebilirler. Genel olarak elemanların uç kısımlarında elastik dışı davranış gözlendiği için, parçalamanın ardından bu bölgelerin boylarının daha kısa olması modelin doğruluğunu artırır (plastik mafsal oluşumu daha detaylı olarak dikkate alınır). Bu tür kenar elemanlarının uzunluğu bu menüde özelleştirilebilir. 4 parçaya bölünen elemanlarda, uç parçaların boyu varsayılan olarak yapısal elemanın uzunluğunun %15'i kadardır, bu sayede seçilen eleman %15-%35-%35-%15 şeklinde parçalarına ayrılmış olur. 5 ve 6 adet parça için uç ve ikinci kısımlarının boy oranlarını tanımlamak gereklidir (uç kısım için varsayılan= başlangıç uzunluğunun %10'u, ikinci kısım için varsayılan= başlangıç uzunluğunun %20'si).



Parçalara Bölme sekmesi penceresi

Tepki Spektrumu Analizi

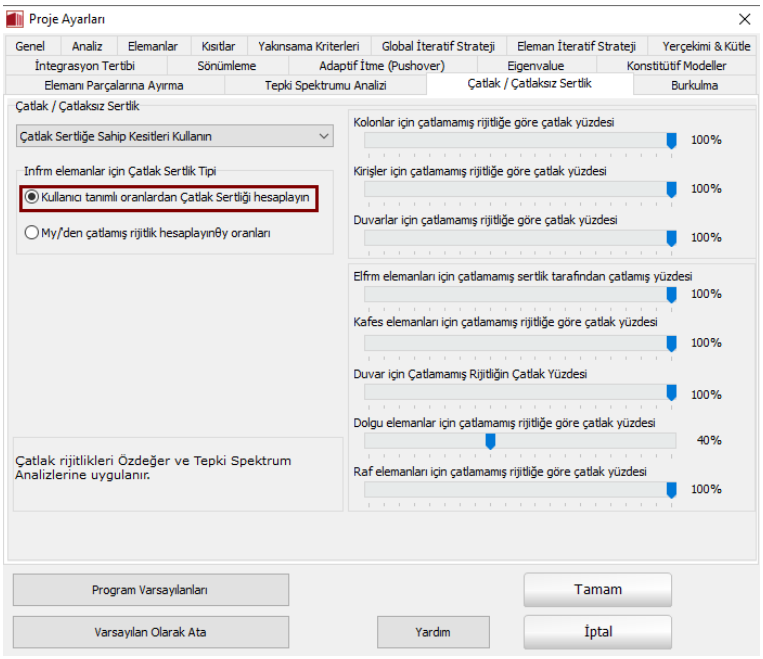
SeismoStruct v7.0 içerisine Tepki Spektrumu Analizi eklenmiştir. Burada kullanıcıların sismik bileşenlerin hangi doğrutularda etkidiğini seçmesi gerekmektedir (varsayılan olarak bu doğrultular: ±EX, ±EY, ±EZ şeklinde seçili durumdadır). Ayrıca, modelin sönüm oranı ve asgari efektif modal kütle tanımlaması yoluyla hangi modların dikkate alınacağının tayini de yapılır. Sönüm oranı için varsayılan değer %5; asgari efektif modal kütle içinse %0.1'dir.



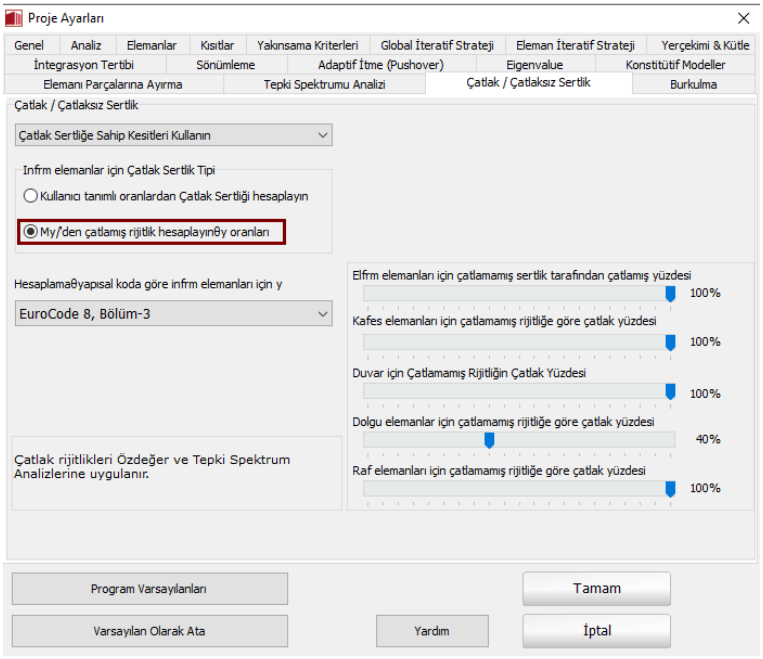
Tepki Spektrumu Analizi sekmesi penceresi

Çatlamış/Çatlamamış Rijitlik

Kullanıcılar, çatlama rijitliğine sahip kesitleri kullanmayı seçerek doğrusal analizlerde (Özdeğer ve Tepki Spektrumu analizleri sırasında) çatlamanın etkisini hesaba katabilirler.Çatlak rijitlik, çatlamamış rijitliğin yüzdesi olarak veya sadece elastik olmayan çerçeve elemanları olması durumunda, kesitin sahip olduğu M_y/θ_y (akmada eğilme momenti/akmada eleman dönüş kapasitesi) oranından tanımlanabilir.İkinci durumda, kullanıcılar verimde eleman dönüş kapasitesinin hesaplanması için kullanılan yönetmeliği (kodu) seçmelidir.



Çatlamış/Çatlamamış Rijitlik sekme penceresindeki kullanıcı-tanımlı oranlar



Çatlamış/Çatlamamış Rijitlik sekme penceresi

Burkulma

Burkulma analizinin çalıştırılması gerektiğinde, yapının titreşim modlarını belirlemek için özdeğer analizi kullanılır.

Ritz dönüşümü ile Jacobi algoritması

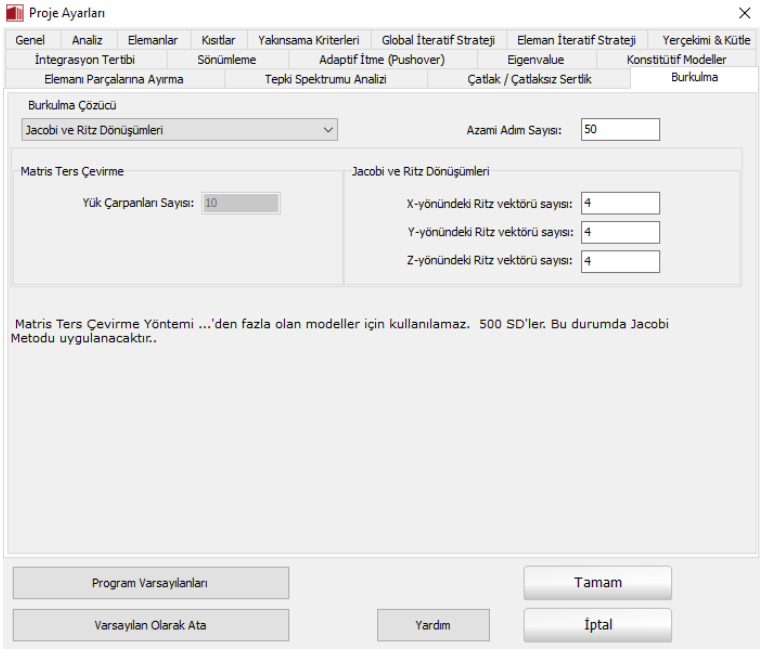
Ritz dönüşümlü Jacobi algoritmasında kullanıcı şunları belirtebilir:

- Her yönde (X, Y ve Z) oluşturulacak **Ritz vektörlerinin** (yani modların) **sayısı**.Bu sayı toplam serbestlik derecesi sayısını aşamaz.
- **Azami adım sayısı**. Varsayılan değeri 50 olup, genelde değiştirilmez.

Matris Ters Çevirme

Yük çarpanlarının sayısı matris inversiyonunda tanımlanmalıdır. Kullanıcının ihtiyaç duyduğu maksimum yük çarpanı sayısı varsayılan değer olarak 10'dur. Kullanıcılar çok esnek binaları analiz ederken bu parametreyi artırmak isteyebilirler.

NOT: Kullanıcılar, farklı yönlerdeki toplam Ritz vektörü sayısının karşılık gelen toplam serbestlik derecesi sayısını (veya yapısal olarak anlamlı modların sayısını) aşmadığından emin olmalıdır, aksi takdirde gerçekçi olmayan mod şekilleri ve değerleri oluşturulmuş olur.



Burkulma sekmesi penceresi

Yakınsama Kriterleri

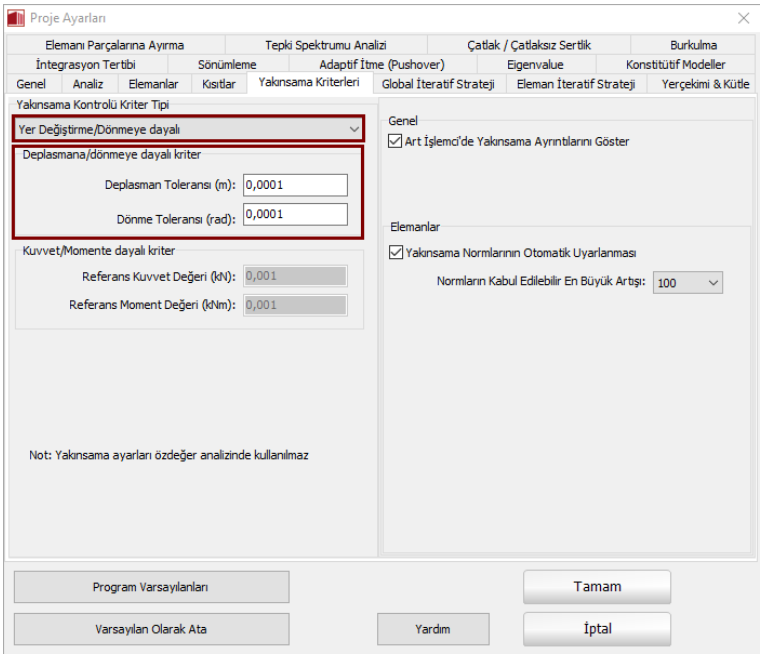
SeismoStruct içerisinde, her iterasyon sonunda yapılan, yakınsama kontrolleri için dört farklı kriter şeması kullanılmaktadır.

- Yer değiştirmeye (Deplasmana)/Dönmeye dayalı
- Kuvvete/Momente dayalı
- Yer değiştirmeye (Deplasmana)/Dönmeye VE Kuvvete/Momente dayalı
- Yer değiştirmeye (Deplasmana)/Dönmeye VEYA Kuvvete/Momente dayalı

NOT: Her analizde işleyecek herhangi bir yakınsama kriter seti bulunmamaktadır. SeismoStruct'ta tanımlı olan varsayılan değerler analizlerin büyük bir çoğunluğunda iyi çalışmakla birlikte, bazı durumlarda değiştirilmeleri gerekmektedir. Değişikliğin gerektiği durumlar genellikle ciddi davranış düzensizliklerinin bulunduğu zahmetli analizlerdir (ör: büyük rijitlik kontrastlarının bulunması, bazı yapısal elemanların burkulması, yükleme düzeninde ve şiddetinde ani değişikliklerin olması, vb). Sıkı yakınsama koşulları, elbette ki, nümerik kararlılığı artırıp yapının doğru olmayan bir daha az kararlı yolda ilerlemesini engeller, çok sıkı olmaları koşulundaysa yakınsamaya ulaşmak neredeyse imkansız bir hal alır.

Yer değiştirmeye (Deplasmana)/Dönmeye dayalı

Yakınsama kontrolü, her bir ayrı serbestlik derecesi düzeyinde yapılır. Düğüm noktalarındaki mevcut iteratif yer değiştirme/dönme değerinin kullanıcı tarafından tanımlanmış olan toleranstan küçüp olup olmama durumu kontrol edilir ve dolayısıyla kullanıcıya çözüm hassasiyeti ya da problem çözümünde sahip olunan yaklaşıklık üzerinde direkt olarak bir kontrol imkanı sağlar. Ayrıca, analizlerin birçoğunda, düğümsel düzeyde yapılan bu kontrol aynı zamanda genel (global) çözüm doğruluğunu da sağlar. Bu nedenlerden dolayı bu kontrol SeismoStruct içerisinde varsayılan ayar olarak kullanılmakta olup varsayılan değerleriyse yer değiştirme toleransı olarak 0.1 mm, dönme toleransı olaraksa 1e-4 radyandır (bu ayarlar birçok çözümde yeteri kadar hassasiyet sağlamaktadır).

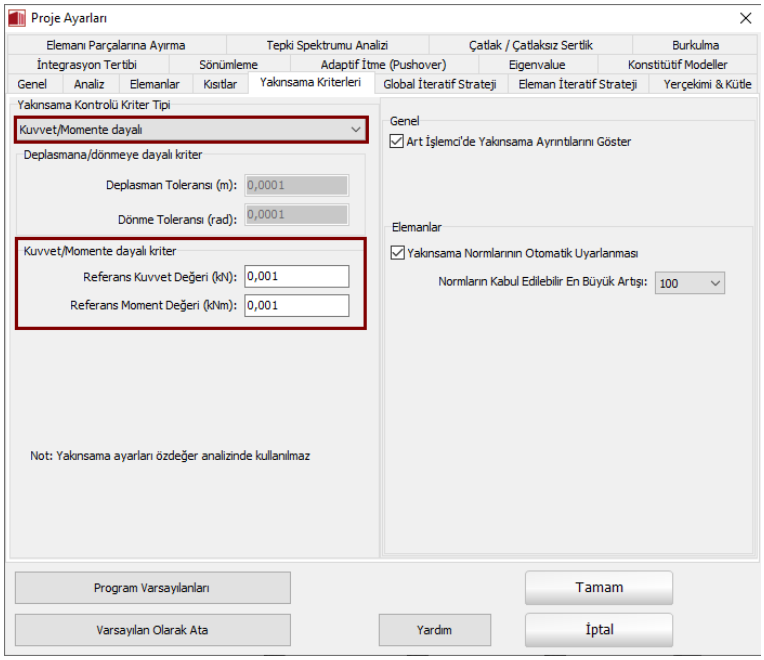


Yakınsama Kriterleri sekmesi penceresi –Yer değiştirmeye (Deplasmana)/Dönmeye dayalı

Kuvvete/Momente dayalı

Bazı durumlarda yer değiştirme/dönmeye dayalı yakınsama kontrolü nümerik olarak kararlı ve/veya hassas çözümlere ulaşılmasını garanti edemeyebilir. Bunun nedeni, bazı özel koşullar altında, yakınsanan yer değiştirme/dönme dengesinin aynı zamanda kuvvet/moment dengesini sağlayamamasıdır. Örneğin, basit yapısal sistemler için (ör: ankastre kiriş) deplasman/dönme yakınsaması birkaç iterasyonda sağlanabilirken, bu birkaç iterasyon kuvvet ve moment dengesinin istenilen ölçüde sağlanmasında yeterli olmayabilir. Bu durum özellikle betonarme kesitlerin tanımlı olduğu durumlarda daha belirgin olarak ortaya çıkar; çünkü bu kesitlerde sahip olunan gerilme-birim şekil değiştirme dağılımları (büyük olan kesit boyutlarının bir sonucu olarak) son derece karışık bir yapıya sahip olabilir ve tamamen dengelenebilmesi için çok daha fazla sayıda iterasyona ihtiyaç duyabilir. Böylesine durumlarda, eğer kuvvet/momente dayalı yakınsama tertibi seçili değilse, yapının

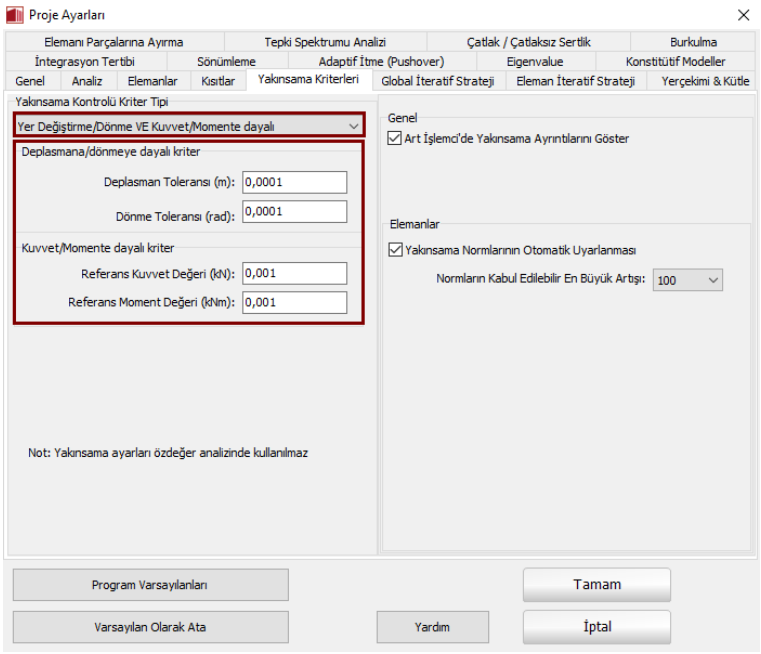
davranışı son derece biçimsiz olabilir ve kesitlerde gerçek dışı ani moment ve kesme kuvveti tesir farklarına rastlanabilir (itme analizlerinde düzgün olmayan yük-yer değiştirme davranış eğrileri elde edilir). Ek A'da da belirtildiği gibi, bu durumlarda, tolerans kontrolü global bir ölçekte yapılır ve varsayılan değeri 1e-3'tür.



Yakınsama Kriterleri sekmesi penceresi –Kuvvete/Momente dayalı

Yer değiştirmeye (Deplasmana)/Dönmeye VE Kuvvete/Momente dayalı

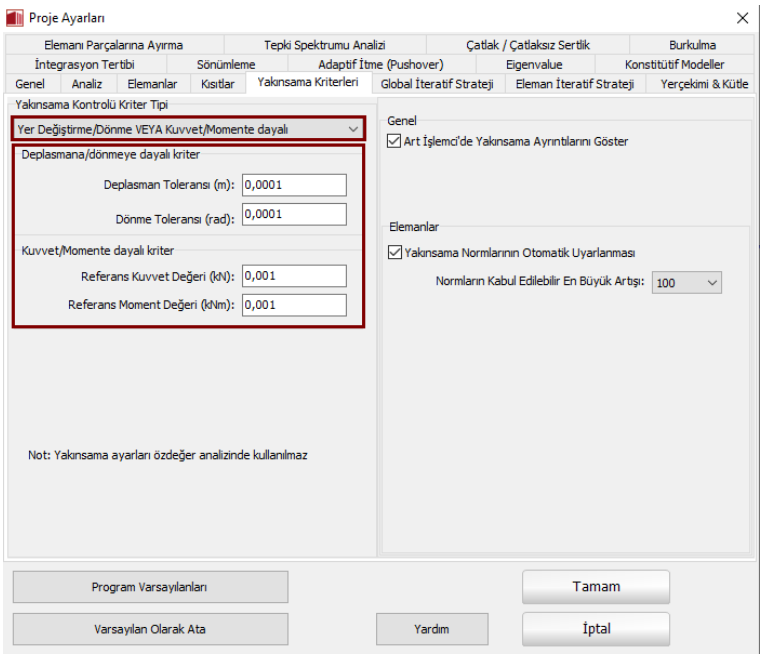
Yukarıda yapılmış olan açıklamalar göz önünde bulundurulursa, açıkça anlaşılabilir ki çözümün doğruluğu ve analiz üzerindeki azami olarak kontrol yer değiştirme/dönmeye dayalı tertip ile kuvvet/momente dayalı tertibin birlikte kullanıldığı durumlarda kullanılır. Bu seçenek varsayılan olarak tanımlanmamıştır; bunun nedeni Ek A'da da belirtildiği gibi sonsuz rijit bağlantı elemanlarının bulunduğu durumlarda kuvvet/momente dayalı şemanın yakınsama problemlerine neden olabilmesidir. Bu şema tartışmasız olarak SeismoStruct içerisinde tanımlı olan en sıkı kontrolü sağlar ve deneyimli kullanıcıların çözüm doğruluğunun en önemli kriter olduğu durumlarda kullanmaları tavsiye edilir.



Yakınsama Kriterleri - Yer değiştirmeye (Deplasmana)/Dönmeye VE Kuvvete/Momente dayalı

Yer değiştirmeye (Deplasmana)/Dönmeye VEYA Kuvvete/Momente dayalı

Son yakınsama şeması olarak bu seçenek kullanıcılara analiz kararlılığının sağlanabilmesi için en büyük rahatlığı sağlar. Yakınsama durumuna herhangi bir koşulun sağlanması durumunda ulaşılır. Bu seçeneğin kullanımı birincil önemin ulaşılacak çözümün doğruluğundan ziyade herhangi bir yakınsanmış yapısal çözüme ulaşmada olduğu durumlarda önerilir.



Yakınsama Kriterleri - Yer değiştirmeye (Deplasmana)/Dönmeye VEYA Kuvvete/Momente dayalı tertip

Genel

Kullanıcılar, analiz sırasında ortaya çıkabilecek yakınsama zorluklarının Art İşlemcide görünüp görünmeyeceğini seçebilir. Varsayılan seçenek, yakınsama zorluklarını göstermektir.

Elemanlar

Yakınsamanın elde edilmesinin zor olduğu analizin belirli adımlarında Yakınsama Normlarının Otomatik Uyarlanması seçilirse, program, yakınsamayı sağlamak ve programın sonraki adımlara geçmesine izin vermek için tanımlanmış yakınsama normlarını akıllıca artırabilir. Yakınsama normlarının değerinde sonsuz artışa izin vermemek için, Kabul Edilebilir En Büyük Norm Artışı açılır kutusu tarafından bir sınır belirlenir. Varsayılan seçenek, yakınsama normunun otomatik olarak uyarlanmasına izin vermektir.

NOT 1: Kuvvete dayalı elemanlardaki yakınsama güçlükleri, genellikle çok sayıda entegrasyon bölümünün (örneğin varsayılan 5) eleman ayrıklaştırması (tipik olarak, donatı detaylarının değiştiği kirişlerde) ile birlikte kullanılmasından kaynaklanır. Bu gibi durumlarda, kullanıcılar entegrasyon bölümlerinin sayısını 3'e indirmelidir.

NOT 2: Ek A'da tartışıldığı gibi, FB formülasyonları, eleman boyunca etki eden yükleri gerektiği gibi dikkate alabilir, böylece, elemanın uç düğümlerinde yayılı yüklerin eşdeğer nokta kuvvetlerine/momentlerine dönüştürülmesi ve daha sonra uzun süreli gerilim geri kazanımının gerçekleştirilmesi ihtiyacı ortadan kalkar.

Global İteratif Strateji

SeismoStruct içerisinde tüm analizler potansiyel olarak doğrusal olmayan (nonlineer) olarak kabul edilir ve artırımsal bir çözüm prosedürü uygulanır. Bahsi geçen prosedürde yükler ön tanımlı artırımlar halinde uygulanır ve iteratif bir yol izlenerek dengelenir (tek istisna özdeğer çözümünü gerektiren problemlerdir). Burada kullanılan iteratif prosedürün bazı detayları ve teorik altyapısı tartışılacaktır. Daha fazla detay için kullanıcıların Ek A'da bulunan Doğrusal Olmayan (Nonlineer) Çözüm Prosedürü kısmına başvurmaları önerilmektedir.

Azami iterasyon sayısı

Bu parametre her yük artırımında (analiz adımında) takip edilecek azami iterasyon sayısını belirtir. **Varsayılan değer 40** olup, bir çok problemde de yeterli bir sayıdır. Bazı durumlarda yapı son derece yüksek düzeyde geometrik nonlineerite ve/veya malzeme inelastisitesi gösterebilir, bu durumlarda 40 sayısı daha da artırılabilir. Benzer bir durum modelleme sırasında çok büyük veya küçük rijitliklerin kullanılması halinde de gerçekleşir (ör. rijit bağlantı elemanlarının bulunduğu modeller).

Rijitlik güncelleme sayısı

Bu parametre analiz adımının başınan itibaren yapının tanjant rijitlik matrisinin güncellemesinin kaç iterasyon sayısında bir yapılması gerektiğidir. Bu değerin "0" olarak tanımlandığı durumlarda Newton-Raphson (mNR) prosedürü uygulanır, "Azami İterasyon Sayısı"na eşit olması durumunda da Newton-Raphson (NR) prosedürü takip edilir.

Genellikle ideal rijitlik güncelleme sayısı azami iterasyon sayısı'nın %50 ila %75'ine denk gelir. Bu aralıkta sağlanan bir oran analiz süresi ve stabilite arasında optimum bir denge sağlar (zira rijitlik matrisi güncellenmezse denge sağlanana kadar daha fazla iterasyon gerekir ve analiz süresi uzar ya da güncelleme sık yapılırsa denge daha az iterasyonda sağlanır fakat analiz süresi güncellemelerden dolayı yine artar). Bu parametrenin **varsayılan değeri** biraz daha muhafazakar bir değer olarak **35** olarak tanımlanmıştır ve dolayısla NR-mNR arasında hibrid çözüm prosedürü uygulanır (bknz. Artırımsal Iteratif Algoritma).

Iraksama iterasyonu

Bu değişken hangi iterasyondan başlayarak ıraksama ve iterasyon tahmini kontrollerinin yapılacağını gösterir (daha fazla detay için bknz. ıraksama ve iterasyon tahmini). Bu sayıyı takip eden tüm iterasyon adımlarında, bulunan sonucun ıraksanma durumu veya yakınsama için tahmini iterasyon sayısına

ulaşılması durumlarında mevcut adımdaki iterasyonlar durdurulup, yük artırımı (veya zaman adımı) azaltılır ve analiz dengenin sağlanmış olduğu bir önceki adım sayısının sonundan tekrar iteratif olarak başlatılır.

Bahsi geçen bu iki kontrol, dengenin sağlanması için fazladan yapılacak olan gereksiz iterasyonları yapmamak için çok yararlıdır. İmkansız olmasa bile, her durum için çalışabilecek ıraksama iterasyonu ve iterasyon tahmini parametreleri tanımlamak son derece zordur. Örneğin, ıraksama iterasyonunu çok düşük olursa yüksek derece nonlineerite gösteren sistemlerde hiçbir zaman yakınsama sağlanamazken, çok yüksek olursa da sadece numerik olan yapısal modlar ortaya çıkar ve yine analiz hiçbir zaman yakınsama sağlamayabilir (ör. rijit bağlantı elemanlarının tanımlanarak rijitlik kontrastının bulunduğu nümerik modellerde de geçerlidir). Tüm bu nedenlere de dayanarak ıraksama kontrolü olarak azami iterasyon sayısının %75'i başlangıç olarak iyi bir değerdir, SeismoStruct içerisinde **varsayılan değeri 32**'dir.

Azami Tolerans

Nümerik kararsızlık'ta da tartışıldığı üzere çözümün nümerik olarak kararsız duruma gelmesi takip edilen analiz adımı içerisinde yapılan her iterasyonda kontrol edilir (dengede olmayan kuvvetlerin Euclidian normunun, uygulanan yük vektörünün birkaç mertebe üzerinde olan ön tanımlı bir azami tolerans değeriyle (**varsayılan=1e20**) karşılaştırılması yoluyla yapılır, ayrıntılar için Ek A'ya başvurunuz). Dengede olmayan kuvvetlerin normunun tanımlanan toleranstan büyük olması durumunda çözüm nümerik olarak kararsız bulunur, mevcut analiz adımı içerisinde kullanılan yük artırımı (veya zaman adımı) azaltılarak iteratif prosedür bir önceki dengede olan analiz adımının sonundan yeniden başlatılır.

Azami Adım Azaltımı

Yakınsamanın sağlanamadığı durumlarda ıraksama veya nümerik instabilite meydana gelir. Bu gibi durumlarda, SeismoStruct içerisinde tanımlı olan otomatik adımlama algoritması devreye girer ve analiz bir önceki dengede olan adımdan yeniden başlamadan önce hesaplanacak adımdaki yük artırımını veya zaman adımı azaltır. Ayrıca, kötü davranışa sahip olan (yani hiçbir zaman yakınsamayan) analizleri sonsuza kadar çalıştırmamak için bir de azami adım azaltma katsayısı kontrolü de yapılır. Başka bir söyleyişle ıraksayan iterasyon serisi sonucunda azaltılmış yük artırımı (veya zaman adımı) analiz başında tanımlanan ilk yük artırımına (veya zaman adımı) oranlanır ve mevcut adımda kullanılacak olan adım azaltma katsayısı elde edilir; söz edilen katsayının azami adım azaltımı değerinden (**varsayılan değer=0.001**, yani adım içerisinde tanımlı olan yük artırımı veya zaman adımı en fazla 1000 kat küçültülebilir) küçük olması durumunda analiz kötü davranışlı olarak hükmedilir ve durdurulur.

Asgari İterasyon Sayısı

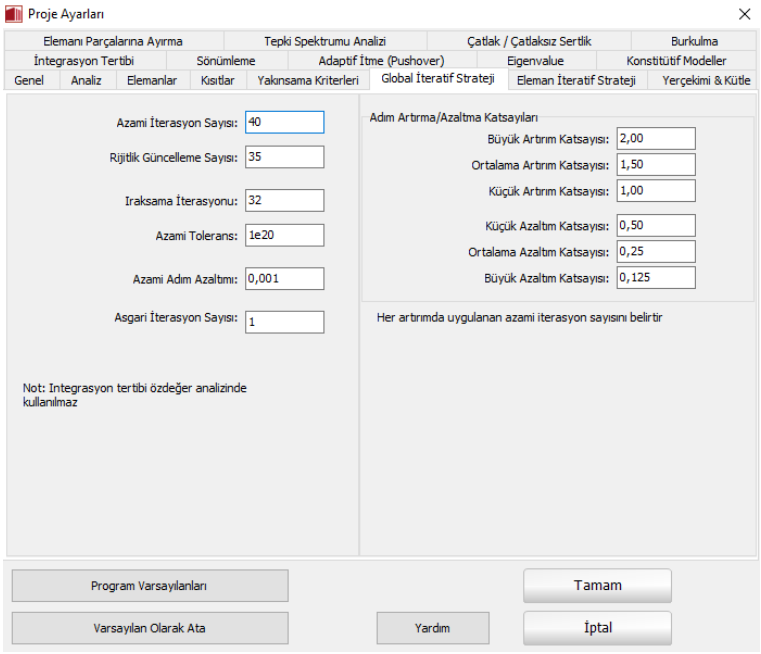
Bu değişken her bir yük artırımı (ya da analiz adımı) içerisinde tanımlanacak olan asgari iterasyon sayısını tanımlar. **Varsayılan değeri 1**'dir. Daha iyi bir yakınsama sağlanabilmesi için deplasmana dayalı kontrollerde gevşek, kuvvete dayalı kontrollerdeyse sıkı olarak tanımlanmalıdır (küçük modeller ve yüksek derecede inelastisiteye sahip bölgeler için).

Adım Artırma/Azaltma Katsayıları (Çarpanları)

SeismoStruct adım azaltımlarında yakınsanamama düzeyine uyum gösteren bir yapıya sahiptir. Yakınsanamayan çüzümün yakınsama koşullarından çok uzak olduğu durumlarda büyük bir adım azaltma katsayısı kullanılır (varsayılan=0.125, mevcut analiz adımı 8 adet eşit parçaya bölünür). Eğer yakınsanamayan çözüm yakınsanma koşullarına neredeyse ulaşmışsa küçük bir adım azaltma katsayısı seçilir (varsayılan=0.5, mevcut analiz adımı 2 adet eşit parçaya bölünür). Bu ikisinin arasında kalan durumlardaysa ortalama bir adım azaltma katsayısı kullanılır (varsayılan=0.25, mevcut analiz adımı dört adet eşit parçaya bölünür).

Otomatik adımlama'da da belirtildiği gibi yakınsama sağlandıktan sonra, yük artırımı veya zaman adımı kullanıcı tarafından tanımlanan ilk değerine kademeli olarak artırılır. Bu işlem adım artırma katsayısı yoluyla gerçekleştirilir. Analizin etkili bir biçimde yakınsandığı bir durumda (detaylar için Ek A'ya bakınız), küçük bir adım artırma katsayısı (varsayılan=1.0, mevcut artırım bir sonraki adımlarda

değiştirilmez) kullanılırken analizin pek de etkili bir şekilde yakınsanmadığı durumlarda (detaylar için Ek A'ya bakınız) büyük bir adım artırma katsayısı kullanılır (varsayılan=2.0, mevcut yük artırımı 2 katına çıkarılır). Bu ikisinin arasında kalan durumlardaysa ortalama bir adım artırma katsayısı kullanılır (varsayılan=1.5, mevcut artırım %50 artırılarak kullanır).



Global Iteratif Strateji sekmesi penceresi

NOT: Her bir analiz için geçerli olacak artırımsal/iteratif değişken setinin mevcut olmadığı önemle belirtilmelidir. SeismoStruct'ın varsayılan özellikleri genelde iyi çalışmasına karşın bazı koşullarda, özellikle ciddi doğrusal olmayan davranış beklenen durumlarda, değiştirilmelidir (ör. rijitlik kontrastının mevcudiyeti, bazı yapısal elemanların burkulması, yükleme dağılımında ve şiddetinde önemli değişimlerin olması, vb). Örnek olarak, küçük bir adımsal yük artırımı yapıyı daha az kararlı ve hatalı bir davranıştan uzaklaştırarak çözümü nümerik olarak daha kararlı bir hale getirirken, çok küçük bir adımsal yük artırımının seçilmesi de yakınsamayı neredeyse imkansız kılacaktır. Zorluklarla yüzleşen kullanıcıların teknik destek forumu olan Technical Support Forum'a başvurmaları durumunda ek destek ve tavsiyeler sağlanacaktır.

Eleman İteratif Stratejisi

SeismoStruct içerisinde tüm analizler potensiyel olarak nonlinear olarak ele alındığı için, artımsal bir iterative çözüm sürecinden geçirilirler.

Kuvvete Dayalı Eleman Tipi / Kuvvete Dayalı Plastik Mafsal Eleman Tipi

Her bir kuvvete dayalı elemanın denge koşullarına ulaşabilmesi için bir seri iterasyona ihtiyaç duyar [ör. Spacone et al. 1996; Neuenhofer and Filippou 1997]. Bu elemanlarda kullanılan azami iterasyon sayısı ile kullanılan kuvvet yakınsama ve tolerans kriterleri aşağıda tanımlanıldığı gibidir:

- **Eleman Döngüsü Yakınsama Toleransı**. Varsayılan değeri 1e-5'tir (yakınsama problemleri durumunda, kullanıcılar 1e-4'e kadar artırabilirler)
- **Eleman Döngüsü Azami İterasyonu** (elm_ite). Varsayılan değeri 300'dür. Bu değer zaten büyüktür (genelde yakınsama için 30 iterasyon yeterli olur), artırılması gerekli olan fbd_ite hata mesajının düzenli olarak çıktığı durumlarda 1000'e kadar artırılabilir.

Analiz çalıştırılırken, analiz log'larında *elm_inv* ve *elm_ite* mesajları belirebilir. Bu mesajların anlamları sırasıyla eleman rijitlik matrisinin tersinin alınamaması ve eleman azami döngü sayısına ulaşılmasıdır. Her iki durumda da global yük artırımı Ek A'da belirtildiği gibi daha küçük parçalara bölünmüştür (sadece *elm_ite durumundadengede olmayan eleman kuvvetlerine izin verme* seçeneği kullanıcı tarafından seçildiği durumlar hariç).

Yakınsamanın sağlanamadığı durumlarda bile kullanıcılar (dengede olmayan) eleman tesirlerinin global iç kuvvet vektörüne transferine izin verebilirler. Varsayılan bir ayar olmamakla birlikte bu yaklaşım global/yapısal düzeyde yakınsama sağlanmasında yardımcı olabilir (yük artırımı daha küçük parçalara bölünmez, eleman tesirleri ilerleyen iterasyonlarda dengeye ulaşmaya çalışır).

Deplasmana-dayalı Plastik-mafsal Elemanı Tipi

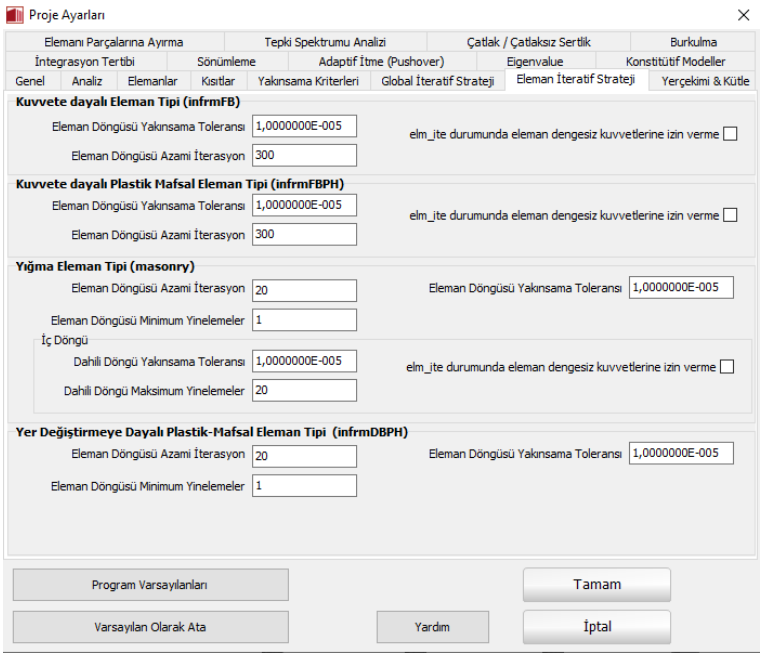
Eleman, bir dizi üç alt elemandan (elemanuçlarında iki bağlantı eleman ve ortada bir elastik çerçeve elemanı) oluştuğundan dolayı, iç dengeyi sağlamak için iteratif bir prosedür gereklidir.

Eleman iteratif stratejisi için gereken parametreler, izin verilen maksimum ve minimum iterasyon sayısı ve yakınsama normunun değeridir.Tipik olarak yakınsamanın sınırlı sayıda yineleme içinde sağlandığı gözlemlendiğinden, maksimum yineleme sayısı için varsayılan olarak göreceli olarak küçük bir değer verildiğine dikkat edilmelidir.Bu nedenle, yakınsama nispeten erken sağlanmazsa, yakınsama sağlanamama olasılığı yüksektir.

Yığma Eleman Tipi

Eleman, esas olarak yığma elemanının (burada 'alt eleman' olarak adlandırılır) eğilme davranışını modellemede kullanılan kuvvete dayalı bir eleman tipinden oluştuğu için, iki uçta iki bağlantı elemanının (burada 'bağlantı alt elemanları' olarak kullanılacaktır) kesme davranışını simüle edilmesi suretiyletanımlanır. Eleman düzeyinde dengenin sağlanabilmesi için biri kuvvete dayalı alt eleman, diğeri üç alt-eleman, bağlantı ve çerçeve kurulumuna ait olmak üzere iki dahili iteratif prosedürün takibi gerekir.

Dahili kuvvete dayalı alt elemana ilişkin parametreler, tipik kuvvete dayalı elemanlarla aynıdır ve aynı varsayılan değerlere sahiptir. Tüm eleman için takip edilecek harici iterasyon için parametreler, maksimum ve minimum iterasyon sayılarıyla yakınsama normu değeridir. Tipik olarak yakınsamanın sadece sınırlı sayıda iterasyon içinde elde edildiği gözlemlendiğinden, maksimum yineleme sayısı için varsayılan olarak göreceli olarak küçük bir değer verildiğine dikkat edilmelidir.



Eleman Iteratif Strateji sekmesi penceresi

Yerçekimi & Kütle

Malzemeler modülünde de belirtildiği üzere, kullanıcılar malzemelerin özağırlıklarını tanımlayabilir böylelikle yapısal elemanların kendi ağırlığı hesaplanabilir. Ayrıca **Element Sınıfları** modülünde ek yayılı kütleler de tanımlanabilir; ek olarak tanımlanan bu kütleler yapısal elemanlara dahil olmayan fakat yapının sabit ağırlığının içerisinde bulunan diğer yükleri temsil eder (ör. döşeme, yığma duvarlar, ince işler, değişken yüklemeler, vb). Bu adıma kadar tanımlanamamış olandiğer kütleler de yığılı ve yayılı kütle elemanları yoluyla tanımlanabilir ve **Eleman Bağlantıları** modülünde yapıya eklenip hesaba katılabilir (ör. bir su tankının yapının tepe noktasında yığılı olan kütlesinin hesaba dahil edilmesi). Son olarak, *Uygulanan Yükler* modülünde kalıcı yayılı yükler elemanlar üzerine her yönde uygulanabilir.

Burada, kütlelerin ne kadarının ve nasıl yüklere dönüştürüldüğü ve kütlelerin hangi serbestlik derecelerinde çözüme dahil edilecekleri tanımlanmaktadır.

Kütle Ayarları

Kütlelerin dinamik, IDA ve özdeğer analizlerinde katılmasında üç farklı seçenek mevcuttur: (i) Malzemelerinin özağırlıklarına, tanımlı olan ek kütle veya ek kütle elemanlarına bağlı olarak Çerçeve Elemanları yoluyla, (ii) Tekil ve yayılı olarak Yüklerden, (iii) hem (i) hem (ii) kullanılarak. Varsayılan ayar (i) olarak tanımlıdır.

Ayrıca, bazen, dinamik analizlerin çalıştırılması esnasında bir takım serbestlik derecelerinin tutulması analiz hızı ve yapısal ızgaranın olası yetersiz kalabileceği doğrultularda birtakım gerçek dışı davranışların önlenmesi bakımından kolaylık sağlayabilir. Bahsi geçen işlem, ilgilenilmeyen serbestlik derecelerinin yanındaki onay kutucuklarının kaldırılması yoluyla da buradan gerçekleştirilir (varsayılan ayar olarak tüm serbestlik dereceleri etkindir, yani seçilidir). Bu ayar, yığılı/yayılı kütle elemanlarının içerisindeki 'Kütle Doğrultuları' seçeneğine göre öncelikli durumdadır. Daha açıklamak gerekirse, örneğin, herhangi bir yayılı kütle elemanının x yönündeki katılımı istendiği için Global Kütle Doğrultuları'nda yalnızca x yönü seçiliyse bile, bu menüdeki tüm serbestlik dereceleri varsayılan olarak etkin olduğu için analiz içerisindeki kütle katılımı her doğrultuda olur.

NOT: İçeriğinde yayılı kütle/yükleme olan büyük modellerin analiz süresi kaçınılmaz olarak eşdeğer büyüklükteki (göreceli olarak daha basit yollarla yapının kütle/ağırlığı yoluyla tanımlanan) yığılı kütle ve noktasal yüklü durumlara göre daha uzundur. Kullanıcılar, yapısal elemanlardaki lokal gerilme durumlarıyla (ör. herhangi bir kirişin moment diagramı) ilgilenmekten ziyade daha çok yapının genel davranışıyla ilgileniyorsa (ör. çatı (tepe noktası) yerdeğiştirmesi ve taban kesme kuvveti), yığılı kütle/yüklerin kullanımı analiz süresini kısaltacağı için daha iyi bir alternatif olacaktır.

Yerçekimi Ayarları

SeismoStruct içerisinde yükler iki farklı şekilde model etkitilebilir: (i) Uygulanan Yükler modülü yoluyla ve/ya (ii) tanımlı olan kütlelerin dönüştürülmesi yoluyla.

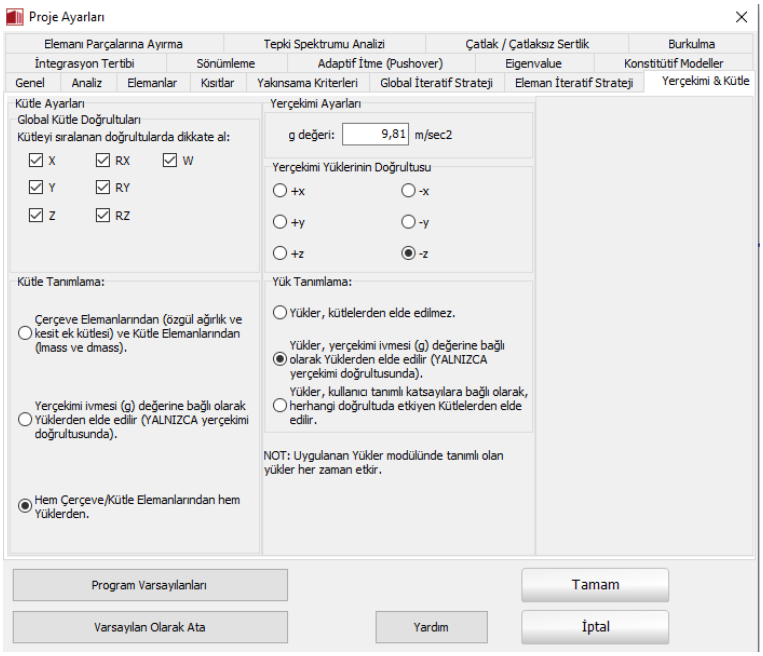
Yüklerin tanımlanmasında üç farklı seçenek mevcuttur: i) Yükler, kütlelerden elde edilmez ve sadece Uygulanan Yükler modülünde tanımlı olan yükler yapıya etkir; ii) Yükler, yerçekimi ivmesi (g) değerine bağlı olarak SADECE yerçekimi doğrultusunda kütlelerden türetilir (varsayılan ayar); iii) Yükler herhangi bir ötelenme doğrultusunda kullanıcı-tanımlı katsayıların kullanılması yoluyla kütlelerden elde edilir.

NOT 1: Uygulanan Yükler modülündeki yükler her zaman (kütle-yük dönüşümlerinden bağımsız olarak) yapısal modele etkitilir.

NOT 2: Kütlelerden hesaplanan yükler/momentler düğüm noktalarına yığılı olarak aktarılarak çözüme dahil edilir. Elastik ve inelastik çerçeve elemanlarında kütlelerden elde edilen yükler eleman boyunca yayılıdır.

Ek olarak, kullanıcılar yerçekimi ivmesi olan 'g'nin değerini (kalıcı kütlelerden kalıcı yükler elde edilirken çarpılan katsayıyı) ve yerçekimi doğrultusunu da değiştirebilirler. Uygulamaların büyük bir çoğunluğunda varsayılan değerlerin ($g=9.81\ m/s^2$ ivmesini -z doğrultusunda etkimesi) değiştirilmesine gerek yoktur.

NOT 3: Doğru kesit tesirlerine ulaşılabilmesi için kullanılan gerilme iyileştirme prosedürü(*Project Ayarları > Elemanlar>Gerilme İyileştirme Uygula*) yayılı yükler tanımlıyken takip edilir (malzeme özağırlığı veya kesit/eleman ek kütle yoluyla), yalnız yayılı kütle elemanlarının tanımlandığı (dmass) durumlarda takip edilmez.



Yerçekimi & Kütle sekmesi penceresi

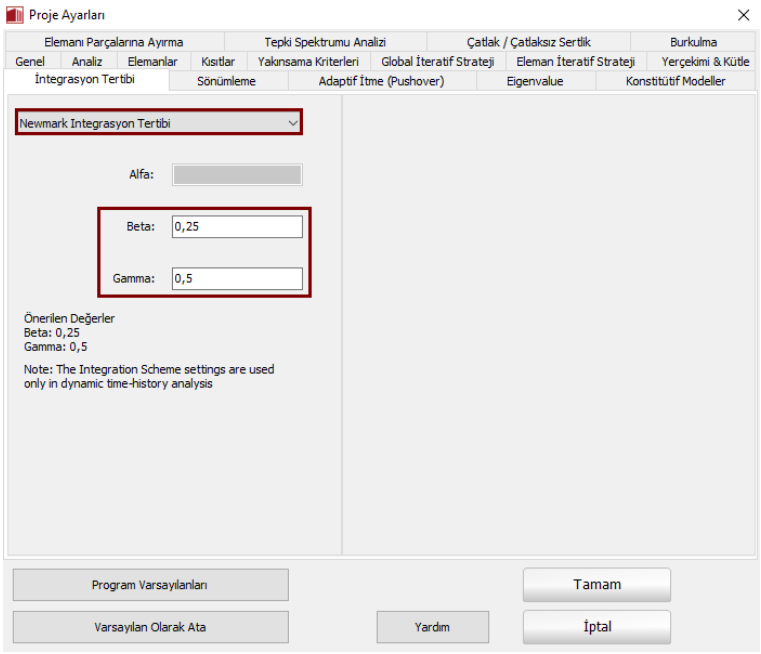
İntegrasyon Şeması

Doğrusal olmayan (nonlineer) dinamik analizlerde sistemin hareket denklemlerini çözebilmek için nümerik bir integrasyon şemasının izlenmesi gerekmektedir [ör. Clough and Penzien, 1993; Chopra, 1995]. SeismoStruct içerisinde iki farklı integrasyon tertibi uygulanmaktadır, bunlar: (i) **Newmark-beta** [Newmark, 1959] ve (ii) **Hilber-Hughes-Taylor** [Hilber et al., 1977] **integrasyon algoritmaları**dır.

NOT: Varsayılan algoritma, Hilber-Hughes-Taylor'dır.

Newmark integrasyon şeması

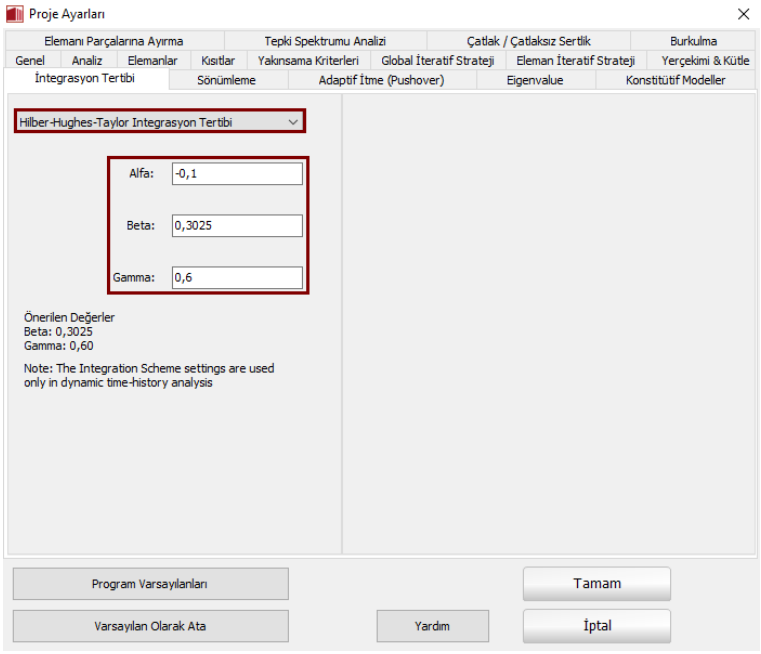
Newmark integrasyon şeması iki parametrenin tanımlanmasını gerektirmektedir, bu parametreler beta (β) ve gama (γ)'dır. Kullanılan zaman adımına koşulsuz kararlılık durumu, $\beta \geq 0.25(\gamma+0.5)^2$ olduğunda sağlanır. gamma = 0.5 eşitiğinin sağlanması durumunda integrasyon tertibi yaygın kabul gören sayısal sönümlemenin olmadığı trapezoid kuralı elde edilir (bir çok uygulamada tercih sebebidir). Newmark-beta metodunun SeismoStruct içerisindeki varsayılan parametreleri $\beta = 0.25$ and $\gamma = 0.5$ şeklindedir.



İntegrasyon Tertibi sekmesi penceresi - Newmark

Hilber-Hughes-Taylor integrasyon şeması

Hilber-Hughes-Taylor algoritması, ek olarak bir değişkenin daha tanımlanmasını gerektirmektedir; alfa (α) parametresi sayısal (nümerik) sönümlemenin düzeyini ayarlar. Bu parametre yardımıyla yüksek modların yapının davranışı üzerindeki çok yüksek frekanslı etkileri filtrelenebilir; böylelikle analizin hem doğruluğu hem de nümerik kararlılığı artırılabilir. Yazarlarının [Hilber et al., 1977], ve farklı makale yazarlarının [ör. Broderick et al., 1994] belirttiği üzere çözüm doğruluğu, nümerik kararlılık (stabilite) ve nümerik sönümleme arasındaki optimum denge $\beta=0.25(1-\alpha)^2$, $\gamma=0.5-\alpha$ ve $1/3\leq\alpha\leq0$ bağıntılarıyla sağlanır. SeismoStruct içerisinde bahsi geçen parametrelerin varsayılan değerleri α= -0.1, β= 0.3025 ve γ= 0.6 şeklindedir.



İntegrasyon Tertibi sekmesi penceresi - Hilber-Hughes-Taylor

NOT: Kullanıcıların adım adım integrasyon konusunda daha detaylı bir bilgiye sahip olabilmeleri için (ör. açık/kapalı zaman integrasyonu, kararlılık gereklilikleri, nümerik sönümleme, vb.) literatürde mevcut olan Clough and Penzien [1993], Cook et al. [1988] and Hughes [1987], gibi çalışmalara başvurmaları gerekmektedir.

Sönümleme

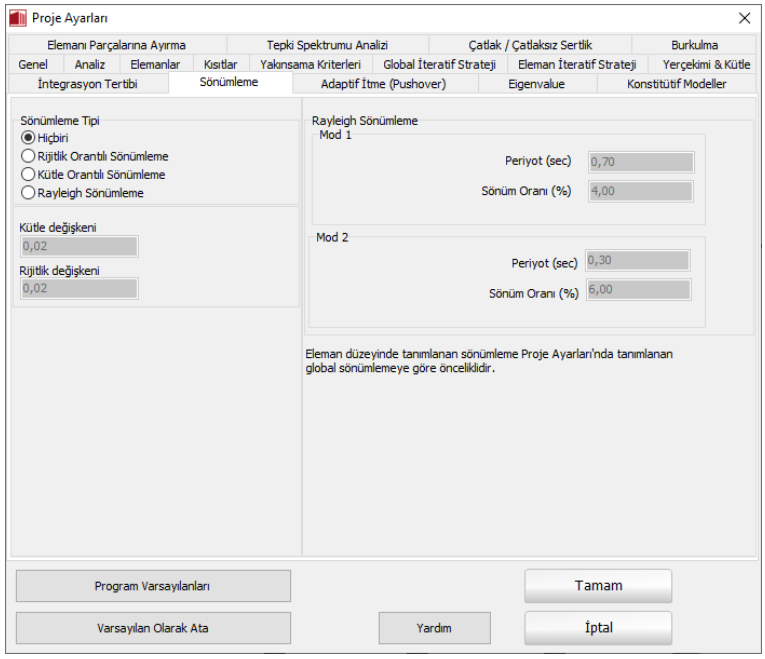
Doğrusal olmayan (nonlineer) dinamik analizlerde histeretik sönümleme, deprem etkisi altında sönümlenen enerjinin çoğunluğunu oluşturmaktadır ve inelastik çerçeve elemanlarının (infrm, infrmPH) doğrusal olmayan fiber eleman formulasyonunda veya bağlantı elemenları'nın doğrusal olmayan kuvvet-yer değiştirme davranış eğrilerinin formulasyonunda kendiliğinden hesaba katılır. Buna karşılık yapıların deprem davranışlarında, hala histeretizis ilmiği (histeretik döngü) tarafından sönümlenmeyen göreceli olarak küçük bir miktar enerji mevcuttur. Bu enerji, yapısal ve yapısal olmayan elemanlar arasındaki sürtünmeden, açılmış olan beton çatlaklarında iki yüzün arasındaki sürtünmeden, temelden yayılan enerjiden, vb şekillerde sönümlenir. Geleneksel olarak bu tip enerji sönümlemesi Rayleigh orantılı sönümüyle modellenir [e.g. Clough and Penzien, 1993; Chopra, 1995]. Viskoz sönüm katsayısı modellenen yapı tipine, kullanılan malzemelere, yapısal olmayan elemanlara, titreşim büyüklüğü ve periyoduna, titreşim moduna ve bunlar gibi nedenlere bağlı olarak, eşdeğer sönümleme (ξ), %1 ila %8 arasında değişebilir [e.g. Wakabayashi, 1986].

Bilim ve mühendislik dünyasında, enerji sönümlemesini nümerik modelde tam olarak açık tarif edememesinden dolayı, eşdeğer viskoz sönümlemenin kullanımı hakkında bir anlaşmazlık mevcuttur. Bazı yazarlar eşdeğer viskoz sönümlemenin kesinlikle kullanılmaması gerektiğini savunurken [ör. Wilson, 2001], diğerleriyse Rayleigh viskoz sönümlemesinin sadece rijitlik orantılı kısmının kullanımının gerekliğini savunur [Priestley ve Grant, 2005; Hall, 2006]. Yapının rijit cisim hareketine "duyarsız" olduğu durumlarda kütle orantılı kısmının gerçek dışı sönümlemeye neden olduğu için, Rayleigh orantılı sönümlemenin sadece rijitlik orantılı kısmının kullanılması gerekliliği Pegon [1996], Wilson [2001], Abbasi et al. [2004] ve Hall [2006] , ve birçok diğer yazar, tarafından önemle belirtilmiştir. Rijitlik orantılı sönümleme modeli kendi içerisinde ilk rijitliğe orantılı sönümleme ve tanjant rijitliğe orantılı sönümleme olmak üzere ikiye ayrılır; Priestley ve Grant [2005] 'te gösterildiği üzere tanjant rijitliğe oranlı sönümleme yapılar için muhtemelen en iyi seçenek durumundadır.

Tüm bunlara ilaveten, sonlu elemanlar modeli içerisindeki tüm sönüm mekanizmalarının (dolgu duvarların, sönümleyicilerin, yapı zemin etkileşimi, vb) ayrı ayrı tanımlanması her zaman daha en iyi seçenek olup bu gibi durumlarda tanımlanacak olan çok küçük miktarda eşdeğer viskoz sönümleme son derece inelastik davranış gösteren modellerin nümerik kararlılığı açısından iyi sonuç vermektedir (sönüm matrisi hareket denklemleri üzerinde 'kararlılığı artırıcı' bir rol oynamaktadır). Bu nedenle, kullanımı genel olarak önerilmekte olup küçük değerler tanımlanmalıdır.

Kullanıcılar, Sönümleme iletişim kutusundan:

- herhangi bir viskoz sönüm kullanmamayı;
- **rijitlik orantılı sönümleme** kullanmayı;
- **kütle orantılı sönümleme** kullanmayı;
- **Rayleigh orantılı** sönümleme kullanmayı seçebilirler.



Sönümleme sekmesi penceresi

Rijitlik orantılı sönümleme

Rijitlik orantılı sönümlemede kullanıcılardan gerekli olan rijitlik matrisi katsayısını (α_K) tanımlamaları istenmektedir. Bu değişken, her koşulda geçerli olmamakla birlikte aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanabilir.

$$\alpha_K = \frac{T\xi}{\pi}$$

Kullanıcılardan aynı zamanda sönümlemenin (i) ilk rijitlik ya da (ii) tanjant rijitlik orantılı olma durumunu da belirtmeleri beklenmektedir.

NOT 1: *Tanjant rijitliğe orantılı sönümleme* matrisinin değeri her yük artışında güncellenir (nümerik kararsızlığı ve analiz süresini artıracağı için her iterasyon başında güncellenmez).

NOT 2: *Tanjant rijitliğe orantılı sönümleme*de nümerik zorluklar çıkması durumunda, kullanıcılar abartılı derecede yüksek viskoz sönümleme etkilerinin ortaya çıkmasını önlemek için azaltılmış bir eşdeğer viskoz sönümleme katsayısı kullanarak *ilk rijitliğe orantılı sönümleme* seçeneğini uygulayabilirler (bunun nedeni; tanjant rijitliğine göre verilmiş olan %2-%3 sönüm oranının aşağı yukarı ilk rijitliğe bağlı olarak verilen %0.5-%1 sönüm oranına denk gelmesidir).

Kütle orantılı sönümleme

Kütle orantılı sönümlemede kullanıcılardan gerekli olan rijitlik matrisi katsayısını (α_M) tanımlamaları istenmektedir. Bu değişken, her koşulda geçerli olmamakla birlikte aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanabilir:

$$\alpha_M = \frac{4\pi\xi}{T}$$

Rayleigh sönümlemesi

Rayleigh sönümlemesinde kullanıcılardan ilk (1 olarak gösterilmiştir) ve son (en son istenen davranış modudur ve 2 olarak gösterilmiştir) modlarının periyot (T) ve sönüm oranı (ξ) çiftinin tanımlanması istenmektedir.

Kütle orantılı (α_M) ve rijitlik orantılı (α_K) matris katsayıları daha sonra aşağıda belirtilen denkemler takip edilerek program tarafından hesaplanır. Denklemlerden de anlaşılacağı üzere gerçek katsayıların kullanılması halinde gerçek Rayleigh orantılı sönümleme kullanılır (gerçek olmayan parametreler kullanılırsa doğru Rayleigh orantılı sönümleme yerine matrislere bağlı sönümleme gerçekleştirilir).

$$\alpha_M = 4\pi \frac{\xi_1 T_1 - \xi_2 T_2}{T_1^2 - T_2^2} \qquad and \qquad \alpha_K = \frac{T_1 T_2}{\pi} \frac{\xi_2 T_1 - \xi_1 T_2}{T_1^2 - T_2^2}$$

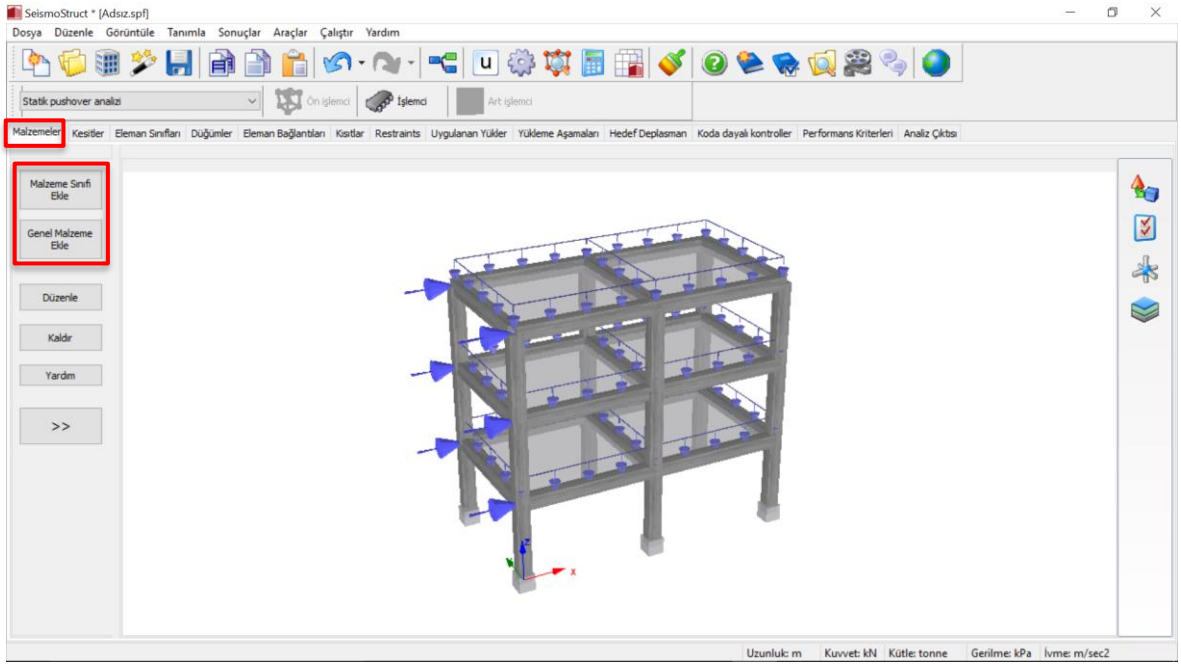
NOT 1: Sonlu elemanlar modellerinde bir çok farklı sönümleme matrisi tanımlama yöntemi mevcuttur. Bu farklılıklar, geleneksel Rayleigh sönümlemeye üstünlük olarak, yüksek modlarda daha düşük sönümleme gibi özellikler gösterebilirler. Buna karşılık, bu durumun analizlerin genelinde gerekli olmadığını düşünmekteyiz ve dolayısıyla programda yukarıda belirtilen üç farklı sönümleme şeklinin tanımı gerçekleştirilmiştir.

NOT 2: Literatürde *eşdeğer viskoz sönümleme*nin tanımlanmasında hatırı sayılır bir epistemik belirsizlik mevcuttur. Diğer bir söyleyişle, eşdeğer viskoz sönümlemenin tanımında farklı yazarlar tarafından farklı değerler önerilmektedir. Kullanıcıların kendilerine yarayacak katsayılara ulaşabilmeleri için mevcut literatürü taramaları önerilmektedir. Burada; sönüm parametrelerinin, kullanılan malzeme tipi (ör: genel olarak betonarmede çelik konstrüksüyona oranla daha büyük katsayılar kullanılır), yapısal konfigürasyon (çok katlı ve dolgu duvarlı bir çerçeve tek serbestlik dereceli bir köprü ayağına göre daha fazla enerji sönümler), deformasyon düzeyi (düşük deformasyonlar olursa bu tip sönümleme daha fazla olur çünkü yapısal olmayan elemanların etkisi daha fazladır), modelleme stratejisi (fiber eleman tipi modellerde çatlama açık olarak modellenir, dolayısıyla çatlamanın sonuçlarının yığılı plastik mafsal modellemesinde yapıldığı gibi ayrıca eşdeğer sönümlemeyle tanımlanmasına gerek duyulmaz) gibi faktörlere göre değiştiğinin belirtilmesiyle yetinilmiştir.

NOT 3: Çok rijit elemanlara sahip olan modellerde bu elemanlardan kaynaklanan sönümleme kuvvetlerin de gerçek dışı tanımlanabileceğine dikkat edilmelidir (ör: rijit kenar ayaklara sahip olan köprülerde, rijit duvarlara sahip olan binalarda, vb.).

MALZEMELER

SeismoStruct projesinde kullanılacak olan malzemeler **Malzemeler** modülünden tanımlanabilir. Her bir malzeme için, (i) malzeme ismi/tanımlayıcısı (proje içerisinde malzemeyi tanımlar), (ii) tipi, (iii) mekanik özellikleri (ör: mukavemet, elastisite modülü, pekleşme durumu, vb.) ve (iv) Koda dayalı Kontroller için gereken değişkenler (ör. mevcut ve yeni malzemeler) tanımlanmalıdır.

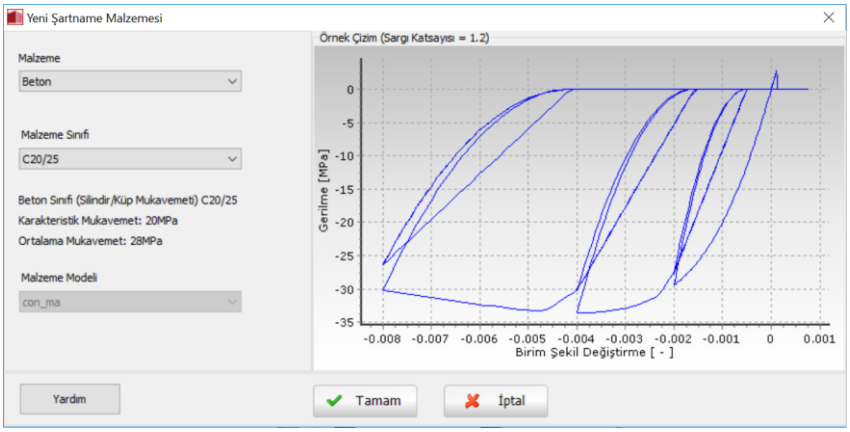


Malzemeler modülü

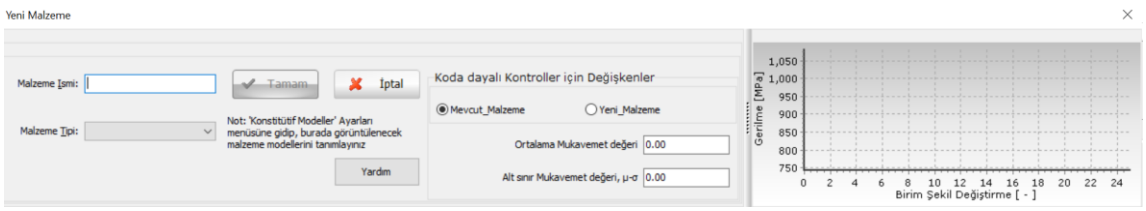
ÖNEMLİ: Malzemeler modülünde, varsayılanayar olarak sadece Konstitütif Model sekmesi penceresinde (*Araçlar > Proje Ayarları > Konstitütif Model*) seçilen malzeme tipleri belirir.

Öğretici Örnek 1'de de belirtildiği gibi, yeni malzeme eklerken iki seçenek mevcuttur:

1. *Malzeme Sınıfı Ekle*;
2. *Genel Malzeme Ekle*.



Malzemeler modülü – Malzeme Sınıfı Ekle seçeneği



Malzemeler modülü – Genel Malzeme Ekle seçeneği

Seismostruct içerisinde, tanımlanmaya elverişli yirmi adet malzeme tipi bulunmaktadır. Varsayılan olarak, *Proje Ayarları* panelinde herhangi bir değişikliğe gitmeden bütün malzeme tipleri kullanılabilmektedir. Aşağıda malzemelerin tam listesi sunulmaktadır:

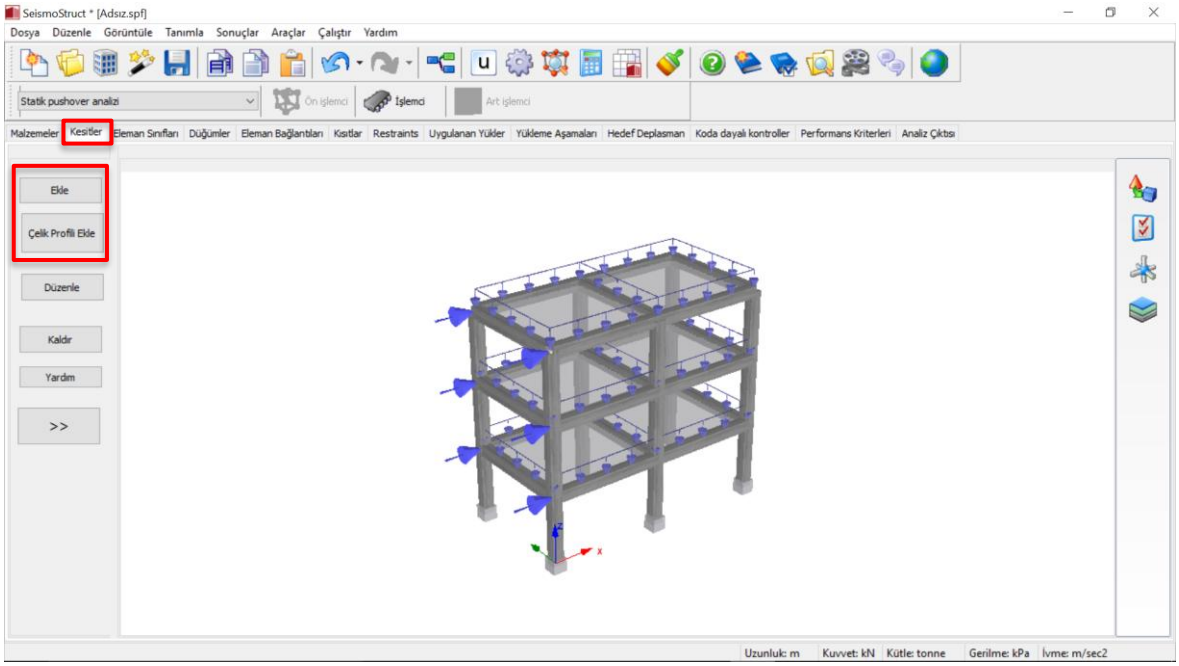
- İki doğrulu çelik modeli - stl_bl
- Menegotto-Pinto çelik modeli - stl_mp
- İsotropik sertleşmeli (pekleşmeli) iki doğrulu çelik modeli- stl_bl2
- İsotropik sertleşmeli (pekleşmeli)Giuffre-Menegotto-Pinto çelik modeli – stl_gmp
- Ramberg-Osgood çelikmodeli - stl_ro
- Dodd-Restrepo çelik modeli – stl_dr
- Monti-Nuti çelik modeli - stl_mn
- Burkulma Kısıtlamalı çelik destek modeli – stl_brb
- Mander et al. doğrusal olmayan beton modeli - con_ma
- Üç doğrulu beton modeli - con_tl
- Chang-Mander doğrusal olmayan beton modeli - con_cm
- Kappos and Konstantinidis doğrusal olmayan beton modeli - con_hs
- Tasarlanmış çimento esaslı kompozit malzeme - con_ecc
- Kent-Scott-Park beton modeli – con_ksp
- Üç doğrulu yığma elemanı modeli - mas_tl
- Parabolik yığma elemanı modeli - mas_par
- Süperelastik biçim bellekli (şekil hatırlamalı) alaşım modeli - se_sma
- Üç doğrulu FRP modeli - frp_tl
- Elastik malzeme modeli - el_mat
- Geneltersinir (histeretik) malzememodeli – hyst_mat

NOT: SeismoStruct içerisinde Poisson oranı beton için 0.2, çelik için 0.3 olarak seçilir.

Malzeme tipleri hakkında daha detaylı bir bilgiye sahip olabilmek için Ek C'ye göz atınız.

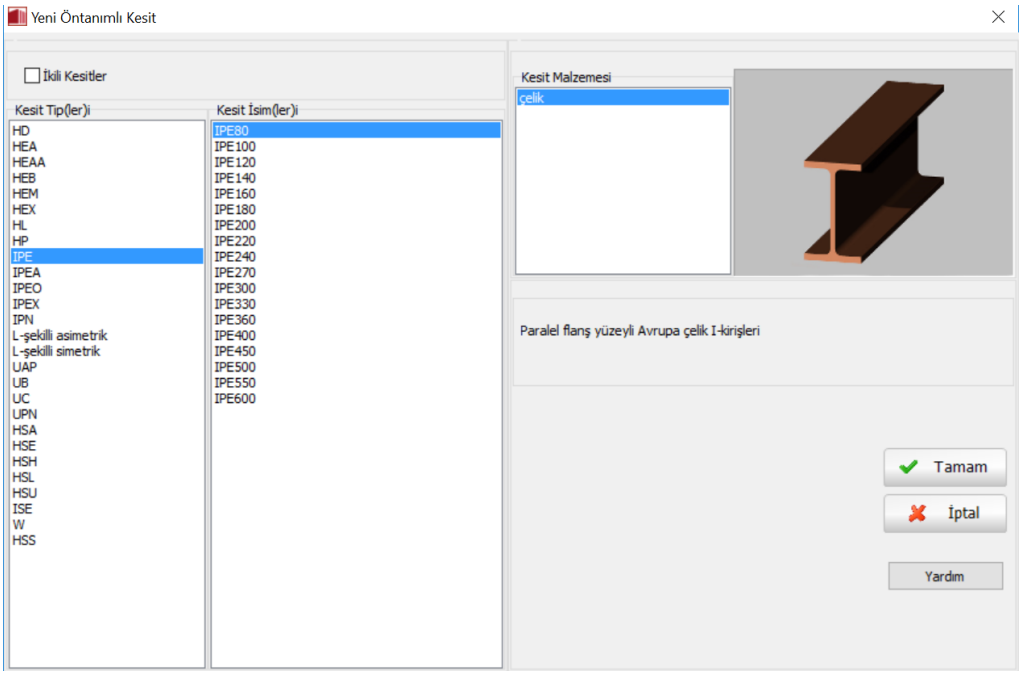
KESİTLER

Bir SeismoStruct projesinde yer alan eleman kesitleri **Kesitler** modülünde tanımlanır; ad (proje içinde kesiti tanımlamak için kullanılır), tip (aşağıda belirtilmiştir), malzeme (Malzemeler modülünde tanımlandığı gibi), boyutlar (uzunluk, genişlik vb.) ve donatı (desteklenmesi halinde) açıkça tanımlanabilir.



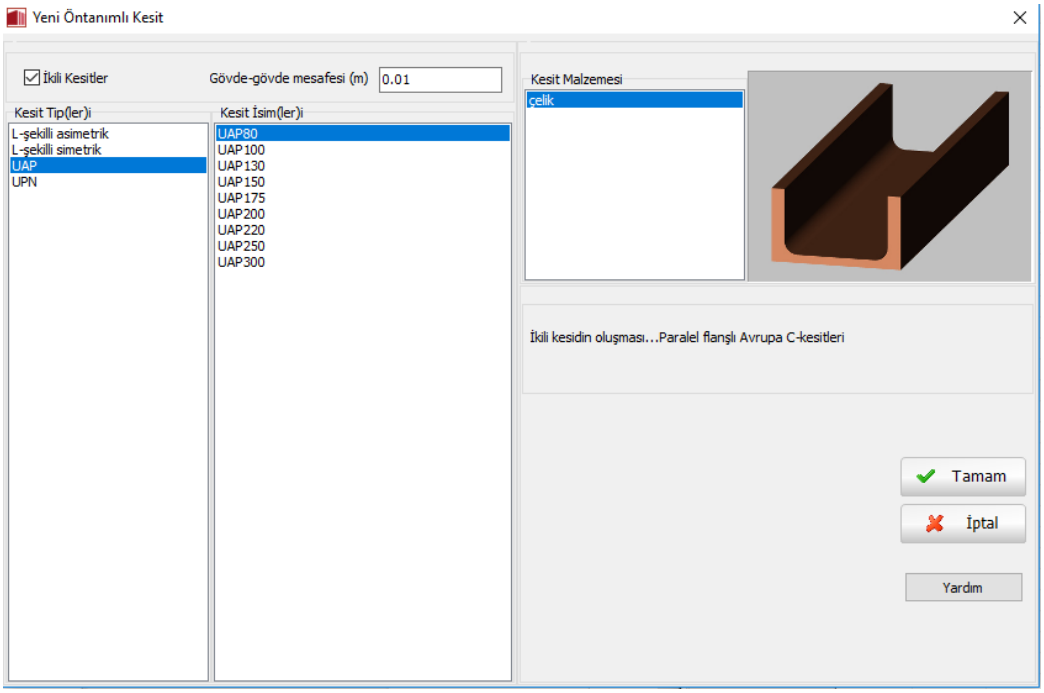
Kesitler modülü

SeismoStruct içerisinde ayrıca, *Çelik Profil Ekle* düğmesine tıklanarak **öntanımlı çelik kesitler**in seçilmesi de mümkündür. Çok kullanılan çelik kesitlerin (ör. HEA, HEB, IPE, vb.) ve SeismoStruct v7 sürümüyle birlikte W ve HSS kesitlerinin de bulunduğu bir veritabanı mevcuttur.



Kesitler modülü – Çelik profil ekle seçeneği

SeismoStruct v7.0 sürümünden itibaren, ilgili kutucuğun işaretlenmesi yoluyla ikili çelik kesitler de tanımlanabilir.



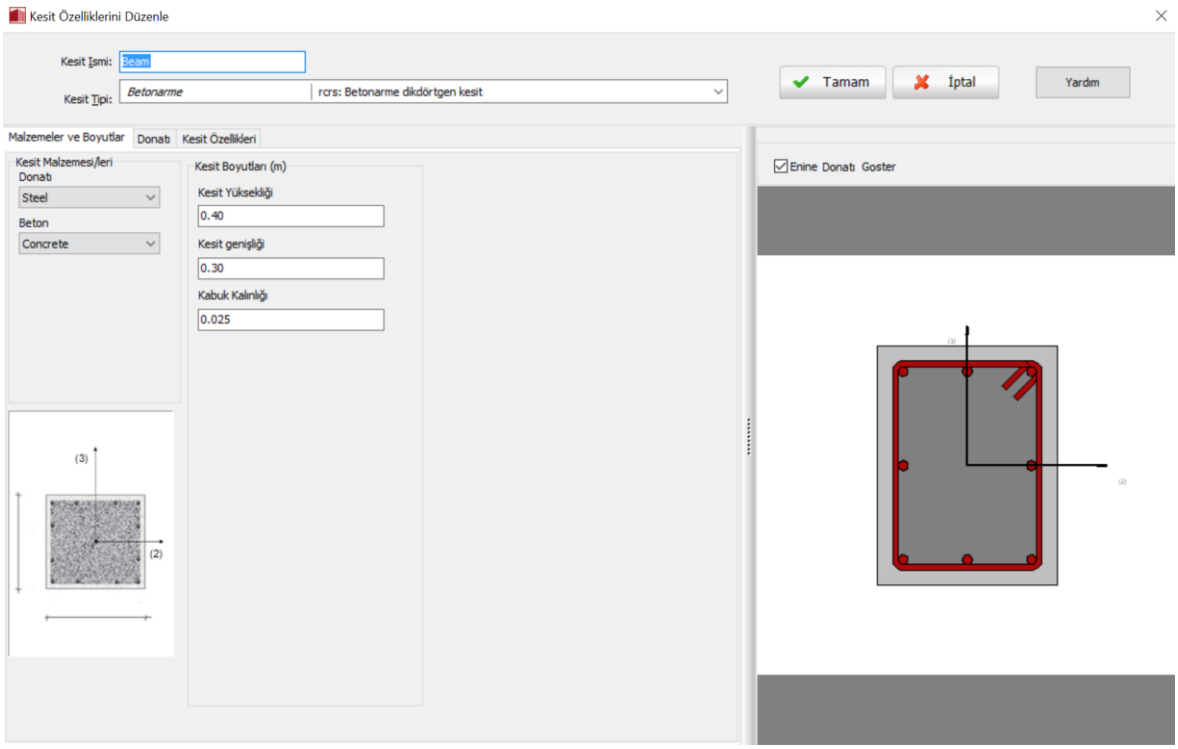
Kesitler modülü – Çelik profil ekle seçeneği

SeismoStruct'ta şu anda 72 kesit tipi mevcuttur. Bunlar, basit tek-malzemeli dolu kesitlerden daha karmaşık betonarme ve kompozit kesitlere kadar çeşitlilik gösterir.

- Dikdörtgen dolu kesit - rss
- Dikdörtgen boşluklu kesit - rhs
- Dairesel dolu kesit - css
- Dairesel boşluklu kesit - chs
- Simetrik I- veya T-kesit - sits
- Asimetrik genel-şekilli kesit – agss
- İkili L veya C şekilli kesit – dacss
- İkili I Tip1 Kesit – di1
- İkili I Tip 2 Kesit – di2
- Üst ve alt levhalı ikili I Tip 1 kesit– di1tbp
- Üst ve alt levhalı ikili I Tip 2 kesit– di2tbp
- Gövde plakalı İkili I Tip 1 kesit – di1wp
- Gövde plakalı İkili I Tip 2 kesit – di2wp
- Üst, alt ve gövde plakalı İkili I Tip 1 kesit – di1tbwp
- Üst, alt ve gövde plakalı İkili I Tip 2 kesit – di2tbwp
- İkili C ile oluşturulmuş kutu kesit – bbdc
- Birleştirici levhalı ikili C ile oluşturulmuş kutu kesit – bbdccp
- Üst ve alt plakalı ikili C ile oluşturulmuş kutu kesit– bbdctbp
- İkili köşeyle oluşturulmuş kutu kesit – bbda
- Birleştirici plakalıi kili köşeyle oluşturulmuş kutu kesit – bbdacp
- Alt ve üst plakalı I kesit– itbp
- Üst, alt ve gövde plakalı I kesit – itbwp
- Üst plakalı I kesit – itp
- Alt plakalı I kesit – ibp
- Alttan I kesitle güçlendirilmiş I kesit – ibri
- Alttan T kesitle güçlendirilmiş I kesit – ibrt
- Köşe kesitlerden oluşturulan yıldız kesit – sfa
- Art arda konumlandırılmış ikili köşe profil – dabtb

- Dört köşe profilden oluşturulan kutu kesit– bbfa
- Çapraz konumlandırılmış ikili köşe kesit – dadg
- Haç şekilli kesit – cfs
- Betonarme dikdörtgen kesit – rcrs
- Betonarme dörtgenkesit - rcqs
- Betonarme yuvarlatılmış köşeli dikdörtgen kesit - rcrrcs
- Betonarme dairesel kesit - rccs
- Betonarme Z-şekilli kolon kesit – rczcs
- Betonarme L-şekilli kolon kesiti– rclcs
- Betonarme T-şekilli kolon kesiti– rctcs
- Betonarme T-kesit – rcts
- Betonarme asimetrik dikdörtgen kesit - rcars
- Betonarme dikdörtgen duvar kesit - rcrws
- Kolon benzeri alanları olmayan betonarme dikdörtgen duvar kesit - rcbws
- Betonarme U-şekilli duvar kesit - rcuws
- Betonarme Z-şekilli duvarkesit - rczws
- Betonarme L-şekilli duvar kesit - rclws
- Betonarme dikdörtgen boşluklu kesit - rcrhs
- Betonarme yuvarlatılmış köşeli boşluklu dikdörtgen kesit - rcrrchs
- Betonarme dairesel boşluklu kesit - rcchs
- Betonarme kutu-kiriş kesit - rcbgs
- Betonarme mantolanmış dikdörtgen kesit - rcjrs
- Mantolanmış betonarme köşeleri yuvarlatılmış dikdörtgen kesit – rcjrrcs
- 3 kenarı mantolanmış betonarme dikdörtgen kesit – rcjrs3
- 2 kenarı mantolanmış betonarme dikdörtgen kesit – rcjrs2
- 1 kenarı mantolanmış betonarme dikdörtgen kesit – rcjrs1
- Betonarme mantolanmış dairesel kesit - rcjcs
- Mantolanmış betonarme Z-şekilli kolon kesit – rcjzcs
- Betonarme mantolanmış L-şekilli kolon kesit– rcjlcs
- 3 kenarı mantolanmış betonarme L-şekilli kolon kesit – rcjlcs3
- Betonarme mantolanmış T-şekilli kolon kesit– rcjtcs
- 3 kenarı mantolanmış betonarme T-şekilli kolon kesidi – rcjtcs3
- Betonarme mantolanmış T-kesit–rcjts
- 3 kenarı mantolanmış betonarme T-kesit – rcjts3
- 1 kenarı mantolanmış betonarme T-kesit – rcjts1
- Betonarme mantolanmış asimetrik dikdörtgen kesit- rcjars
- Betonarme mantolanmış asimetrik dikdörtgen kesit – rcjars1
- Kompozit I kesit- cpis
- Kısmenbetonlakaplıkompozit I kesit- pecs
- Tamamenbetonlakaplıkompozit I kesit- fecs
- Kompozit dikdörtgen kesit- crs
- Kompozit dairesel kesit- ccs
- Yığma duvar kesidi – mws
- Yığma kiriş kesidi - mss

Kullanıcıların 2016 versiyonundan itibaren kesitlerin kesme donatısını görselleştirebileceği de not edilmelidir.



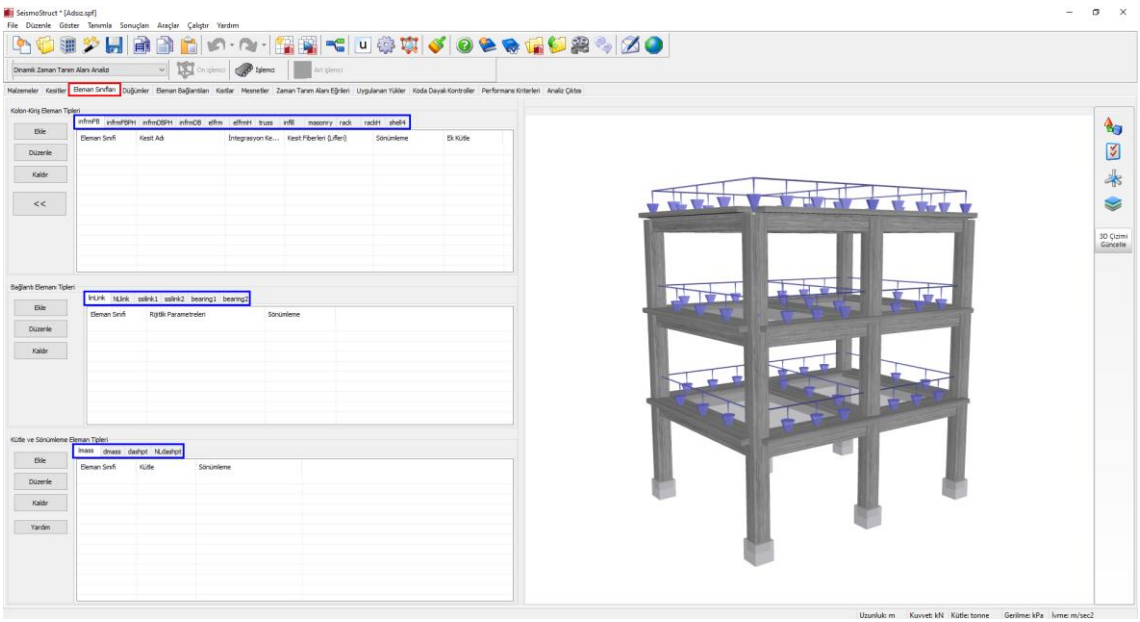
Kesit özellikleri modülü – Enine Donatıyı Görüntüle

Kullanıcı bu kesit tiplerini kullanarak, yapısal bir modelin farklı eleman sınıflarını tanımlamakta kullanacağı sınırsız sayıda eleman kesiti oluşturabilir.

Kesit tipleri hakkında detaylı bilgi için, lütfen Ek D - KEsitler'e başvurunuz.

ELEMAN SINIFLARI

SeismoStruct porjesinde yer alan eleman tipleri **Eleman Sınıfları** modülünde tanımlandığı gibidir. Eleman tipleri, eleman sınıflarının tanımında kullanılır (aynen malzeme tiplerinin malzemeleri veya kesit tiplerinin kesitlerin tanımında kullanıldığı gibi). Dolayısıyla, yine malzemeler ve kesitler de geçerli olduğu gibi, aynı eleman tipini kullanan herhangi bir sayıda eleman sınıfı tanımlanabilir (ör: iki farklı kolonu tanımlamak için çerçeve eleman tipini kullanan iki farklı eleman sınıfı tanımlanır). Bu modülde tanımlanan eleman sınıfları daha sonra **Eleman Bağlantıları** modülünde çağrılarak yapısal modelin oluşturulmasında kullanılan elemanlar oluşturulur.



Eleman Sınıfları modülü

An itibariyle, SeismoStruct içerisinde üç değişik kategoriye ayrılı (*Kiriş-Kolon eleman tipleri*; *Bağlantı eleman tipleri*; *Kütle ve Sönümleme eleman tipleri*) olan yirmi iki değişik eleman tipi mevcuttur.

- Elastik olmayan çerçeve elemanları - infrmDB, infrmFB
- Elastik olmayan Plastik mafsal elemanları – infrmFBPH, infrmDBPH
- Elastik çerçeve elemanları – elfrm
- Menteşeli elastik çerçeve elemanları - elfrmH
- Elastik olmayan dolgu panel elemanları - infill
- Elastik olmayan kafes elemanları – truss
- Elastik olmayan yığma çerçeve elemanı – masonry
- Kabuk elemanı – shell4
- Raf elemanı – rack
- Menteşeli raf elemanı – rackH
- Doğrusal bağlantı elemanı türü – linklink
- Doğrusal olmayan bağlantı elemanı - NLlink
- Sığ temel makro-elemanı – ssilink1
- Kazık temel makro-elemanı – ssilink2
- Elastomerik Mesnet Elemanı (Bouc Wen) – bearing1
- Sürtünme Sarkacı Taşıyıcı/Sistem– bearing2
- Kütle elemanları - lmass & dmass
- Sönümleme elemanları – dashpt
- Doğrusal olmayan sönümleme elemanı - NLdashpt

Bu eleman tipleri kullanılarak sınırsız sayıda farklı eleman sınıfı türetilebilir. Türetilen eleman sınıfları, sadece onarılmış/sağlam yapısal elemanların (kolonlar, kirişler, duvarlar, kolon-kiriş birleşimleri, vb.)ve yapısal olmayan bileşenlerin (yapısal olmayan dolgu duvarlar, enerji dağıtma cihazları, eylemsizlik kütleleri vb.) doğru modellenmesinin yanı sıra değişik sınır durumları (esnek temeller, sismik izolasyon, yapısal açılma/vurma, vb) da dikkate alınabilir.

NOT 1: Bazı eleman tipleri her analiz tipinde kullanılamaz (ör: kütle ve sönümleme elemanları statik analizde kullanılamaz), bu nedenle de Eleman Sınıfları modülünde belirmeyebilirler.

NOT 2: NEHRP Sismik Dizayn Kısa Teknik Bilgi No. 4 içerisinde, yapısal modelleme ve yapısal olmayan bileşenleri hakkında ilginç bilgiler/öneriler bulabilirler (Kaynakçaya bakınız).

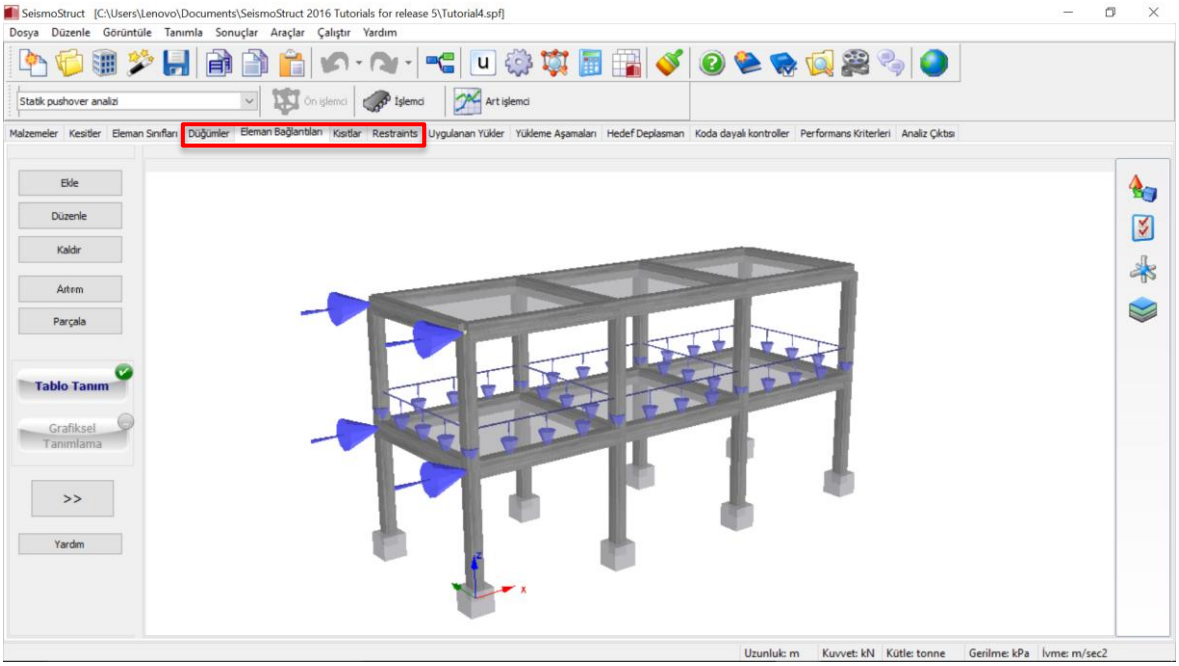
Eleman tipleri hakkında daha detaylı bilgi edinebilmek için, lütfen Ek E – Eleman Sınıfları bölümüne göz atınız.

YAPISAL GEOMETRİ

Yapının geometrisinin tanımlanması ***dört aşamalı bir işlemdir***. İlk olarak, tüm *yapısal* ve *yapısal olmayan* düğümler tanımlanır, ardından *eleman bağlantıları* düzenlenir, en son olarak da gerekli düğüm noktalarına yapısal *mesnet (sınır) şartları* eklenir. Bu üç aşamaya ek olarak *Kısıtlar* da tanımlanabilir.

Dolayısıyla, **yapısal geometri** sıralanan modülleri takip ederek tanımlanır:

- Düğümler
- Eleman Bağlantıları
- Kısıtlar
- Mesnetler



Yapısal geometri modülleri

NOT: SeismoStruct'ta bir modelde tanımlanabilen azami düğüm ve eleman sayısı 50000'dir.

Düğümler

İki tür düğüm çeşidi bulunmaktadır, bunlar: **yapısal** ve **yapısal olmayan** düğümlerdir.

Yapısal düğümler

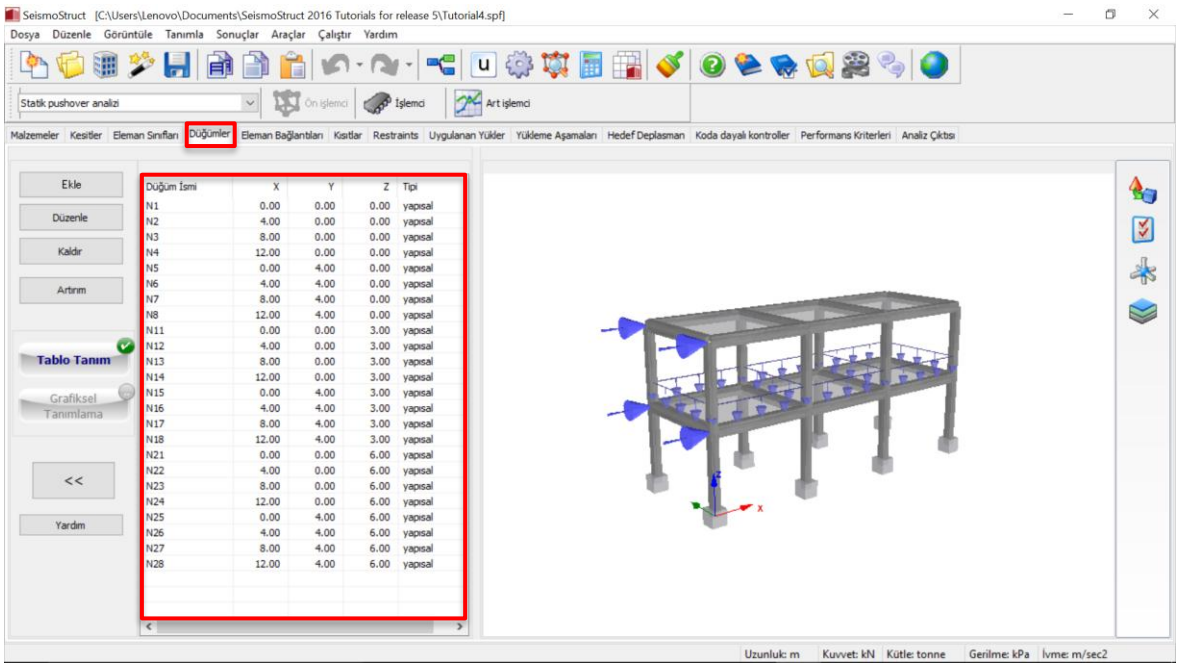
Bu düğümlerin her birine en az bir eleman bağlı bulunmaktadır. SeismoStruct'ta, modelde hiç bir eleman bağlı olmayan, serbest bir yapısal düğüm olduğu durumda analiz başlatmak imkansızdır. Başka bir söyleyişle, yapısal düğümler herhangi bir serbestlik derecesinin atanmış olduğu düğümlerdir ve bu

şekilde rijitlik matrisinin bir araya getirilmesinde ve yük/yer değiştirme (deplasman) vektörlerinin oluşturulmasında rol alırlar.

Yapısal olmayan düğümler

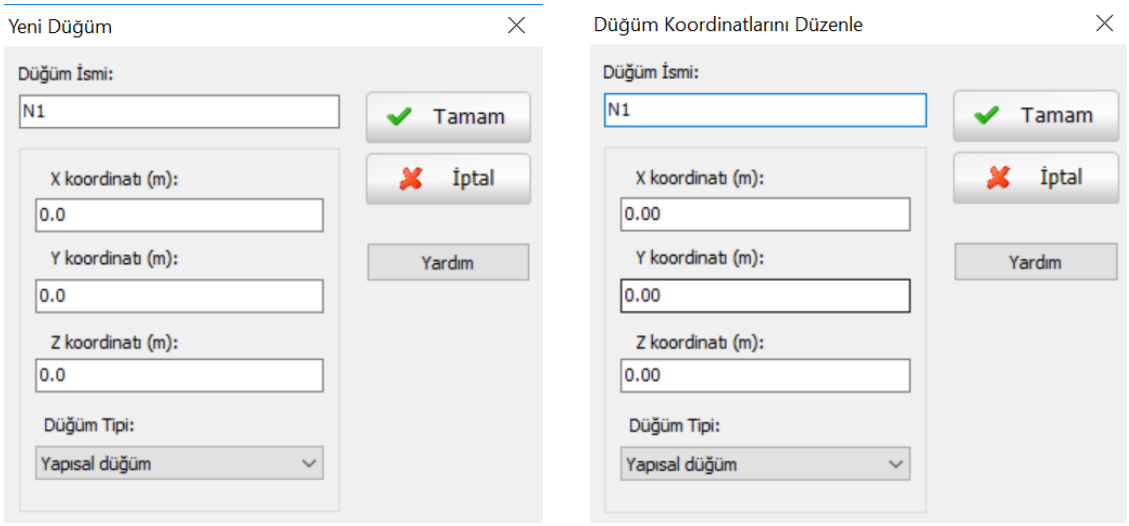
Herhangi birşekilde yapısal çözüme dahil olmayan fakat elemanların lokal eksenlerinin konumlandırılması (eleman bağlantıları'nda da belirtildiği gibi) sırasında faydalanılan düğüm noktaları da mevcuttur, bu grup düğüm noktalarında *yapısal olmayan düğüm noktaları* denir. Bu düğüm noktalarına her hangi bir eleman bağlanamaz; diğer taraftan yapısal düğümler, yapısal olmayan düğümlerin gördüğü görev olan lokal eksen konumlandırılmasını üstlenebilirler fakat genellikle bu görevin yapısal olmayan düğümler tarafından yapılması daha kolaydır. Kullanıcı, global ve lokal eksen sistemleri kısmına başvurması durumunda bu konuda daha geniş bilgiye sahip olabilir. Varsayılan ayar olarak yapısal olmayan düğüm noktaları üç boyutlu çizimlerde gösterilmezler; bu ayar görüntüleme seçenekleri'nden değiştirilebilir.

NOT: Kullanıcıların, yapısalolmayandüğümleri büyük koordinatlı tanımlamaları ve 3D çizimde görünür hale getirmeleri durumunda, model kaçınılmaz olarak çok küçük görünecektir. Böyle bir durumdan kaçınmak için kullanıcılar; (i) yapısal olmayan düğümlerin koordinatların yapıya daha yakın olarak tanımlayabilir, (ii) yapısal olmayan düğümlerin görüntülenmesini kaldırabilir veya (iii) 3D çizim her yenilendiğinde manuel olarak yaklaşabilirler.



Düğümler modülü

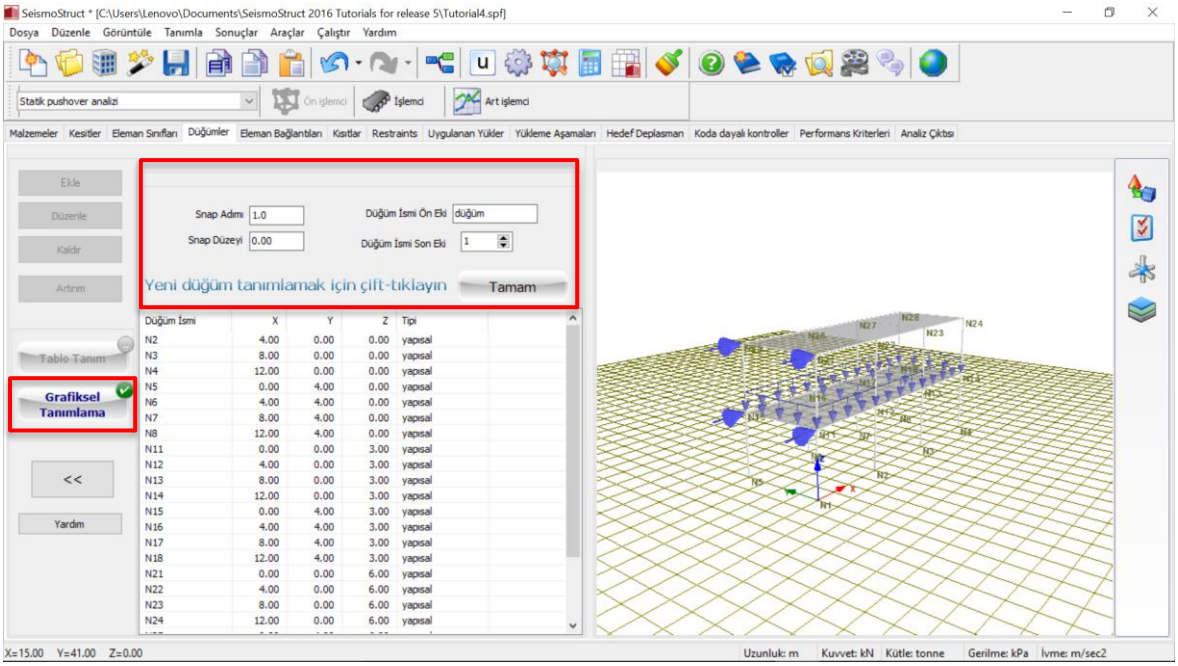
Diğer modüllerde olduğu gibi kullanıcı; (*Grafiksel Tanımlama* modunda da geçerli olmak üzere) yeni düğümler ekleyebilir, var olan düğümleri yeniden düzenleyebilir veya silebilir.



Düğümlerin Eklenmesi/Düzenlenmesi

Grafiksel Tanımlama modunda, kullanıcı aşağıda sıralanan adımları takip edebilir:

1. Yapışma Düzeyinin seçilmesi (varsayılan değer: 0);
2. Yapışma Adımı (varsayılan değer: 1), Düğüm İsmi Ön ve Son eklerinin seçilmesi (varsayılan ayarlar sırasıyla, "düğüm" ve "1"dir);
3. Izgaranın üzerine iki kere tıklanarak düğümün tanımlanlası;
4. Önceki işlemin tüm düğümler oluşturulana kadar tekrarlanması;
5. En sonunda, *Tamam*'ın tıklanarak, Görüntüle moduna dönülmesi.



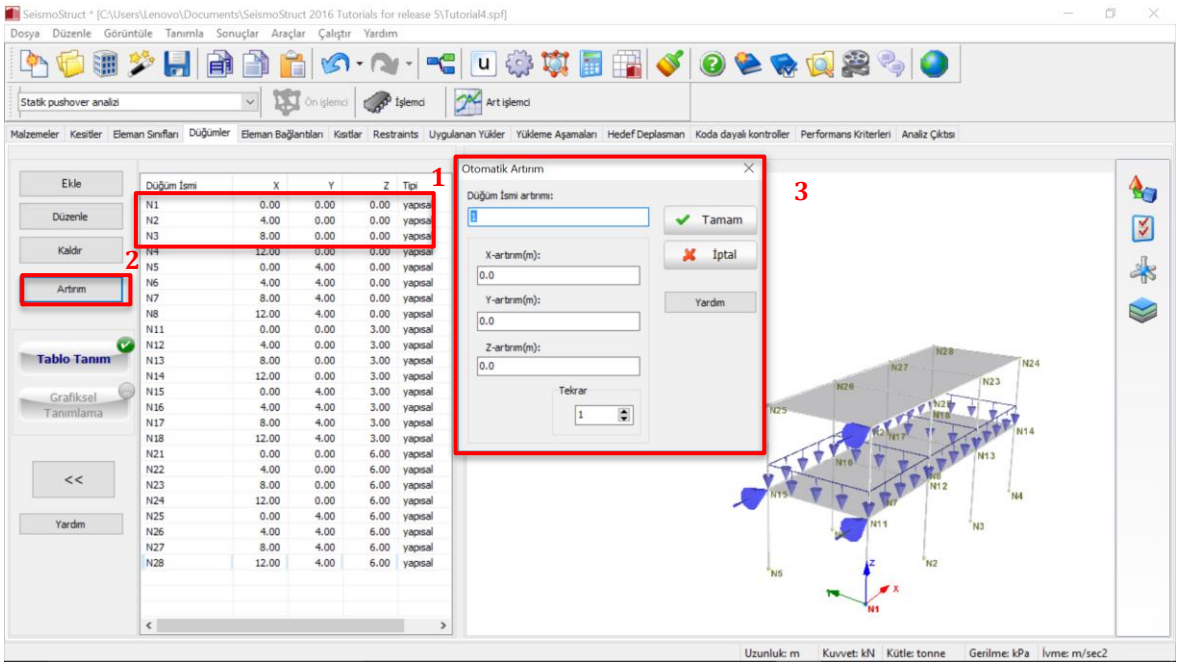
Düğümlerin Eklenmesi (Grafiksel/Görsel Tanımlamaservisi)

NOT: *Düzenle* iletişimkutusunda bulunan bir düzenleme fonksiyonu olan çoklu seçim ile kullanıcılara çok sayıda düğüm noktasının koordinatlarını aynı anda değiştirme kolaylığı sunulmaktadır. Bu servis, örneğin, bir çerçevenin tüm düğümlerinin y-koordinatlarının değiştirilmesi gerektiği ve benzeri durumlarda çok işe yaramaktadır.

Düğüm noktaları isimlerine göre ya da x-, y-, z- koordinatlarına göre dizilebilirler (sıralanabilirler). Kullanıcı, ilgili sütunun başlığına tek tıklayıp artan ya da çift tıklayıp azalan düzende dizebilir (veri sıralama konusunda daha fazla bilgi için lütfen Düzenleme fonksiyonları'na bakınız).

Düğümler modülü aynı zamanda *Artırım* servisini de sunmaktadır. Kullanıcılar bu servisi kullanarak var olan düğümlerin "tekrarı" yoluyla yenilerini oluşturabilirler. Bu işlem sıralanan adımların takibiyle yapılabilir:

1. Artırıma kaynak sağlayacak düğüm noktaları grubunun seçilmesi;
2. *Artırım* düğmesine tıklanması;
3. Düğümlerin isim ve koordinat artırımlarına ve "Tekrar" sayısına karar verilmesi.

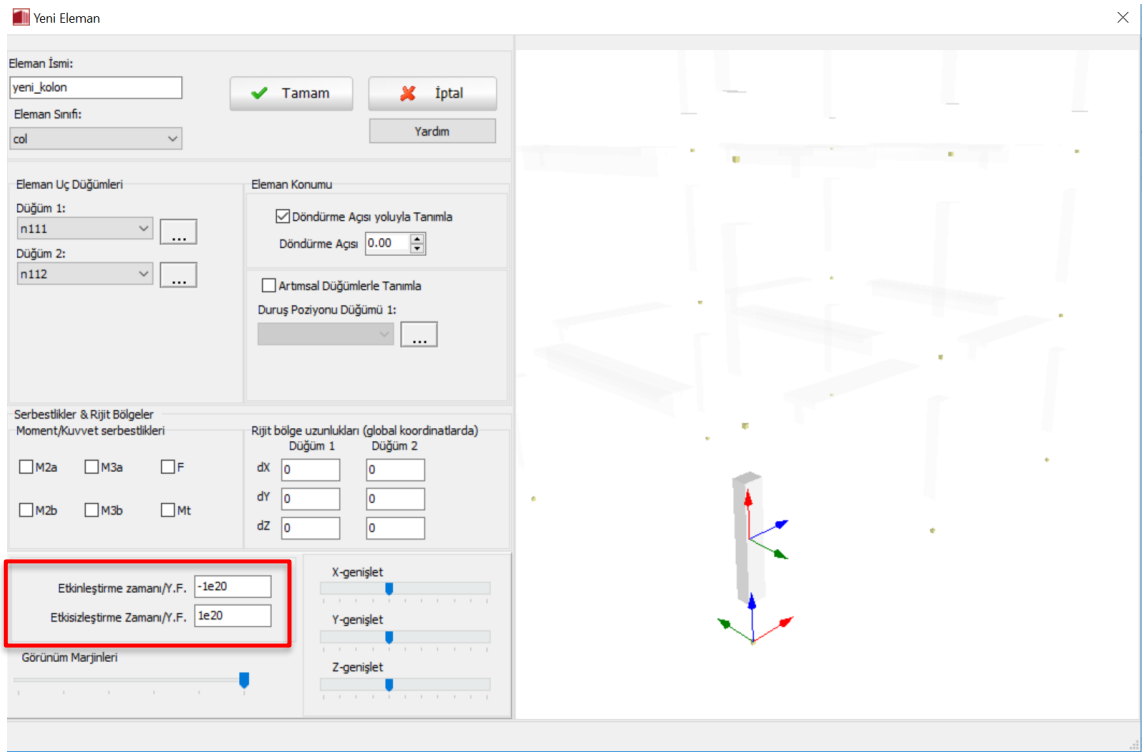


Artırım Servisi – Düğümler

Eleman Bağlantıları

Yapının sahip olduğu farklı elemanlar isim, eleman sınıfı, düğüm noktaları, rijit bölgeleri, kuvvet/moment serbestlikleri, etkinleştirme zaman/Y.F.'leriyle birlikte **Eleman Bağlantıları** modülünde tanımlanır.

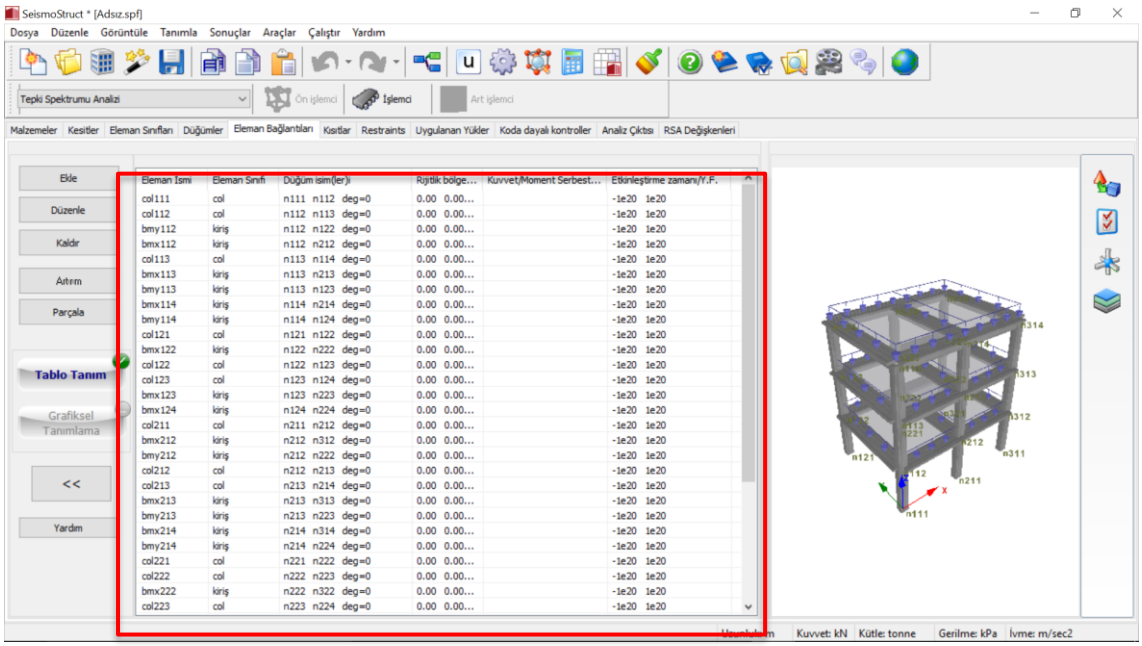
Her bir eleman için bir etkinleştirme (ve etkisizleştirme) zamanı / Y.F. tanımlamak mümkündür. Varsayılan etkinleştirme değeri -1e20 (tekrarlı itme analizleri için), etkisizleştirme değeri 1e20'dir. Bunun anlamı, elemanın aktifleştirildikten sonra bir daha etkisiz hale getirilmeyeceğidir.



Yeni Eleman – Etkinleştirme/etkisizleştirme Zamanı/Y.F.

Tüm diğer modüllerde de olduğu gibi, kullanıcılar yeni elemanlar ekleyebilir (*Grafiksel Tanımlama* düğmesi), var olanları yeniden düzenleyebilir veya silebilir (bknz. Düzenleme Fonksiyonları).

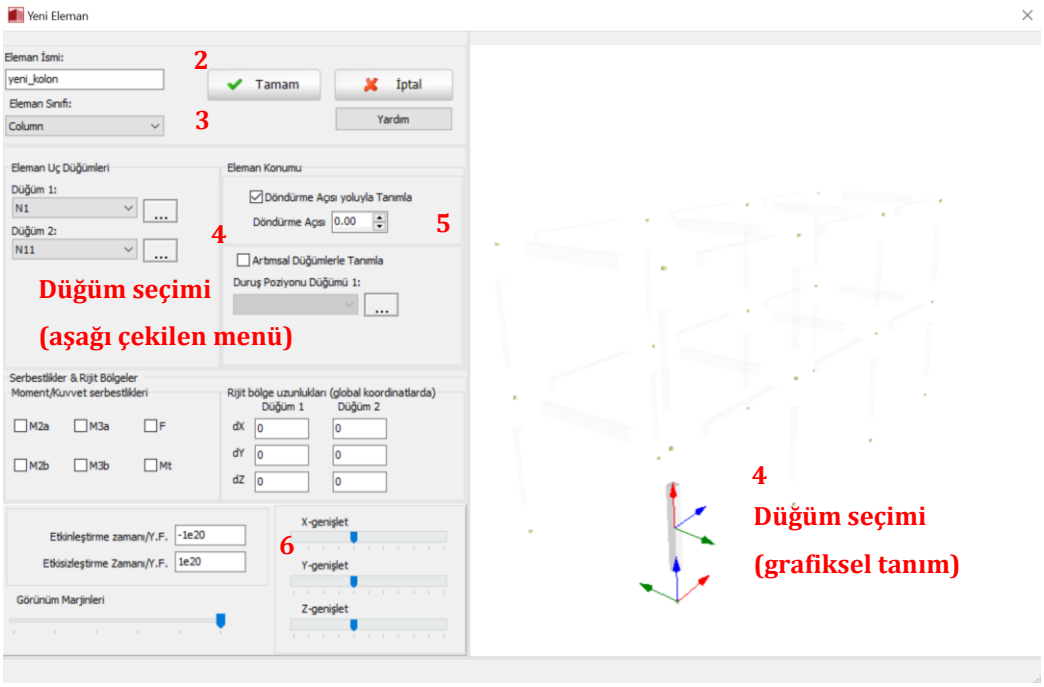
NOT: Kullanıcılar birden fazla elemanı çoklu seçim ve yeniden düzenleme fonksiyonlarının yardımıyla tek işlemde seçip, değiştirebilirler (ör: birden çok eleman için yapısal olmayan düğüm noktasının değiştirilmesi).



Eleman Bağlantıları Modülü

Yeni Elemanı,*Görüntüle* modunda eklemek için, kullanıcıların belirtilen adımları takip etmesi gereklidir:

1. *Ekle* düğmesine tıklanması;
2. Bir isim atanması;
3. Eleman Sınıfı'nın aşağı çekilen menüden seçilmesi;
4. Karşılık gelen düğümlerin ilgili aşağı çekilen menülerden veya grafiksel (görsel) yolla seçilmesi.
5. Eleman duruş pozisyonunun Döndürme Açısı ya da Ek Düğümler yoluyla tanımlanması,
6. Aktifleştirme/etkisizleştirme zaman/Y.F.'nin seçilmesi.



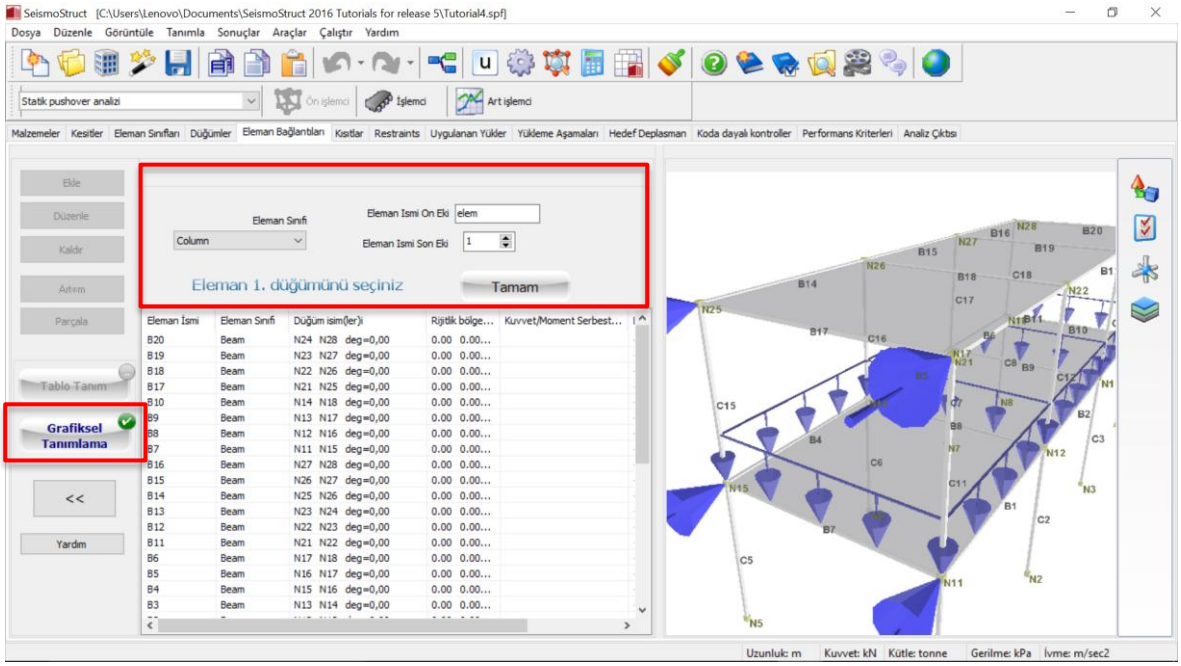
Yeni Eleman Eklenmesi (*Tablo Tanım* modu)

NOT 1: Elemanın sahip olduğu düğüm noktası sayısı seçilen Eleman Sınıfı'na bağlıdır.

NOT 2: Kullanıcılar, yerçekimi yüklerini güçlendirme elemanlarının dışında tutmak için 'aktivasyon zamanı' özelliğini kullanabilirler (ör. güçlendirme elemanlarını sadece ilk analiz adımında aktive edilmesi yoluyla).

Kullanıcılar "elemanları", *Grafiksel Tanımlama* düğmesiyle de ekleyebilirler. Bu işlem için:

1. *Grafiksel Tanımlama* düğmesine tıklanmalı;
2. Eleman Sınıfı aşağı çekilen menüden seçilmeli;
3. Tüm eleman düğümleri 'grafik alana' çift tıklanması yoluyla tanımlanmalıdır.



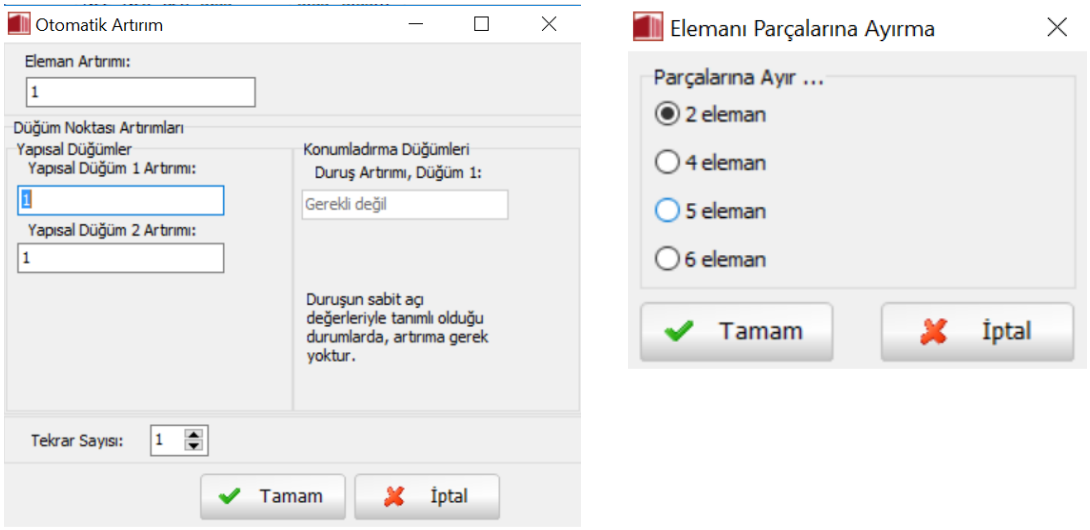
Yeni eleman eklenmesi (Grafiksel Tanımlama modu)

NOT: Yeni elemanın ismi eleman isim ön eki ve isim son ekinin birleştirilmesi olur.

Ayrıca, *Artırım* ve *Parçalarına Ayırma* servislerinin de ulaşılabilirliği aynı seviyededir.

Düğümlerdekine benzer olarak, *eleman artırımı* özelliği kullanılarak yeni elemanlar mevcutların "tekrarlanması" yoluyla oluşturulabilir. Düğümlerin otomatik olarak oluşturulması'na büyük ölçüde benzerlik gösteren bu özellikte tek fark düğüm noktası koordinatlarındaki artım yerine kullanılan eleman düğümlerinin isimlerindeki artırımıdır. Bu özelliğin çalışabilmesi için eleman isimlerinin nümerik (ör:100) veya kelime+nümerik (ör: elm20) formatlarında olmaları gerekmektedir.

Elemanı parçalarına ayırma, kullanıcının var olan çerçeve elemanlarını daha kolay ve hızlıca daha küçük parçalara bölmek (örneğin: daha büyük elemanlarla analiz yaparak inelastisitenin beklendiği bir kısmın belirlenip, analizin tekrarı için daha küçük parçalara bölünmesi) için kullanabileceği bir araçtır. Eleman bölünmesi sonucu meydana gelecek olan tüm yeni düğümler, elemanlar ve eleman bağlantılarının hepsi program tarafından ayarlanır. Kullanıcılar elemanları 2, 4, 5 veya 6 parçaya bölebilir. oluşturulan parçaların uzunluklarıysa esas elemanın uzunluğuna göre olan yüzdeleri kullanılarak hesap edilir; mevcut yüzdeler için Proje Ayarları'na bakınız (*Proje Ayarları >Elemanı ParçalarınaAyırma*).



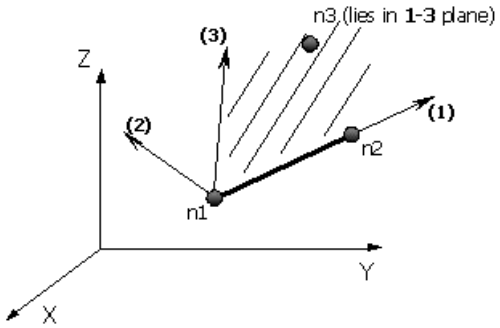
Eleman Artırımı ve Eleman Parçalara Ayırma

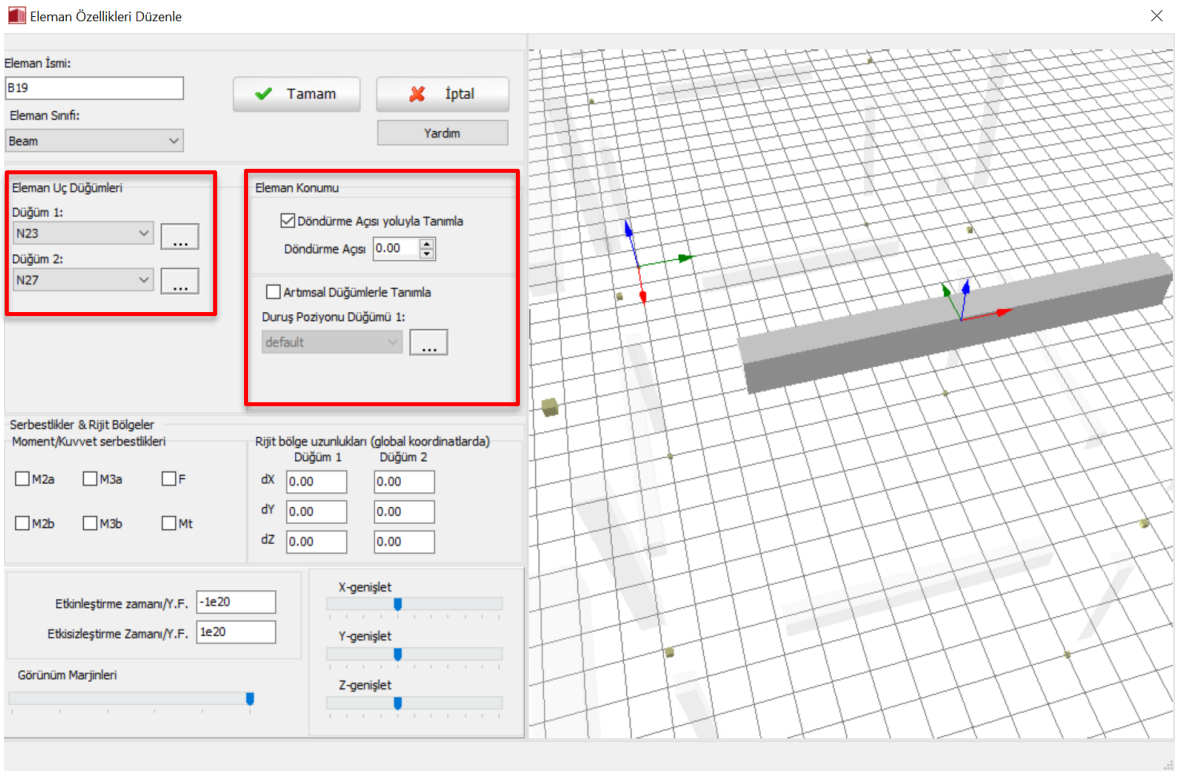
NOT: Çok kaba olarak hazırlanmış sonlu eleman modelleri bazı davranış şekil/mekanizmalarını düzgün bir şekilde yakalayamazken, gereksiz olarak detaylı hazırlanmış sonlu eleman modelleriyse çok uzun analiz sürelerine ve bazı durumlardaysa nümerik olarak kararlılık kaybına neden olur. Bu nedenle, kullanıcıların model hazırlarken dengeli bir detaylandırmaya gitmeleri ve ideal olarak uygulamak istedikleri detay derecesini de analiz doğruluğu, nümerik kararlılık ve analiz hesap süresi parametrelerinin optimum kombinasyonuna göre seçmeleri gerekmektedir.

Aşağıda SeismoStruct'ta kullanılan **eleman tiplerinin** bağlantılarının sahip olması gereken şartlar anlatılmaktadır.

Elastik ve Elastik olmayan (inelastik) çerçeve elemanları - infrmFB, infrmDB, infrmFBPH, infrmDBPH, elfrm & elfrmH

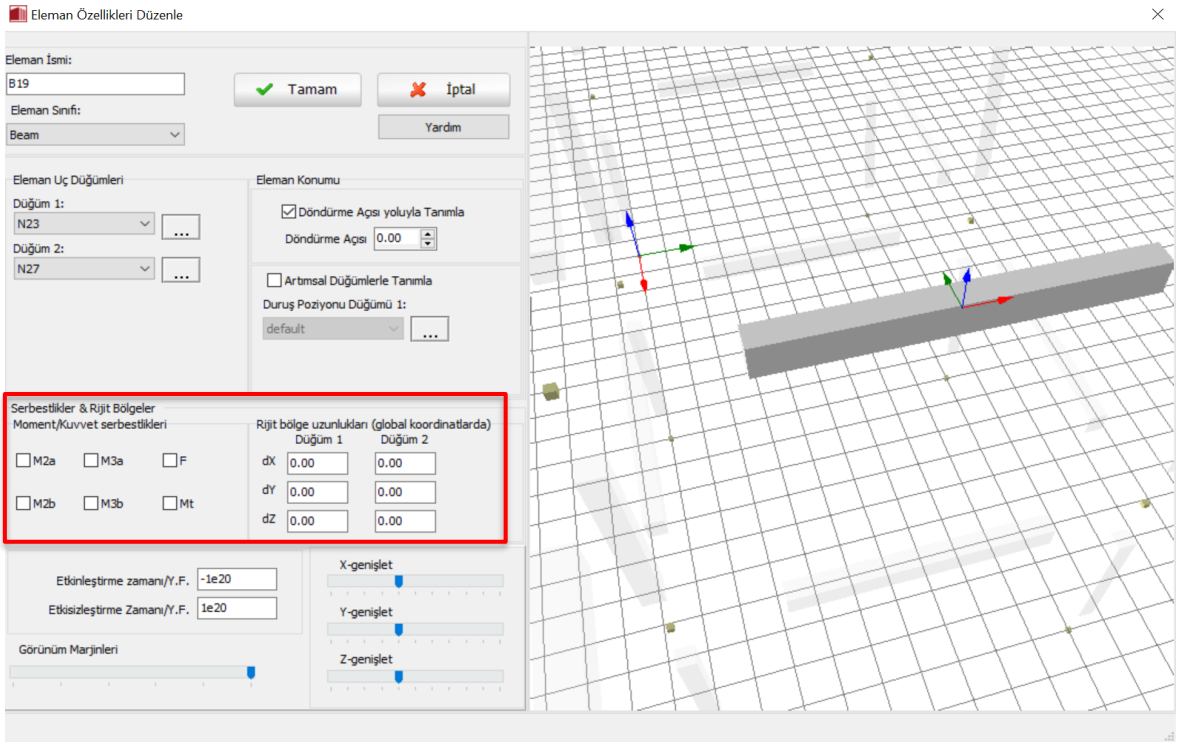
Bu elemanları tanımlamak için iki düğüm noktası gerekmektedir, bu düğümler elemanın uç düğüm noktaları olup, elemanın boyunu, uzaydaki konumunu ve doğrultusunu (lokal eksen 1) belirtir Global ve yerel eksenler sisteminde açıklandığı gibi, elemanın enine kesitinin (yerel eksenler 2 ve 3) oryantasyonunu tanımlamak için bir dönüş açısı veya üçüncü bir düğüm gereklidir.





Eleman Özelliklerinin Düzenlenmesi

Her bir çerçeve elemanı için *Rijit bölge uzunlukları*'nı global koordinatlarda tanımlamak ve değerlerini 1 ve 2 no'lu düğümlerin dX, dY ve dZ kısımlarına girmek mümkündür. Ayrıca, kullanıcılar birleşim yerlerindeki herhangi bir serbestlik derecesini (kuvvet veya moment) 'serbest' bırakabilirler.



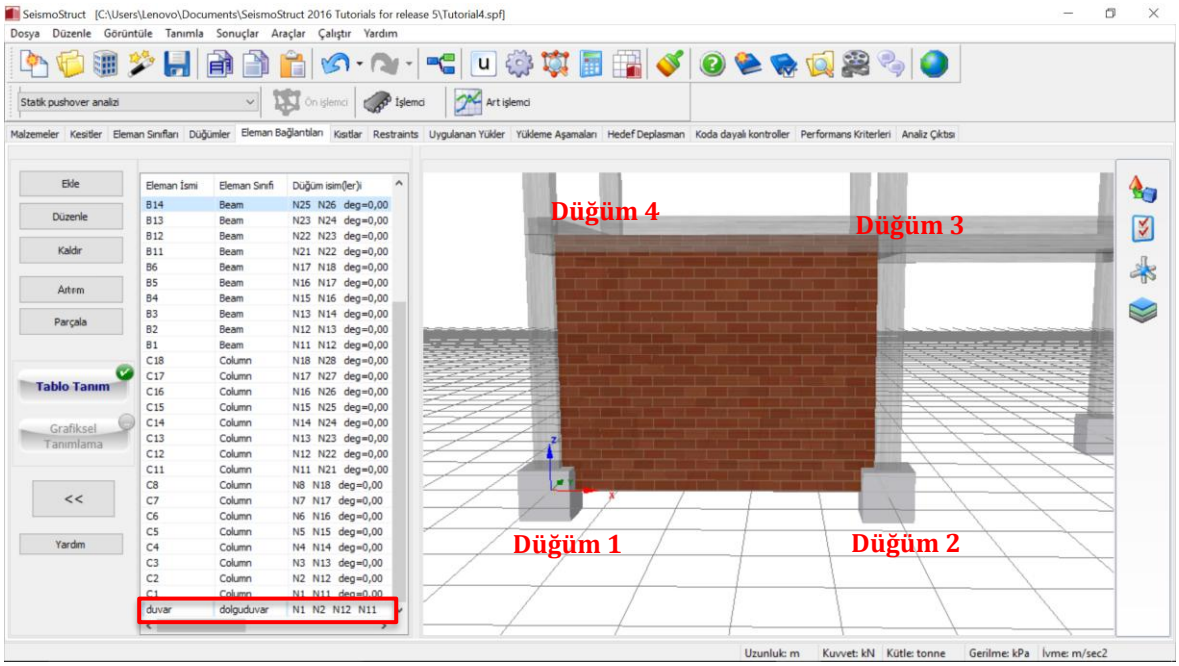
Rijit uç uzunlukları ve Moment/Kuvvet serbestlikleri

NOT: Kuvvetve moment serbestlikleri her zaman eleman lokal koordinat sisteminde tanımlanır.

Dolgu panel elemanları - infill

Bu elemanların tanımlanmasında dört düğüm noktasının tanımlanması gerekmektedir. Bu düğüm noktalarının dolgu panelin köşelerine tekabül etmeleri, sol alt köşeden başlamak üzere saat yönünün tersine bir sıralamada tanımlanmaları gerekir ve hepsi aynı düzlemde bulunmalıdır.

NOT: 1, 2, 5 numaralı dahili çubukları panelin birinci ve üçüncü düğümlerini; 3, 4, 6 numaralı dahili çubuklarıysa ikinci ve dördüncü düğüm noktalarını birbirine bağlar.



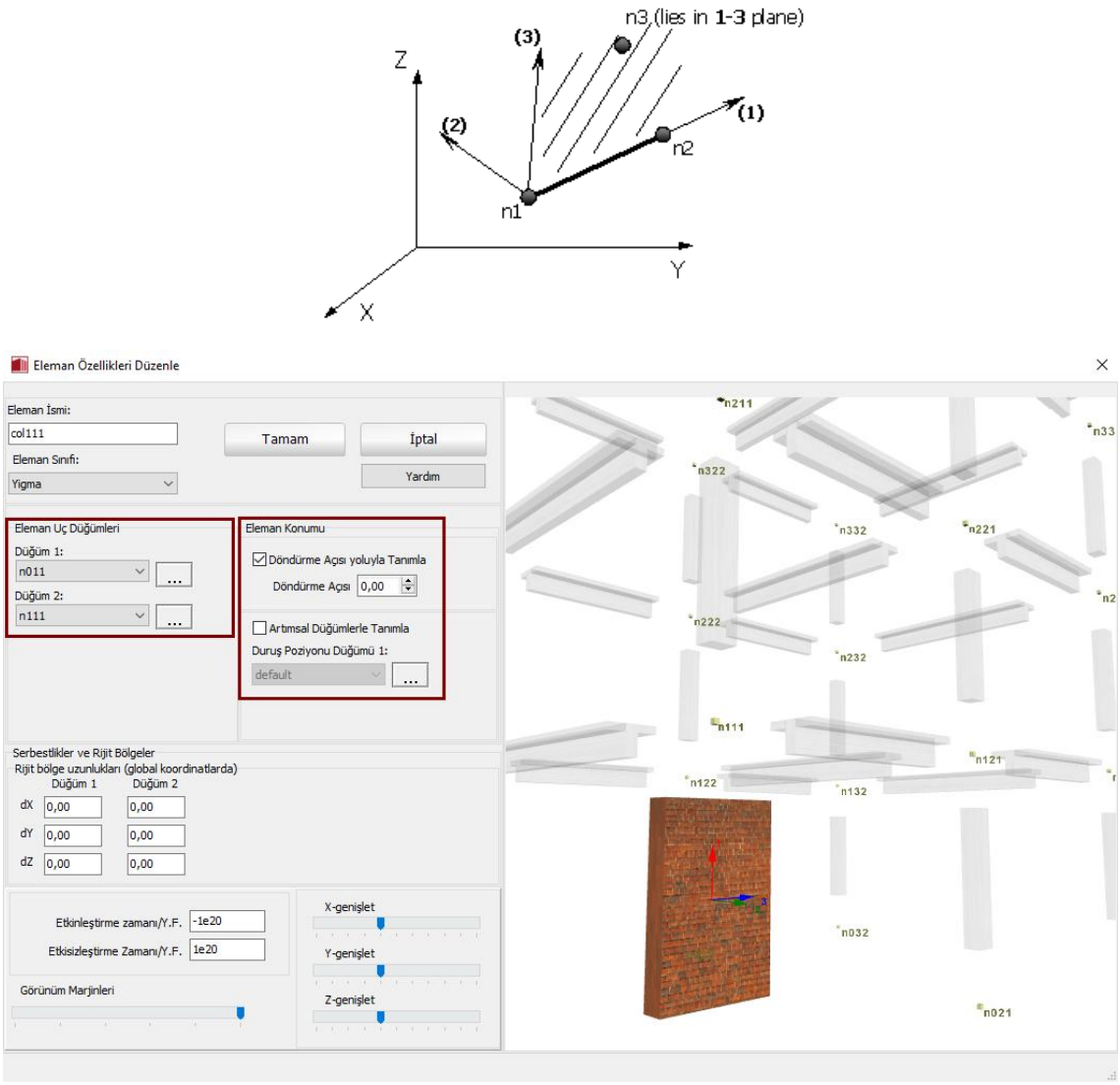
Eleman Bağlantıları modülü – Dolgu panel elemanı

Elastik olmayan kafes elemanları - truss

Bu eleman tipinin tanımlanabilmesi için iki düğüm noktasının tanımlanması gerekmektedir. Bu iki düğüm noktası genellikle elemanın uç noktalarını belirler (yani bir yapısal eleman için bir kafes elemanı tanımlanır). Eleman kararsızlığını modelleme gereği bahsi geçen genellemeye bir istisna yaratır, böylesine bir durumda eleman başına iki veya (herhangi bir kusurun da var olduğunu göze alınması nedeniyle) daha fazla kafes elemanı tanımlanması gerekmektedir.

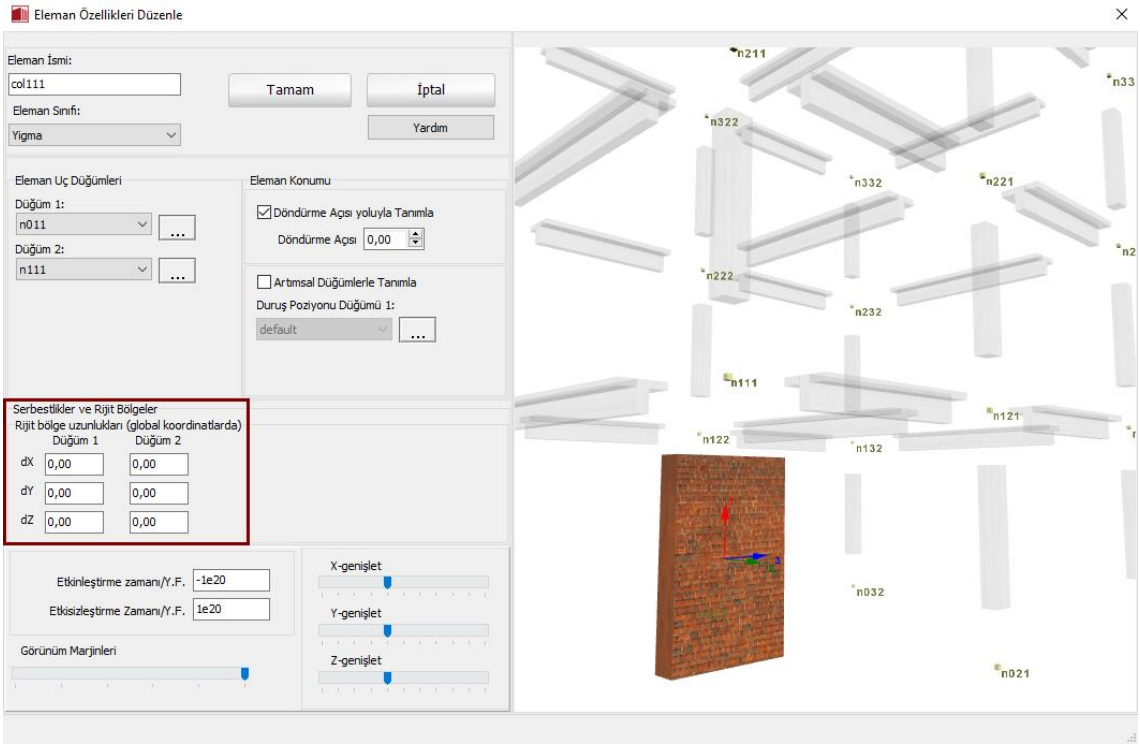
Yığma elemanı - masonry

Bu eleman türleri için, elemanın uç düğümlerini temsil eden, yani uzunluğunu, konumunu ve yönünü (yerel eksen 1) tanımlayan iki düğümün tanımlanması gerekir. Global ve yerel eksen sisteminde açıklandığı gibi, elemanın kesitinin (yerel eksenler 2 ve 3) yönünü tanımlamak için bir dönme açısı veya üçüncü bir düğüm gereklidir.



Eleman Düzenleme

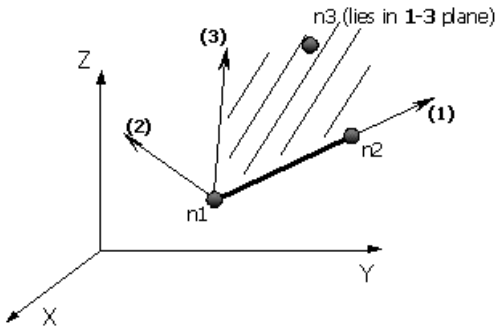
Ayrıca, her bir duvar elemanı için, sırasıyla Düğüm 1 ve 2'ye dX, dY ve dZ için bir değer atayarak *Rijit bölge uzunluklarını* (global koordinatlarda) belirlemek mümkündür.

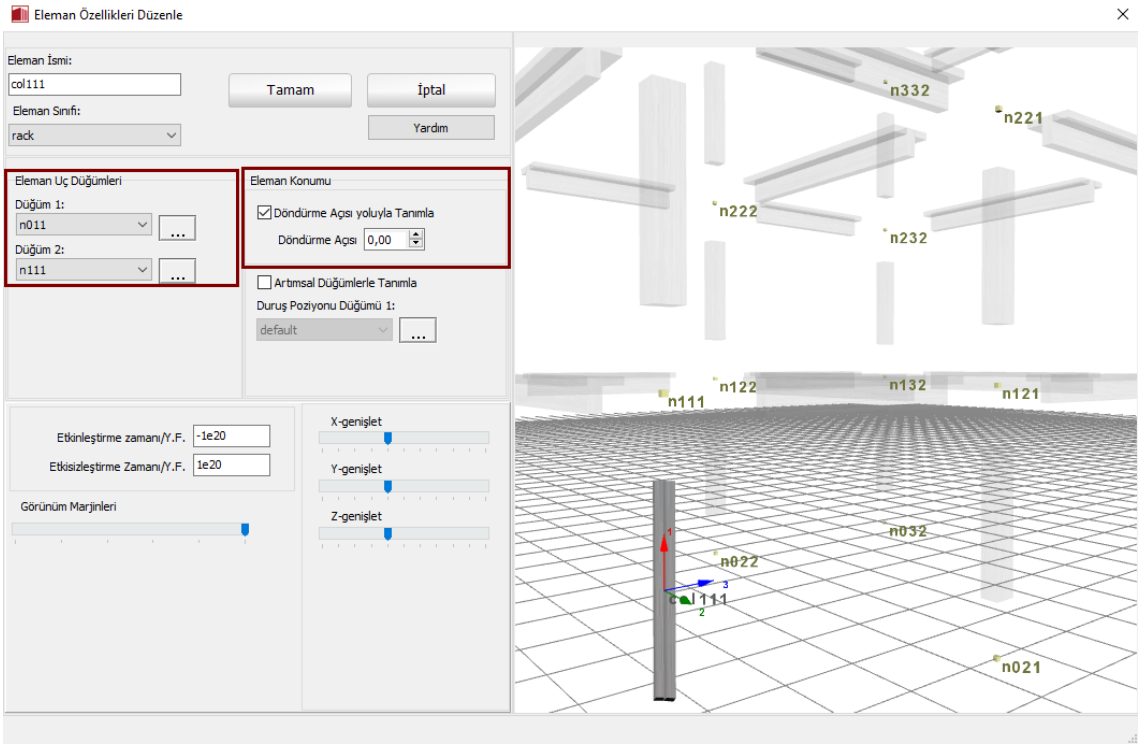


Rijit bölge uzunlukları

Raf elemanları – rack & rackH

Bu eleman türleri için, elemanın uç düğümlerini temsil eden, yani uzunluğunu, konumunu ve yönünü (yerel eksen 1) tanımlayan iki düğümün tanımlanması gerekir. Global ve yerel eksen sisteminde açıklandığı gibi, elemanın kesitinin (yerel eksenler 2 ve 3) yönünü tanımlamak için bir dönme açısı veya üçüncü bir düğüm gereklidir.

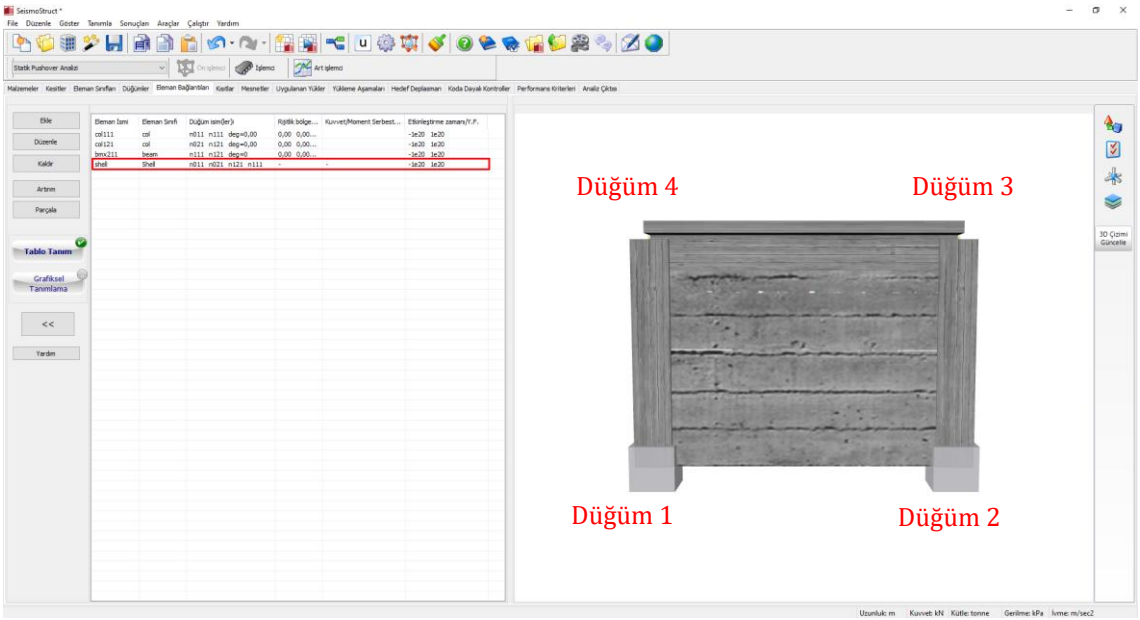




Eleman düzenlenmesi

Kabuk elemanı - shell4

Bu eleman tipi için dört düğüm tanımlanmalıdır. Bunlar kabuk elemanın köşelerine karşılık gelir, sol alt köşeden başlayarak saat yönünün tersine sırayla girilmelidir ve hepsi aynı düzleme ait olmalıdır.



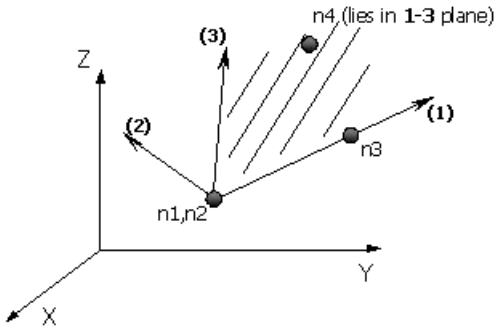
Eleman Bağlantı modülü - Shell4 elemanı

Bağlantı elemanları - linlink, NLlink, ssilink1 & ssilink2, bearing1 & bearing2

Bu elemanların tanımlanmasında dört adet düğüm noktası gerekmektedir. İlk iki düğüm noktası elemanın uç noktalarıdır ve bu iki noktanın (bağlantı elemanının herhangi bir uzunluğa sahip

olmamasından ötürü) aynı koordinatlara sahip olması gerekmektedir. Üçüncü düğüm noktası elemanın lokal ekseninin (1) tanımlanmasında kullanılır ve bu eksenin şekil değiştirme sırasındaki yeni konumu, ilk konumu ve 1 numaralı düğümün dönme değeri kullanarak hesaplanır. Dördüncü düğüm noktası (2) ve (3) lokal eksenlerinin tanımlanmasında kullanılır.

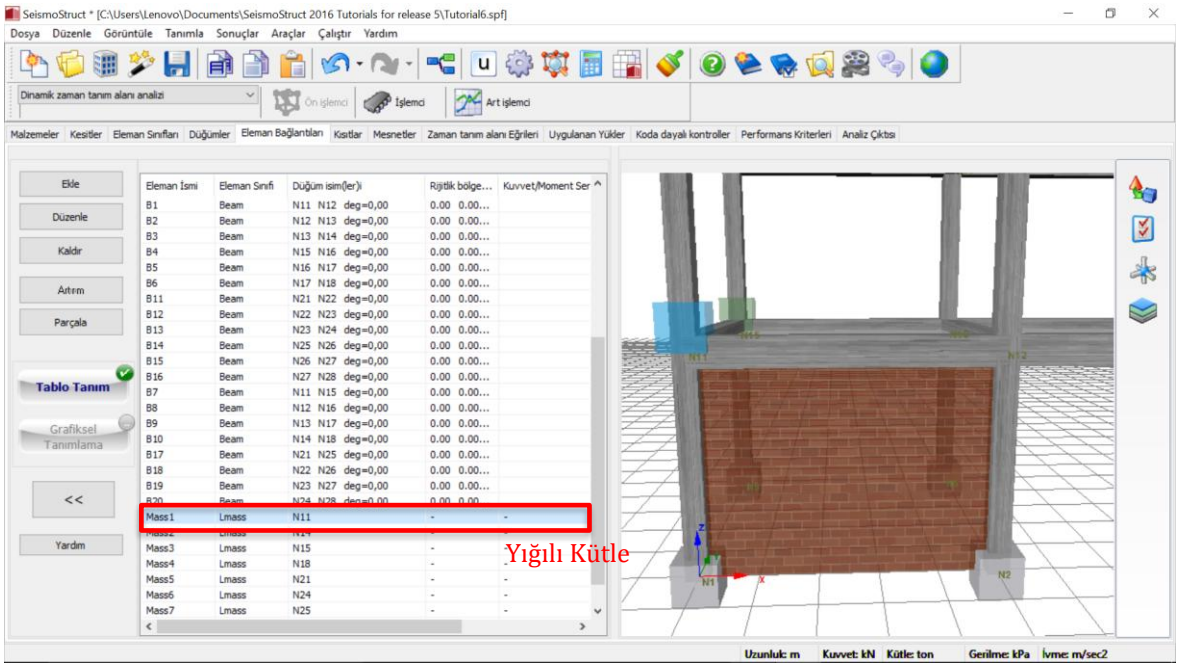
NOT 1: Kullanıcılar, üçüncü ve dördüncü düğümleri yapısal olmayan düğümleri tanımlamak yerine 'varsayılan' anahtar kelimesiyle eksen-1'i global X yönünde tanımlayabilir.



NOT 2: Kullanıcılar, üçüncüvedördüncü düğümlerin tanımlanmaları sınrasında yapısal olmayan düğümlerden yararlanmalıdır.

Yığılı kütle elemanları - lmass

Bu eleman tipi için tek bir düğüm noktasının tanımlanması yeterlidir.



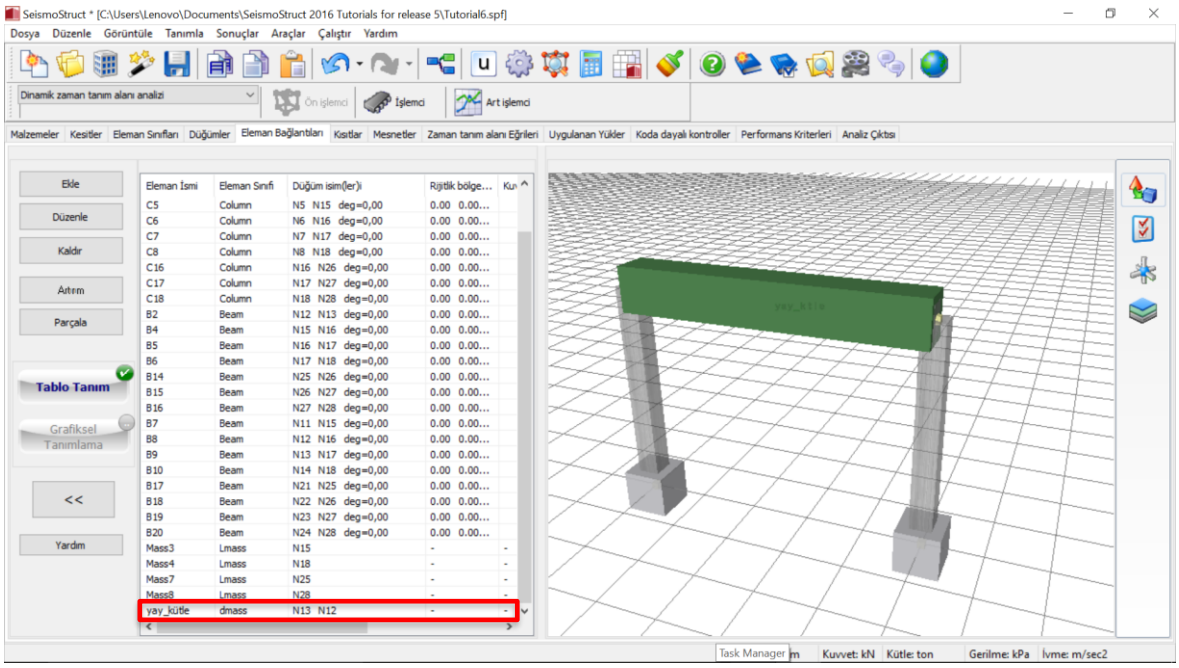
Eleman Bağlantıları modülü –Yığılı kütle elemanı

Yatay deprem etkisi altında bulunan çerçevelerde, düşey deprem hareketinin ve eleman eksenel deformasyonlarının ihmal edilmeleri durumunda kat başına bir yığılı kütle elemanı yeterli gelse bile, yine de her kiriş-kolon birleşim noktasına bir yığılı kütle elemanı atanması alışılmış bir durumdur.

Köprü analizlerinde, daha detaylı bir yaklaşımın kullanılmaması halinde, döşemenin kütlesinin ayak-döşeme kesişim düğümlerine yığılması sıklıkla kullanılan bir yaklaşımdır [e.g. Casarotti ve Pinho, 2006].

Yayılı kütle elemanları - dmass

Bu eleman tipinin tanımında iki düğüm noktası gerekmektedir. Bu iki düğüm noktası genellikle yapısal elemanların uç noktaları olarak alınır (ör: her bir kolon, kiriş, vb için bir adet dmass elemanı). Büyük yer değiştirmelerin beklendiği durumlar yapılan genellemeye aykırıdır ve eleman başına iki veya daha fazla yayılı kütle elemanı tanımlanmalıdır.



Eleman Bağlantıları modülü – Yayılı kütle elemanı

Sönümleme elemanları – dashpt & NLdashpt

Bu eleman tiplerinin tanımlanabilmesi için tek bir düğüm noktası gereklidir (sönümleme elemanının ikinci düğüm noktası her zaman yere sabit olarak alınır).

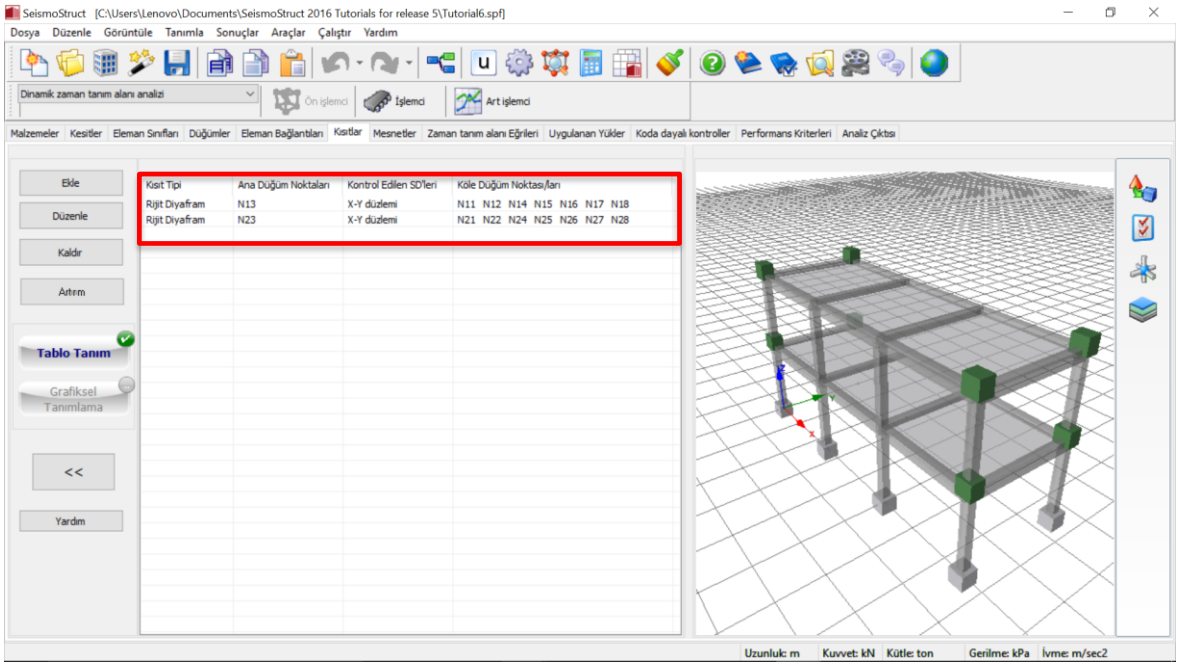
Kısıtlar

Kısıtlar modülünde yapının sahip olduğu değişik kısıt durumları; kısıt tipi, ilgili ana düğüm, kısıtlanan SD'ler ve köle düğümler ile birilkte tanımlanır.

SeismoStruct'ta üç farklı **kısıt tipi** tanımlanabilir, bunlar:

- Rijit Bağlantı
- Rijit Diyafram
- Eşit Serbestlik Derecesi (SD)'dir.

Diğer tüm modüllerde de olduğu gibi yeni tanımlamalar yapılabilir (*Grafiksel Tanımlama* modunda da geçerlidir), var olan tanımlamaları kaldırılabilir ya da yeniden düzenlenebilir (bkz. Düzenleme fonksiyonları).



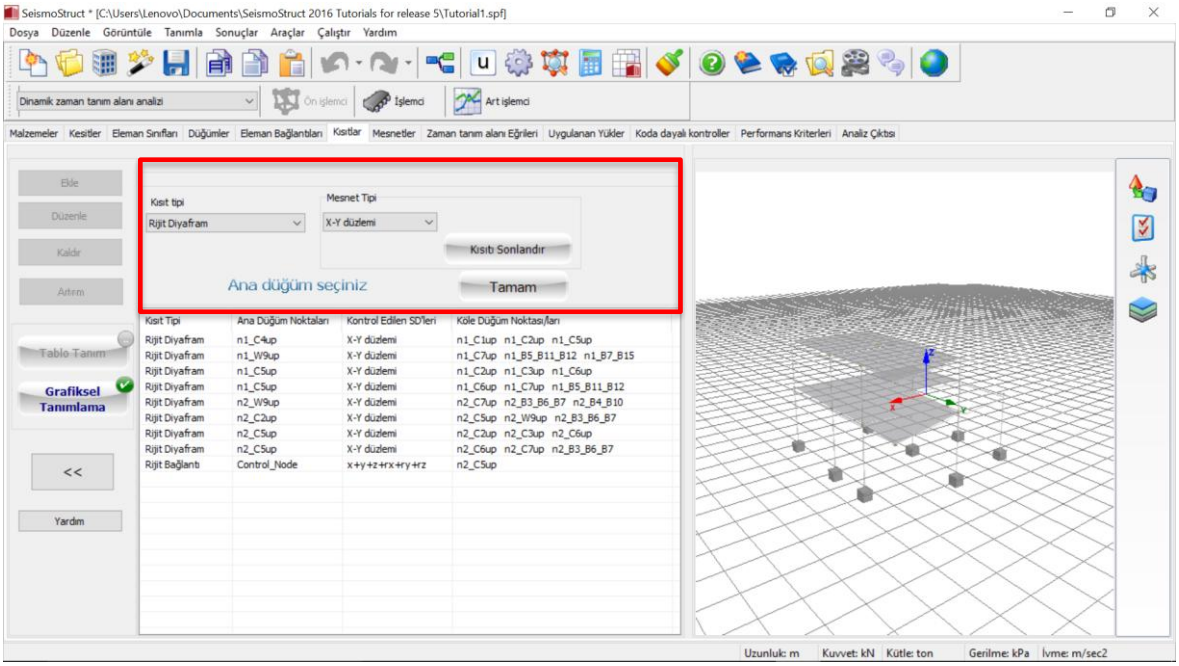
Kısıtlar modülü

Kullanıcılar "Kısıtları", *Görüntüle* modunda tanımlayabilirler. Bunu gerçekleştirmek için sıralanan işlemler izlenmelidir:

1. *Ekle* düğmesine tıklanması;
2. Kısıt tipinin aşağı çekilen menüden seçilmesi;
3. Kısıtlanan SD'lerinin aşağı çekilen menü(ler)den seçilmesi;
4. Ana düğümün aşağı çekilen menüden seçilmesi;
5. Bağımlı düğüm veya düğümlerin karşılık gelen kutucukların işaretlenmesi yoluyla seçilmesi.

Kullanıcılar "Kısıtları", *Grafiksel Tanımlama* modunda tanımlayabilirler. Bunu gerçekleştirmek için sıralanan işlemler izlenmelidir:

1. *Grafiksel Tanımlama* düğmesine tıklanması;
2. Kısıt tipinin aşağı çekilen menüden seçilmesi;
3. Kısıtlanan SD'lerinin aşağı çekilen menüden seçilmesi;
4. Ana düğüm tanımı için çift tıklanması;
5. Bağımlı düğümün veya düğümlerin tanımı için çift tıklanması;
6. *Kısıtı Sonlandır* düğmesine tıklanarak işlemin tamamlanması.



Yeni kısıt eklenmesi (Grafiksel Tanımlama modu)

Ek olarak, artırım ozelliği de kullanıma açıktır. Elemanlarda olduğu gibi; yeni kısıtlar, mevcut kısıtların "tekrar edilmesi" gerçekleştirilerek kısıt artırımı özelliğiyle tanımlanabilir. Bu özelliğin çalışma presibi, elemanların otomatik olarak oluşturulması'na benzemektedir; aralarındaki tek nüans burada (ana ve köle) düğüm noktalarının artırımının yapılmasıdır. Bu özelliğin kullanılabilmesi için düğüm adları nümerik (ör: 111) veya kelime+nümerik (ör: n111) formatlarından biri olmalıdır.

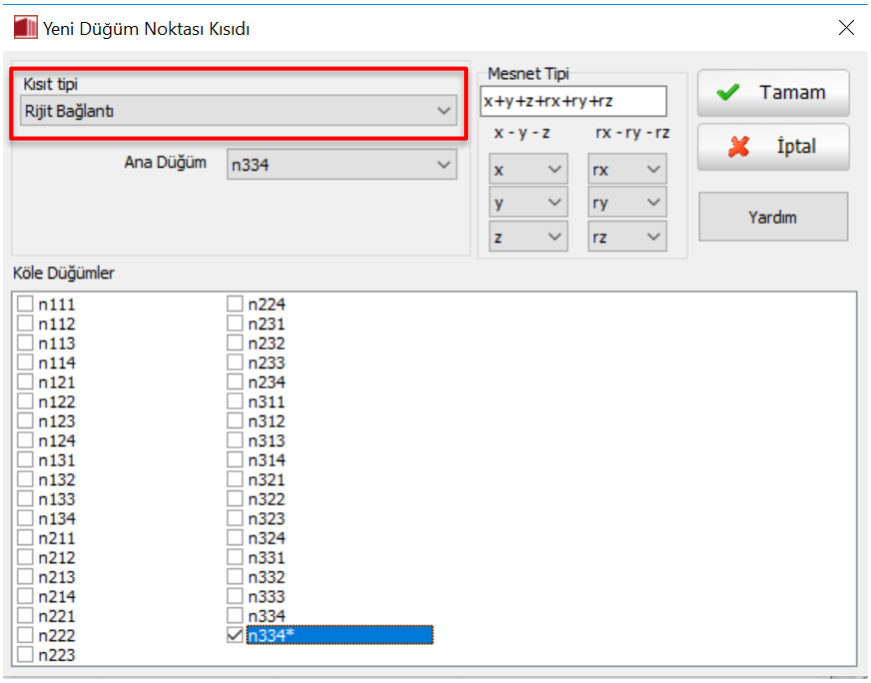
NOT 1: Kısıtlanmış düğüm noktalarına yer değiştirme yüklemesi uygulanması yakınsama sorunlarına yol açabilir. Bunun nedeni uygulanan yer değiştirme yükünün mevcut kısıt koşullarıyla olası uyumsuzluğudur. Böylesine bir uyumusuzluk, diğer tüm analiz tipleri arasında en çok 3D model üzerinde yer değiştirmeye bağlı Adaptif İtme Analizi'nde yer değiştirme yüklemesinin katta bulunan düğüm noktalarına verilmesi durumunda gerçekleşir (yapılması gereken analizden önce diyafram koşullarının kaldırılması veya yer değiştirme yüklemesinin kat kenarlarına uygulanmasıdır).

NOT 2: Sonlu elemanlar programlanmasına göre, sadece iki düğüm noktasının birbirine bağlı olduğu durumlarda ana ve köle düğüm noktaları birbirinin aynısıdır, aralarında bağlantı olan iki düğüm noktasıdır. Bu konuda daha detaylı bilgi için literatüre başvurunuz [ör: Cook et al., 1989; Felippa, 2004].

Aşağıda her bir kısıt tipinin açıklamaları tanımlanmaktadır.

Rijit Bağlantı

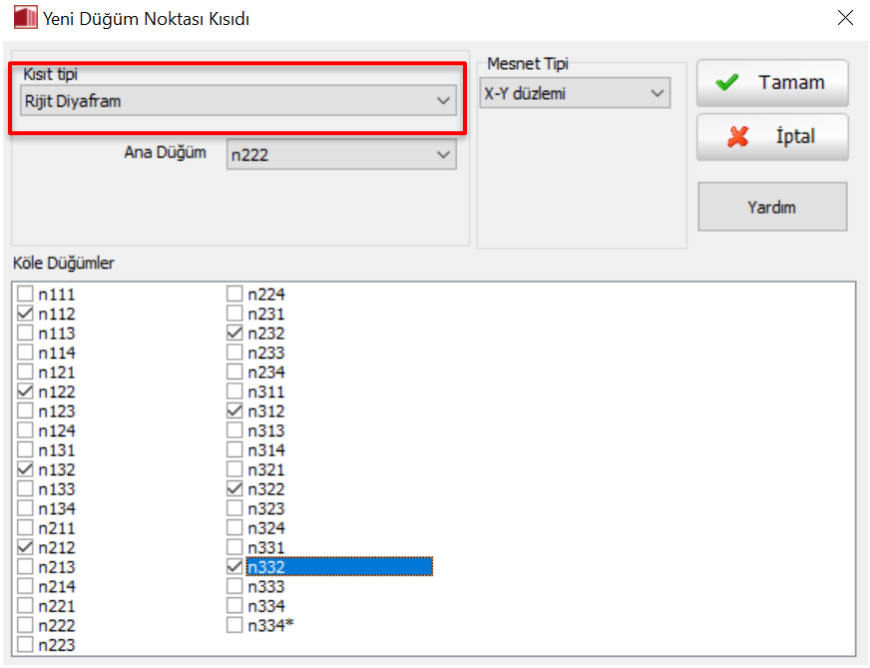
Ana ve köle düğümlerin belirli serbestlik dereceleri arasında rijit bağlantı oluşturur. Farkı bir söyleyişle, köle düğümlerin dönmelerinin ana düğüm dönmelerine rijit bağlanmaları durumunda, köle düğümlerdeki dönme değerleri ana düğümlerdekine eşit, yer değiştirme değerleriyse köle ve ana düğüm noktaları arasında rijit moment kolu olduğu varsayılarak hesaplanır. Bu bağlantı tiplerinin tanımlanabilmesi için ana ve köle düğüm noktalarının bağlanacak serbestlik dereceleriyle birlikte tanımlanması gerekmektedir.



Yeni Rijit Bağlantı eklenmesi (Tablo Tanım modu)

Rijit Diyafram

Bu kısıt yardımıyla belirli bir düzlemde bulunan düğümler için ana-köle tanımlaması yapılır (ör: tüm köle düğümlerin yer değiştirme/dönme değerleri hesaplanırken ana düğüme olan göreceli konumlarının değişmediği varsayılır). Bir önceki kısıt tipinde olduğu gibi ana ve köle düğüm noktaları tanımlanır (ana düğüm noktası genelde diaframın merkezinde seçilir). Bağlanacak serbestlik dereceleri de, ilgili rijit diafram düzlemi seçilerek gerçekleştirilir (X-Y, X-Z ve Y-Z düzlemleri).



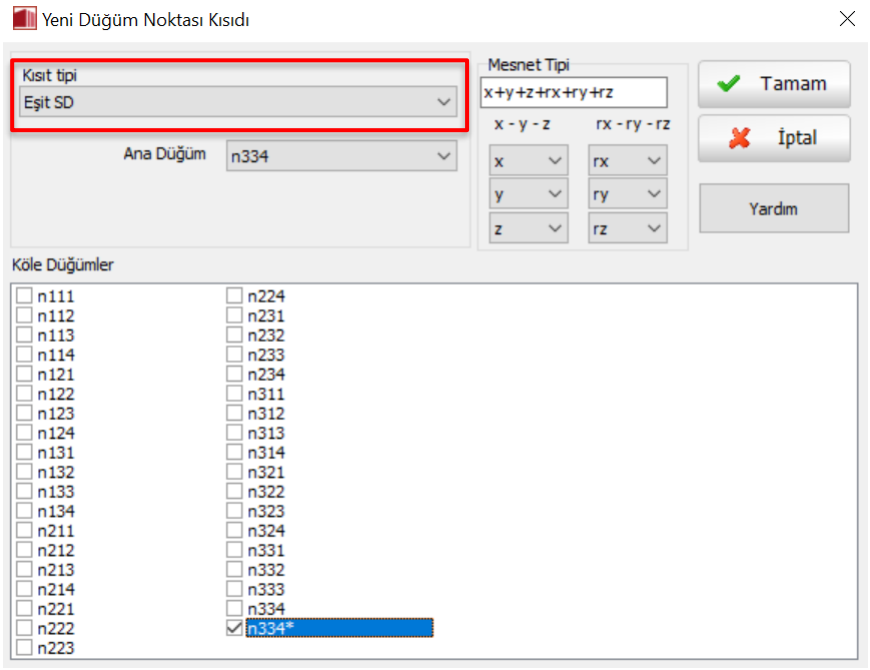
Yeni Rijit Diyafram eklenmesi (Tablo Tanım modu)

NOT 1: Diyaframbağlantıgenellikle kat başına rijit döşeme durumu olarak kullanılır ve ana nodu genellikle diyafram kütle merkezinde bulunur. Sihirbazla oluşturulan 3D modellerdeki ana düğüm noktası sadece gösterimsel amaçlıdır ve doğru olması gerekmemektedir.

NOT 2: Herhangibirkattatüm düğüm noktalarının ana düğüm noktasına rijit diyafram yoluyla bağlanması kat kirişlerinde yapay bir rijitleşme ve güçlenmeye yol açabilir. Bunun nedeni eksenel deformasyonlarının kısıtlanmasıdır (kısıtlanmamış nonlineer fiber elemanlar kesit eğilme etkisi altındayken eksenel olarak uzar veya kısalır, tarafsız eksen kesit merkez eksenlerinden farklıdır). Kullanıcılar rijit diyafram bağlantısı yapılacak düğüm noktalarını dikkatle seçmelidir.

Eşit SD

Bu bağlantı tipinde serbestlik dereceleri arasında eşitlik durumu oluşturulur. Rijit Bağlantı'nın aksine ana düğüm dönme, köle düğüm yer değiştirme serbestlik dereceleri arasında herhangi bir moment kolu varsayımı yapılmaz, bağlanmak istenen her bir serbestlik derecesi birbirine eşit olarak tanımlanır. Bu kısıt tipinde de hem ana hem de köle düğüm noktaları birbirine bağlanacak serbestlik dereceleriyle birlikte tanımlanmalıdır.



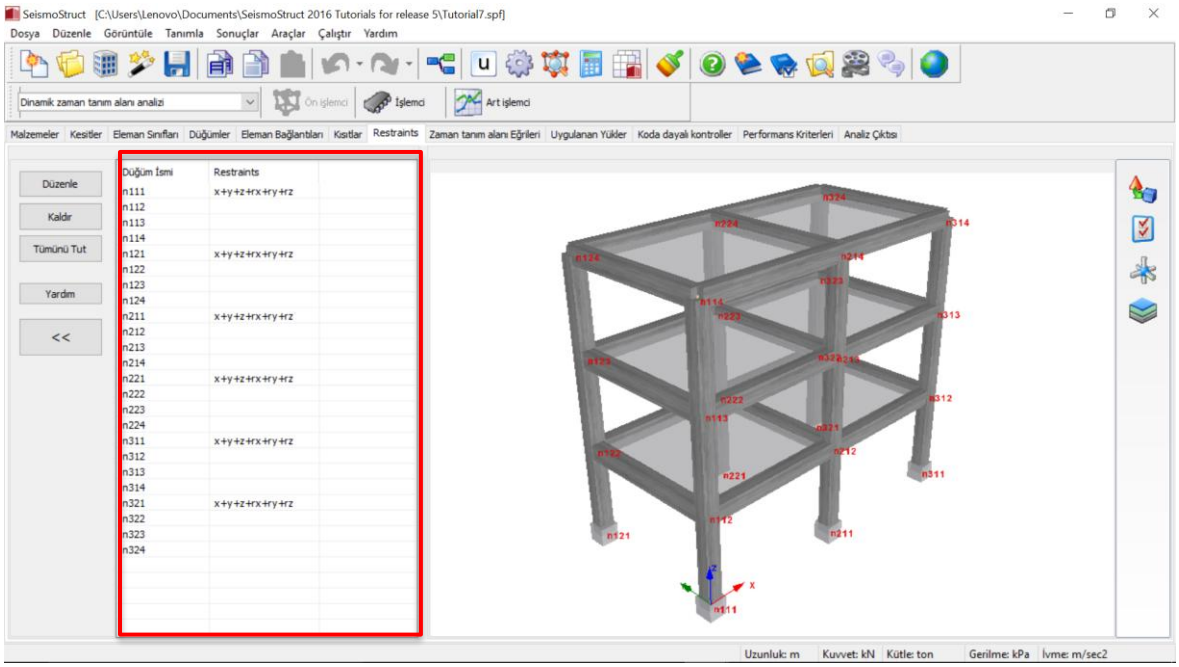
Yeni Eşit SD kısıdı eklenmesi (Tablo Tanım modu)

NOT: Daha önceki SeismoStruct sürümlerinde, lin_sym davranış eğrisine sahip olan bağlantı elemanları genellikle mafsallı bağlantıları (sıfır rijitlik) ve *Kısıtları* tanımlamak için kullanılırdı. Kullanıcılar artık bu işlemleri gerçekleştirmek için Eşit SD özelliğini kullanabilirler (ör: dönme serbestlik derecelerindeki mafsal durumu sadece yer değiştirme erbestlik derecelerini Eşit SD ile bağlayarak gerçekleştirilebilir).

Mesnetler

Mesnetler modülünde, modelin mesnet koşulları (mesnetlenme durumları) tanımlanır. Modül içerisinde tanımlı olan bütün yapısal olan düğüm noktaları listelenmiştir, mesnet tanımlanması istenen herhangi bir düğüm noktası seçilir ve altı serbestlik derecesinden istenilenler tutulur (mesnetlenir).

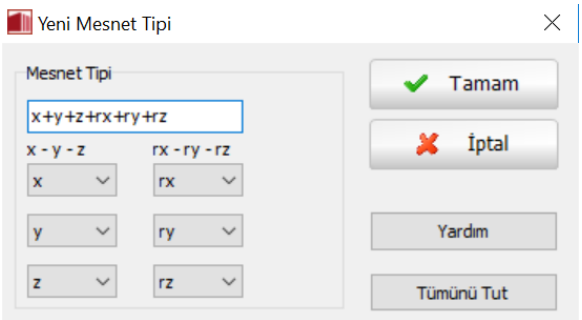
ÖNEMLİ: Bu modülde kopyalama ve yapıştırma işlemlerine izin verilmemektedir.



Mesnetler modülü

İki boyutlu (2D) analiz gerçekleştirilirken, düzlem dışına olan bütün serbestlik derecelerinin mesnetlenmesi analiz zamanın kısaltılmasında etkin rol oynayabilir. Örnek olarak, X-Z düzleminde olan bir modelde (2D modeller *Sihirbaz* yardımıyla ilgili düzlem seçilerek hızlıca oluşturulabilir) tüm düğüm noktalarının y+rx+rz mesnetlenme durumlarına sahip olmaları gerekir. Bu durumlarda, açıklayıcılığı artırmak amacıyla y+rx+rz mesnetleri 3D çizimde gösterilmez.

Temel davranışındaki esneklik ve non-lineerite, bağlantı elemanları yoluyla tanımlanabilir. Kullanılacak bağlantı elemanının İlk yapısal düğüm noktasının tüm serbestlik dereceleri mesnetlenir (x+y+z+rx+ry+rz), ikinci yapısal düğüm noktasıysa nümerik modelin üzerinde bulunur. Zemin davranışını altı serbestlik derecesinde modellemede kullanılacak bağlantı elemanının davranış eğrileri olarak herhangi bir elastik veya elastik olmayan model kullanılabilir.



Mesnet Düzenleme penceresi

NOT: Tabandaki akma penetrasyonunun (ankrajlanma/kenetlenme) modellenmesi gereken durumlarda kolon boyunun gereken miktar kadar artırılmasında iş görür. Ankrajlanma uzunluğunun hesabı konuda literatürde mevcut olan makalelere bakınız [ör: Paulay and Priestley, 1992; Priestley et al., 1996].

YÜKLEME

Yapısal geometri tanımlandıktan sonra, kullanıcılar yapıya yüklemeyi **Uygulanan Yükler** modülünden gerçekleştirebilirler. Akabinde, aşağıda belirtilen modüllerde (çalıştırılan analiz tipine göre değişen) birtakım ek ayarların belirtilmesi gerekir:

- Tsunami Parametreleri
- Yükleme Aşamaları
- Zaman Tanım Alanı Eğrileri
- Adaptif Parametreler
- IDA Parametreleri
- RSA Parametreleri

NOT: Özdeğer analizi seçiliyse, bu modüllerin hiçbiri belirmez.

Tsunami Parametreleri

Doğrusal Olmayan Tsunami Analizi ile kullanıcılar, ASCE 7-16 çerçevesinde Tsunami Yükleri için bir yapının kapasitesini değerlendirebilir. Tsunami Yükleri, ASCE 7-16 ilişkileri kullanılarak veya Foster ve diğerleri [2017]'de önerilen ilişkiler kullanılarak hesaplanabilirken, analiz prosedürleri Petrone ve diğerleri [2017] ve Baiguera ve diğerleri [2019]'da özetlenmiştir. Doğrusal Olmayan Tsunami analizi hakkında daha fazla bilgi Ek B'de de bulunabilir.

Doğrusal Olmayan Tsunami Analizi için bir dizi parametrenin tanımlanması gerekir ve bunlar aşağıda özetlenmiştir:

Tsunami Kuvveti Hesaplama Yöntemi

Kullanıcı, her adımda Toplam Tsunami Kuvveti'nin aşağıdakiler kullanılarak hesaplanıp hesaplanmayacağını seçebilir.

1.**ASCE 7-16 Yöntemi:** ASCE 7-16'nın 6.10.2.1 paragrafındaki 6.1-2 ilişkisinin kullanılması (ASCE 7-16 bölüm 6).

$$F_{dx} = \frac{1}{2}\rho_s I_{tsu} C_d C_{cx} B(hu^2)$$

F_{dx} Toplam Tsunami Kuvveti, I_{tsu} Tsunami Önem Faktörü, C_d bina için sürükleme Katsayısı (bkz. ASCE 7-16 Bölüm 6, Tablo 6.10-1), h taşkın derinliğidir, u akış hızıdır ve C_{cx} ASCE 7-16 bölüm 6'nın 6.10-3 denklemi ile verilen bir katsayıdır ve B, Tsunamiden etkilenen yapının genişliğidir.

2.**Foster ve diğerleri (2017) Yöntemi:** Foster ve diğerleri [2017] tarafından yapılan çalışmada özetlenen Petrone ve diğerleri [2017] ilişkilerindeki denklem (1) kullanılarak.

$$\text{For } Fr<F_{rc}\text{: } F/B = sgn(u)\ \tfrac{1}{2} C_D \rho_s u^2 h$$

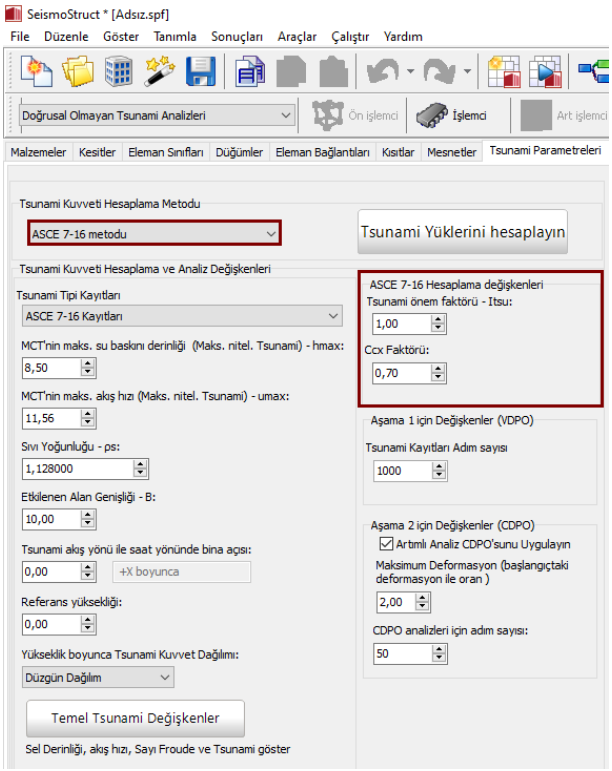
$$\text{For } Fr\geq F_{rc}\text{: } F/B = sgn(u)\ \lambda \rho_s g^{1/3} u^{4/3} h^{4/3}$$

F_r, Froude sayısı, F_{rc}, Petrone ve diğerleri [2017]'deki denklemlere göre hesaplanan Froude sayısı eşiğidir, C_d bir sürükleme katsayısıdır, h ve u sırasıyla su baskını derinliği ve akış hızıdır, g yerçekimi ivmesidir , B, Tsunamiden etkilenen alanın genişliğidir ve λ, Foster ve diğerleri [2017]'den denklem (26) kullanılarak hesaplanır.

Her yöntem için bir dizi yönteme özgü değişkenin tanımlanması gerekir.

ASCE 7-16 yöntemi için değişkenler:

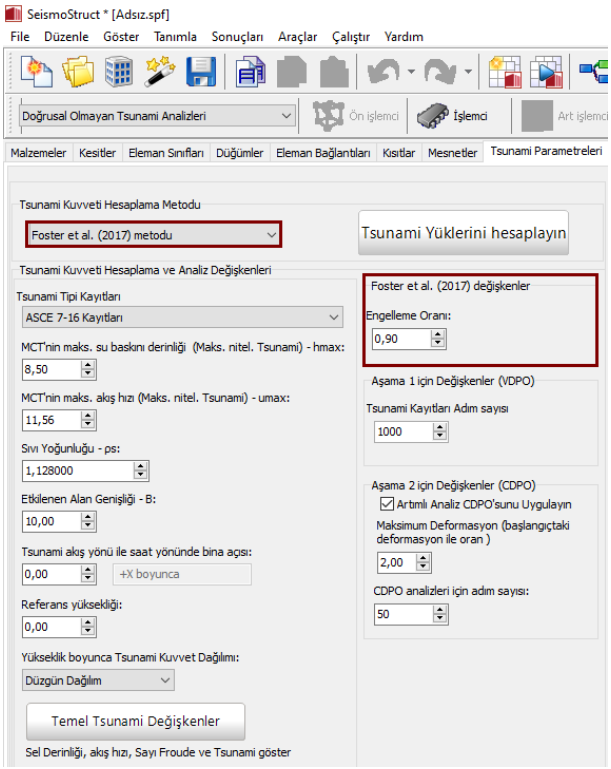
a. Tsunami Önem Faktörü (I_{tsu}): Tsunami önem faktörü, ASCE 7-16, Bölüm 6 6.8.3.2 paragrafına göre alınır.
b. C_{cx} faktörü, ASCE 7-16 Bölüm 6'nın 6.10.2.1 paragrafında verilen 6.10.2 denklemine göre hesaplanır.



ASCE 7-16 yöntemi ve hesaplama değişkenleri

Foster ve diğerleri (2017) yöntemi için değişkenler:

a. Blokaj oranı: w'nin bir su akışı kanalının genişliği ve b'nin kanal yolundaki bir engelin genişliği olduğu blokaj fraksiyonu b/w, Tsunami Modellemesi üzerinde deneysel çalışmalarda kullanılan bir modeldir [Qi et al, 2014 ; Foster ve diğerleri, 2017].



Foster ve diğerleri [2017] yöntemi ve hesaplama değişkenleri

Tsunami kuvveti hesaplama ve analiz değişkenleri

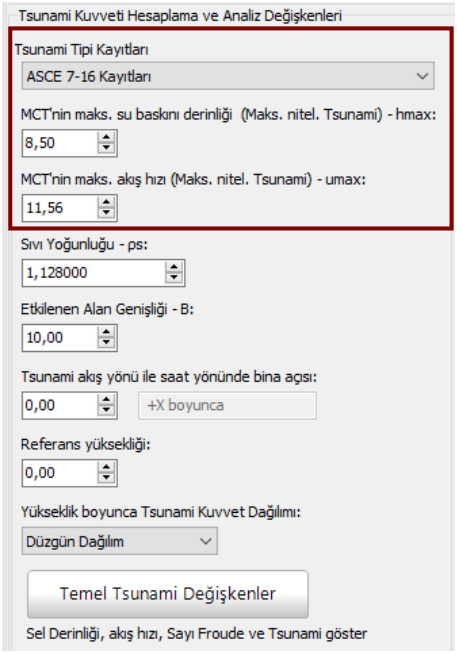
Tsunami zaman serisinin tipi: Kullanıcı, Tsunami modellemesi ve Toplam Tsunami Kuvveti'nin hesaplanması için kullanılacak olan derinlik ve hız zaman serisinin tipini belirleyebilir. Kullanıcı, her seçeneğin kendi değişkenlerinin belirtilmesine ihtiyaç duyduğu aşağıdaki seçenekler arasından seçim yapabilir.

i) ASCE 7-16 Zaman Serisi: ASCE 7-16'nın 6. bölümünün Şekil 6.8-1'deki Derinlik ve Hız zaman serileridir. Zaman serisini tam olarak tanımlamak için, Kabul Edilen Maksimum Tsunaminin Maksimum Taşkın Derinliği (hmax) ve Akış hızı (umax) tanımlanmalıdır.

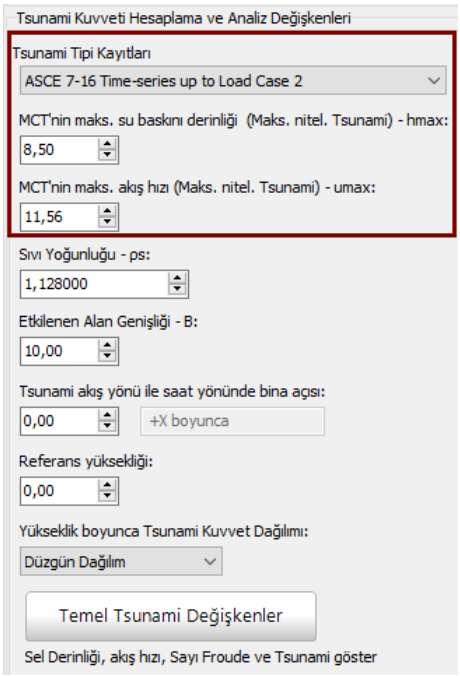
ii) ASCE 7-16 Yük Durumu 2'ye kadarki Zaman Serisi: ASCE 7-16'nın Derinlik ve Hız zaman serisi ancak ASCE 7-16 Bölüm 6 Şekil 6.8-1'de gösterilen Yük Durumu 2 noktasına kadar olandır. Tanımlanmaları gereken değişkenler yine hmax ve umax'tır.

iii) Değişken Derinlik/Sabit Froude Sayısı Zaman Serisi seçeneği: Hız sabit bir Froude sayısı kullanılarak hesaplanırken derinlik minimumdan maksimum derinliğe doğrusal olarak artar. Gerekli değişkenler Minimum ve Maksimum Derinlik ve Sabit Froude sayısıdır.

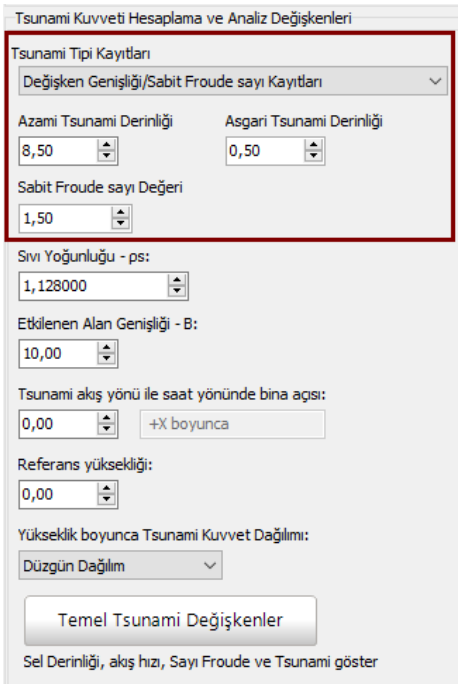
iv) Maksimum derinlik = bina yüksekliği olan Zaman Serisi: Bu seçenek, yükleme durumu 2 için ASCE 7-16 derinlik/hız zaman serisini oluşturur ve Yük Durumu 2'den sonra derinlik bina yüksekliğine ulaşana kadar doğrusal olarak artmaya devam eder. ASCE derinliğinin ve Hız zaman serisinin hesaplanması için hmax ve umax'ın tanımlanması gerekir.



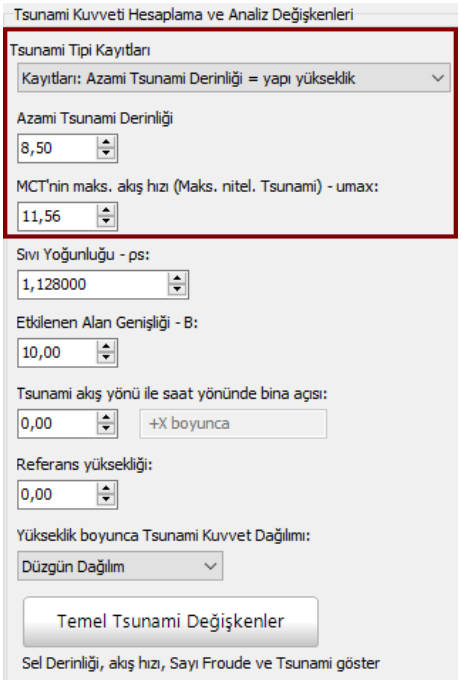
ASCE 7-16 zaman serisi seçeneği, gerekli ilave değişkenlerle birlikte



ASCE 7-16 Yük Durumu 2'ye kadarki Zaman Serisi seçeneği, gerekli ilave değişkenlerle birlikte



Değişken Derinlik/Sabit Froude Sayısı Zaman Serisi seçeneği, gerekli ilave değişkenlerle birlikte



Maksimum derinlik = bina yüksekliği olan Zaman Serisi seçeneği, gerekli ilave değişkenlerle birlikte

Sıvı Yoğunluğu – ρs

Tsunami toplam Kuvveti hesaplamaları için düşünülen sıvının yoğunluğu, genellikle deniz suyunun yoğunluğuna eşit olarak alınır.

Etkilenen Alan Genişliği - B

Tsunami yükünden etkilenen yapının toplam genişliğidir. Daha fazla bilgi için kullanıcı ASCE 7-16'nın 6. bölümüne ve Foster ve diğerleri 2017'ye yönlendirilir.

Tsunami Akış Yönü ile Saat Yönündeki Bina Açısı

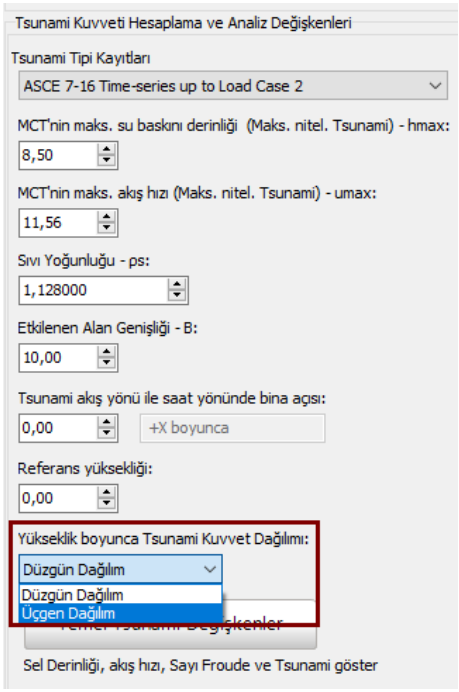
Bu değişken, Tsunami akışı ile global Seismostruct X Ekseni arasındaki saat yönündeki açıyı tanımlar. Sıfıra eşit bir açı, Tsunami akış yönünün global X Ekseni boyunca olduğunu gösterir.

Referans Yüksekliği

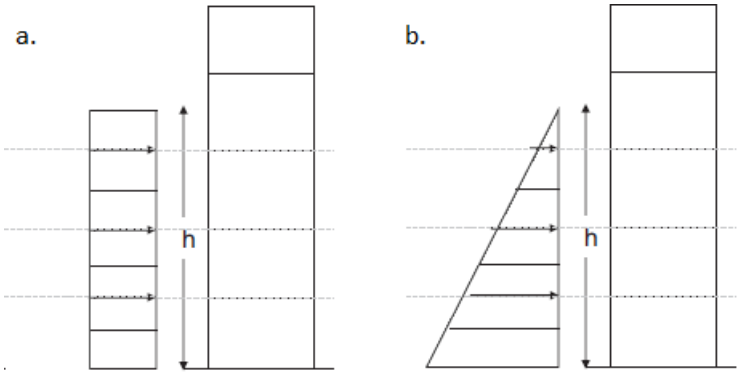
Binanın en alt noktası ile sıfır su baskını derinliği arasındaki yükseklik farkıdır. Sıfır değeri, sıfır taşkın derinliği noktasının binanın en alt düğümüyle çakıştığını gösterir. Negatif bir değer, tsunami sıfır su baskını derinliğinin binanın en düşük düğüm noktasından daha düşük olduğunu ve pozitif bir değer, binanın en düşük düğümünün sıfır tsunami taşkın derinliğinden daha düşük olduğunu gösterir.

Yükseklik boyunca Tsunami kuvveti Dağılımı

Bu seçenek, Toplam Tsunami Kuvvetinin yapı yüksekliği boyunca dağılımı için kullanılan modeli tanımlar. Düzgün dağılım, Tsunami yükünün Tsunamiden etkilenen her kat boyunca düzgün bir şekilde dağıldığını gösterirken, Üçgen dağılım, Petrone ve diğerleri [2017] tarafından yapılan çalışmada Şekil 9'da belirtilen dağılım modelini (B) takip eder.



Yükseklik boyunca Tsunami Kuvvet Dağılımı seçenekleri



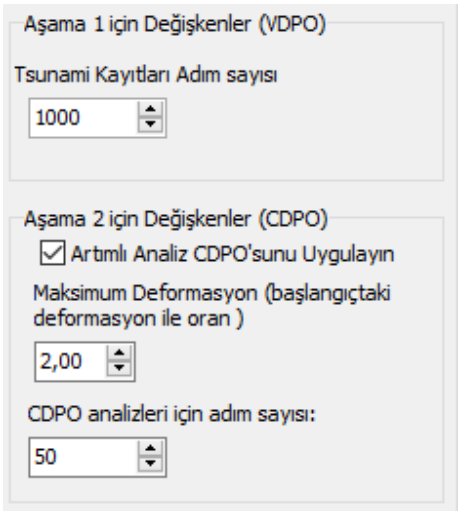
Binanın yüksekliği boyunca Toplam Tsunami Kuvveti dağılım modelleri: a. Düzgün Dağıtım ve b. Petrone ve diğerleri [2017]'den sonra üçgen dağılım

Aşama 1 için Değişkenler (VDPO)

VDPO analiz aşaması için tanımlanacak tek değişken, VDPO analizi için kullanılacak adım sayısıdır.

Aşama 2 için Değişkenler (CDPO)

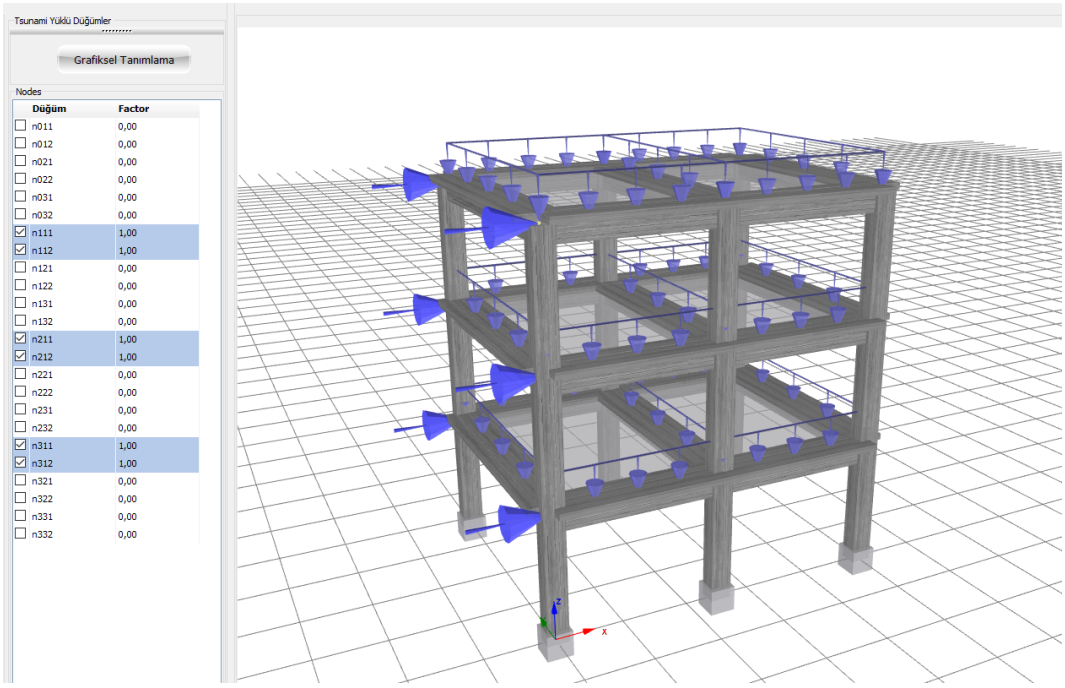
Aşama 2 (CDPO) için, kullanıcının CDPO analizinin yapılıp yapılmayacağını, CPDO analizi sırasında elde edilen maksimum deformasyon oranını (CDPO analizinin başlangıcında kontrol düğümünün deformasyonu ile oran) ve CDPO analizinin gerçekleştirileceği adım sayısını tanımlaması gerekir.



Tsunami Analizinin VDPO ve CDPO aşamaları için tanımlanacak değişkenler

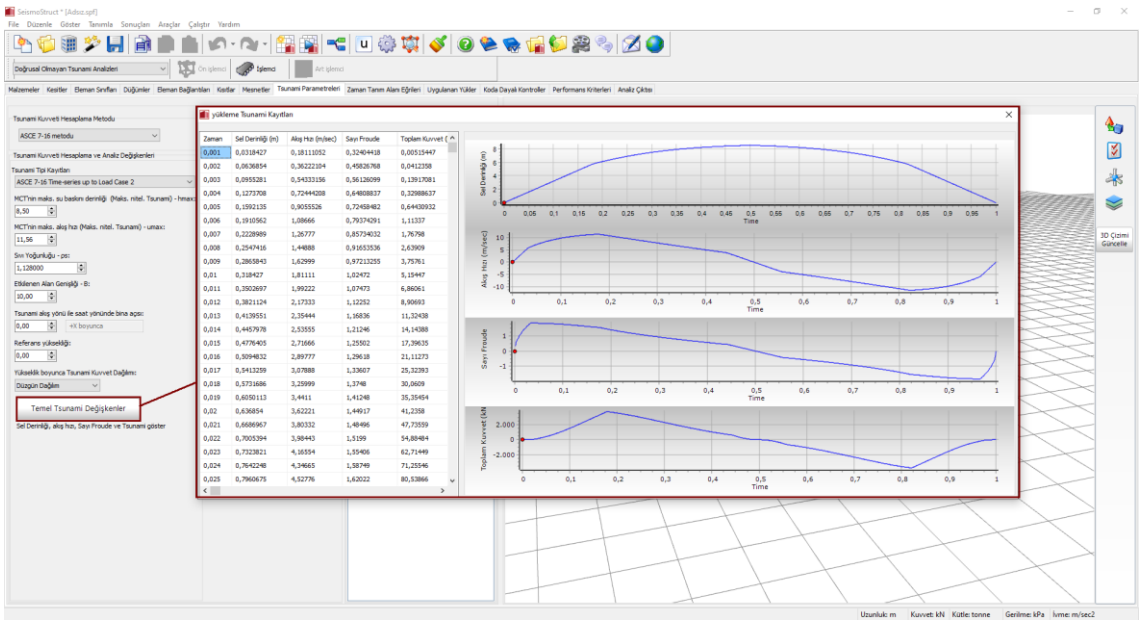
Tsunami Yüklü Düğümler

Binanın tüm düğümlerini içeren tabloda, kullanıcının Tsunami kuvveti tarafından hangi düğümlerin yüklendiğini tanımlaması gerekir. Aynı yüksekliğe sahip belirli bir düğüm grubuna dayandırılan Toplam Tsunami kuvvetinin bir kısmı daha sonra belirli bir gruba ait seçilen düğümlere dağıtılacaktır.



Tsunami Yüklü Düğümlerin Bulunduğu Tablo

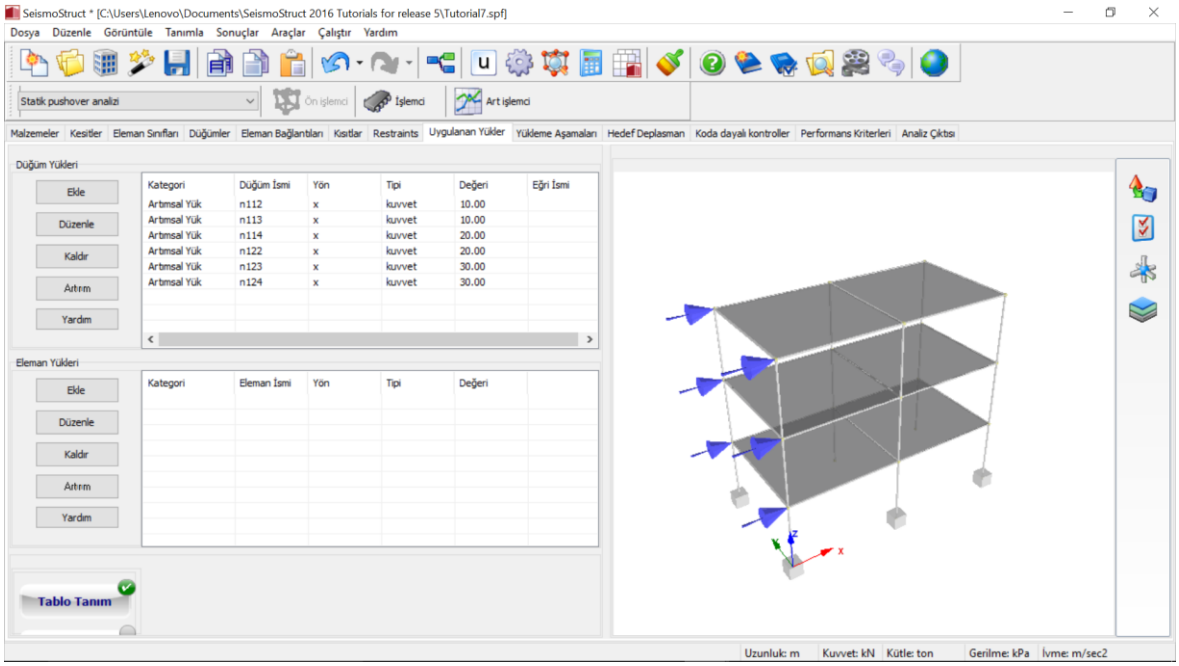
Tüm değişkenler tanımlandığında, kullanıcı “Tsunami Yükünü Hesapla” butonunu seçebilir ve taşkın derinliği/hızı ve Tsunami Toplam Kuvveti zaman serisi hesaplamasını yürütebilir ve Toplam Tsunami Kuvvetini Yüklü Düğümlere dağıtabilir. VDPO analiz aşaması için Tsunami Kuvveti zaman serisi, “Zaman tanım alanı eğrileri” sekmesinde tanıtılacaktır ve VDPO analiz aşaması için Statik Zaman tanım alanı düğüm yükleri, programın Uygulanan Yükler sekmesinde tanıtılacaktır. Son olarak “Temel Tsunami Parametreleri” butonunun seçilmesi, su baskını derinliği, akış hızı, Froude sayısı ve Toplam Tsunami Kuvveti dahil olmak üzere ana Tsunami Analizi parametrelerinin zaman geçmişlerini sunan bir pencere açacaktır.



Temel Tsunami Yükleme Zaman Serisi penceresi

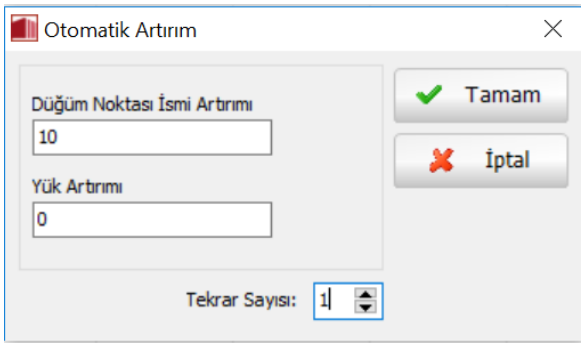
Düğüm Yükleri

Aşağıda açıklandığı üzere, SeismoStruct'ta *dört düğüm yükü kategorisi* vardır. Bunlar, yapılan analizin tipine göre ayrı veya karma olarak herhangi bir yapı modeline uygulanabilir. Ayrıca, belirtmekte fayda vardır ki, SeismoStruct'ta kullanılan "yük" terimi, yapıya uygulanan herhangi bir etki anlamına gelir ve kuvvetler, deplasmanlar ve/veya ivmelerden oluşur.



Uygulanan Yükler Modülü

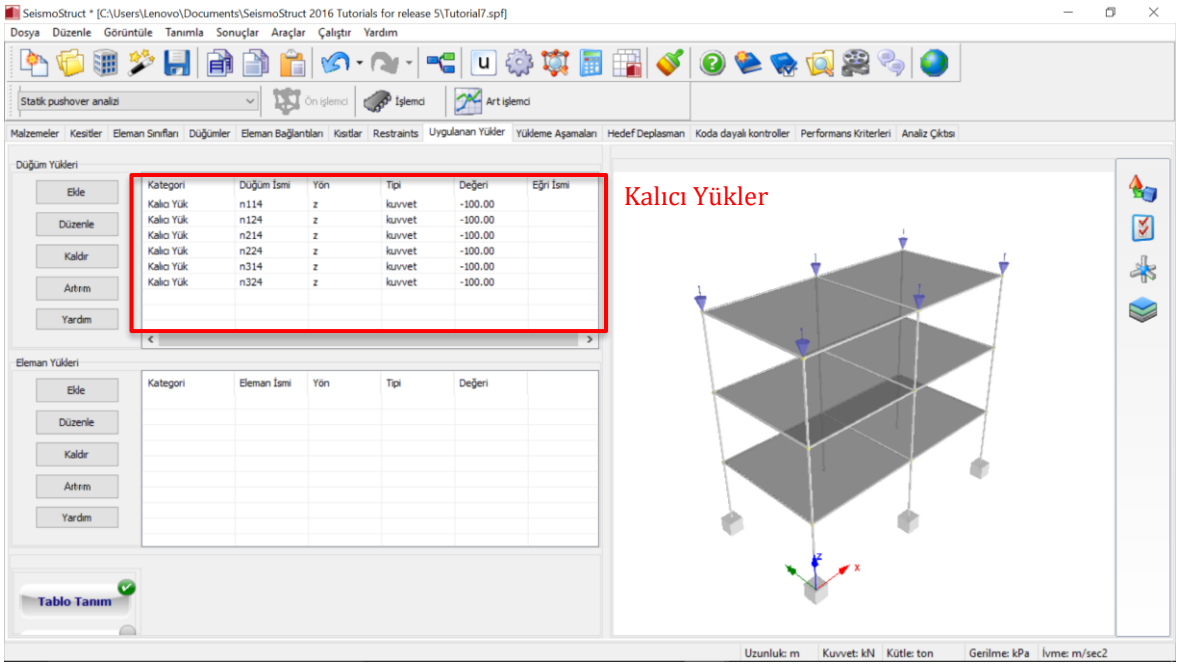
Diğer modüllerde olduğu gibi, kullanıcı yeni yükler ekleyebilir ve var olanları kaldırıp/düzenleyebilir. Bunlara ek olarak, yeni düğüm etkilerinin daha kolay oluşturulmasını sağlamak için yük *artırım* özelliği de mevcuttur. Düğümlerin otomatik olarak oluşturulması 'na oldukça benzer benzer yöntemle çalışır: kullanıcı düğüm noktası adını ve yük değer artırımını tanımlar ve bunlar daha sonra halihazırda öngörülen yüklerden seçilmiş bir kümenin "tekrar"ından otomatik olarak yeni düğüm etkileri oluşturmak için kullansıralır. Bu özellik, düğüm noktası adlarının nümerik (örn. 100) veya kelime+nümerik (örn. nod20) biçiminde olması gerekliliğini getirir.



Yük Artırımı

Kalıcı yükler (görsel çizimlerde koyu mavi oklar)

Bunlar yapıya kalıcı olarak uygulanan tüm yükleri kapsar. Düğümlere uygulanan öngörülen deplasmanlar (örn. temel oturması) veya kalıcı kuvvetler (ör. zati yük) olabilir.



Kalıcı Yüklere örnek

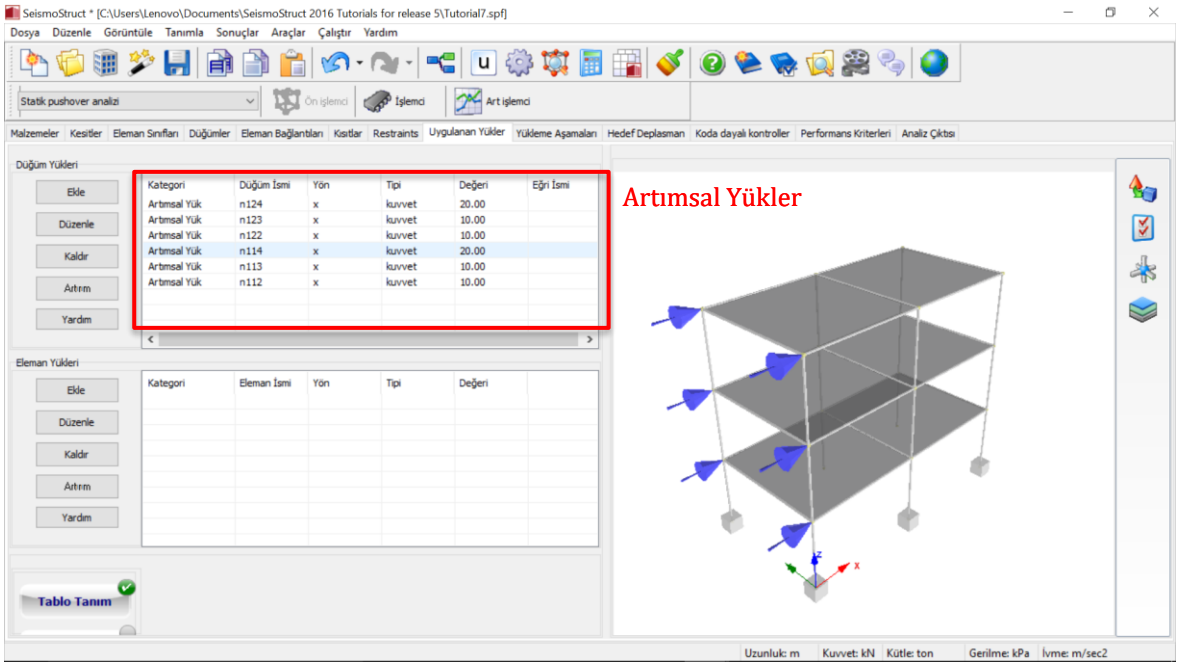
Bu kategori kalıcı olarak uygulanan tüm yükleri kapsar. Düğümlere uygulanan öngörülen deplasmanlar (ör: temel oturması) veya kalıcı kuvvetler (ör: zati yükler) olabilir. Analiz yapılırken, kalıcı yükler diğer yüklerden daha önce hesaba katılır.

NOT 1: Yerçekimi yükleri aşağı doğru uygulanır ve bu yüzden işaretleri negatiftir.

NOT 2: Proje Ayarları ->Yerçekimi&Kütle menüsünde yüklerin kütlelerden elde edilmesi seçeneklerinden (yalnızca yerçekimi veya kullanıcı-tanımlı katsayılarla birlikte diğer yönler) biri seçiliyse ve model içerisinde halihazırda (malzemeler, kesitler veya eleman sınıfları modülleri yoluyla) kütleler tanımlıysa, program otomatik olarak kalıcı yayılı yükleri uygular ve hesaplar (şu anki sürümde yayılı yüklerin eşdeğer düğüm noktası yük/momentlerine dönüştürüldüğü tekrar hatırlatılır).

Artımsal yükler (görsel çizimlerde açık mavi oklar)

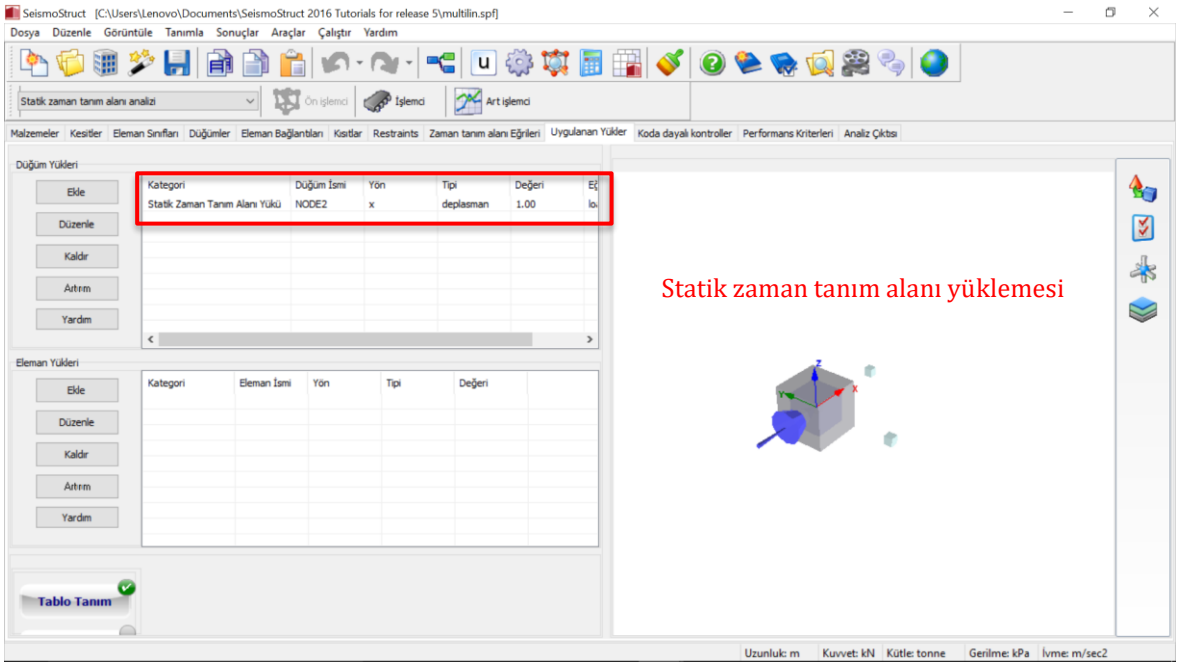
Bunlar artarak değişen statik-benzeri yükleri (kuvvet veya deplasman) temsil eder. Herhangi bir adımdaki yükün değeri, kullanıcı tarafından tanımlanmış nominal değer ile otomatik veya kullanıcı tarafından güncellenen o anki yük faktörünün çarpımı olarak hesaplanır. Artımsal yükler özellikle itme analizlerinde yapının yatay kapasitesini tahmin etmek için kullanılır. Her ne kadar adaptif itme analizi çerçevesinde deplasmanların kullanımı açıkça tavsiye edilen seçenek olsa da, hem adaptif, hem adaptif olmayan yük dağılımları kullanılabilir [örn. Antoniou ve Pinho, 2004b; Pietra et al., 2006; Pinho et al., 2007].



Artımsal Yüklere örnek

Statik zaman-tanım alanı yükleri (görsel çizimlerde açık mavi oklar)

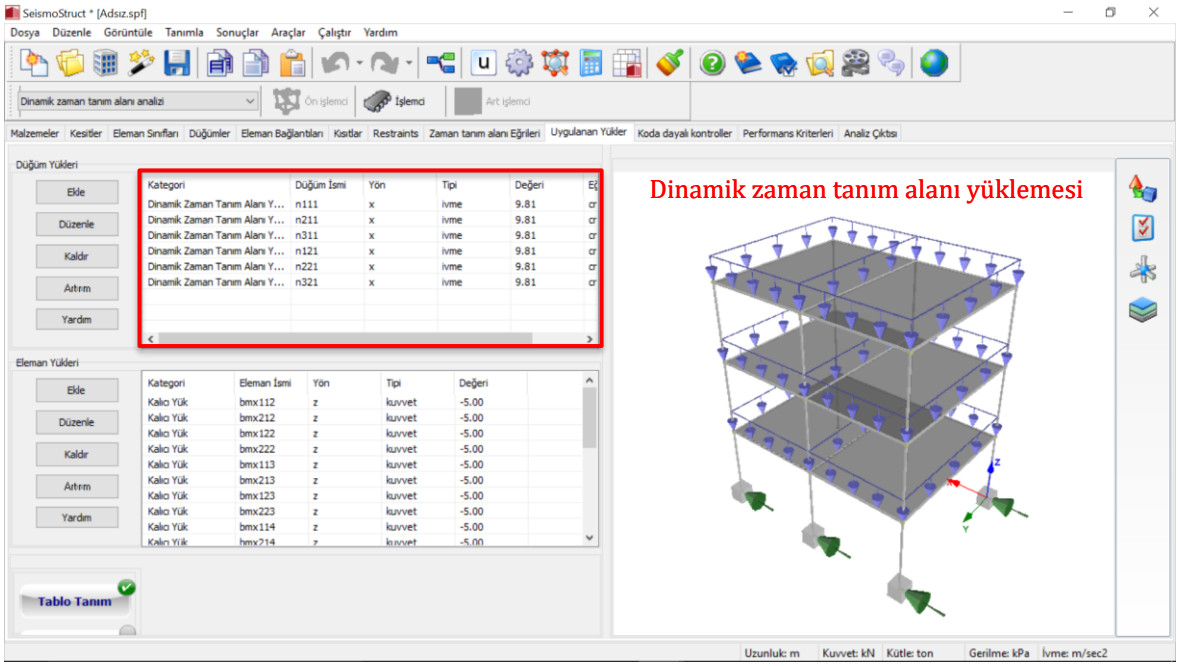
Bunlar, kullanıcı-tanımlı yükleme eğrilerine göre zaman-benzeri alanda değişen statik yüklerdir (kuvvetler ve/veya deplasmanlar). Herhangi bir zaman adımındaki bir yükün değeri, kullanıcı tarafından tanımlanmış nominal değer ile yükleme eğrisi tarafından karakterize edilen degişken yük faktörünün çarpımı olarak hesaplanır. Bu tip yükler, özellikle statik zaman tanım alanı analizinde ve yapıların çeşitli kuvvet ve deplasman dağılımları altında (örn. tekrarlı yükleme) neredeyse-statik testlerinin modellenmesinde yaygın olarak kullanılır.



Statik Zaman Tanım Alanı Yüklerine örnek

Dinamik zaman-tanım alanı yükleri (görsel çizimde yeşil oklar)

Bunlar gerçek zamanlı etki alanında bulunan çeşitli yük eğrilerine göre değişen dinamik yüklerdir (ivme veya kuvvetler). Yapıya uygulanan yükün değerini, herhangi bir zamanda yük eğrisinden (örn. ivme kaydı) elde edilen sabit nominal değer ve değişken yük faktörünün çarpımı verir.



Dinamik Zaman Tanım Alanı Yüklerine örnek

Bu yükler, depreme maruz kalmış bir yapının davranışını elde etmek için dinamik zaman tanım alanı analizinde veya yapının yatay kapasitesini hesaplamak için artımsal dinamik analizde kullanılabilir.

NOT 1: Birlikte hareket edecek şekilde kısıtlanmış (örn. rijit bağlantı veye benzeri) düğüm noktalarına deplasman yüklerinin uygulanması yakınsama problemlerine yol açabilir (çünkü uygulanan deplasmanlar mecburi kısıtlamalarla ters düşebilir).

NOT 2: Kuvvete dayalı çerçeve elemanlarının formulasyonu ile eleman üzerine etki eden yükleri açıkça modellemek ve böylelikle yayılı yüklerin elemanın uç noktalarında eşdeğer nokta kuvvet/momentlere dönüştürülme ihtiyacını (ve daha sonra doğru eleman hareket etkilerini yeniden elde etmek için uygulanan oldukça uzun gerilme iyileştirme'yi) ortadan kaldırmak mümkündür. Fakat, böyle bir özellik henüz SeismoStruct'ta yoktur.

NOT 3: Dolgu elemanların mukavemet ve rijitliği ilk yüklerin uygulanmasından sonra sunulur. Böylelikle, dolgu elemanlar düşey yükleri taşımaz (normal olarak, daha önce inşa edilmiş olan çerçevenin yükü taşımasınedeniyle). Eğer kullanıcı dolgu elemanlarının düşey yükleri taşımasını isterse, düşey yükleri ilk olmayan yükler olarak tanımlamalıdır.

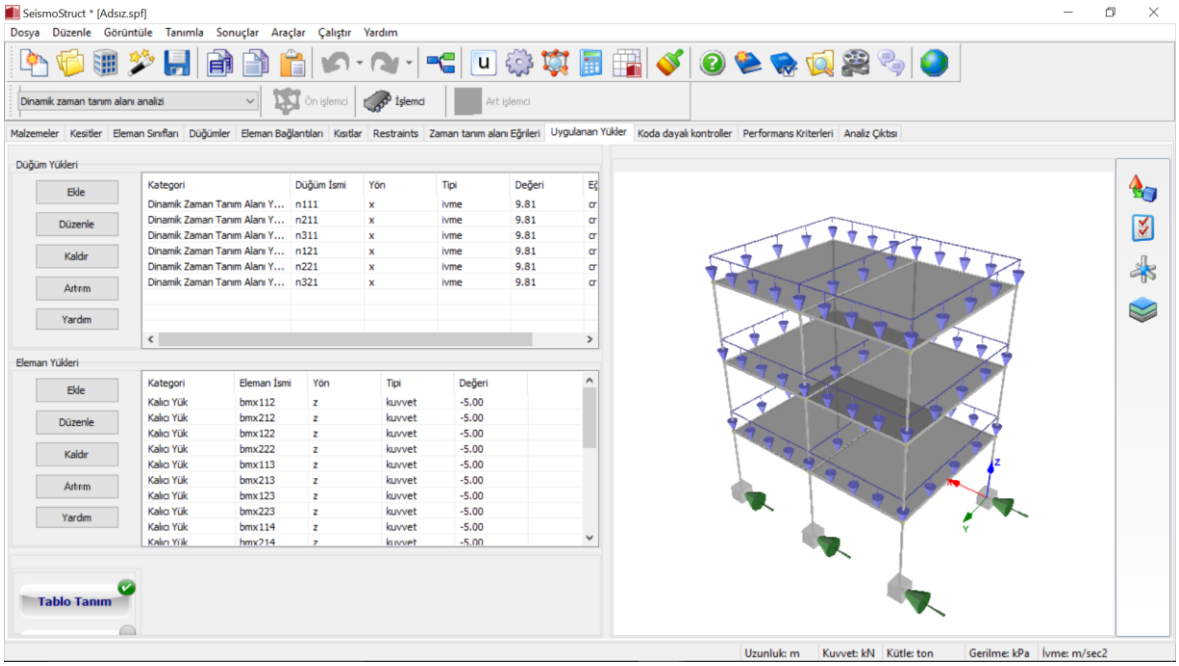
NOT 4: Kullanıcılar, simetrik olmayan yapıların yatay kapasiteleri değerlendirilirken; yapının kapasitesini hem "zayıf", hem "güçlü" yönlerde tanımlayabilmek için her iki yönde de artımsal yüklerin uygulanmasına dikkat etmelidirler (yani iki itme analizi çalıştırılmalıdır).

NOT 5: Kullanıcılar geliş açısı 90 dereceden farklı (örn.45°) yükler (ivme kayıtları da dahil) tanımlamak isterlerse, çok-yönlü bileşenli (x, y, z) yükler tanımlayabilirler.

NOT 6: Patlamalar üç farklı yükleme tipi üretebilir: (i) şok hava dalgası: ani vuruş yüklemesi, dinamik etki veya özelliklerine bağlı olarak neredeyse-statik dalga olarak düşünülebilir, (ii) dinamik basınç: gaz patlamaları sonucu yapıya uygulanan basınç ve (iii) zemin şok dalgası: farklı hız ve frekanslara sahip üç çeşit dalgadır; sıkışma, kesme ve yüzey dalgaları [Chege ve Matalanga, 2000]. Sonuç olarak, bu tür etkileri modellemek için Kalıcı, Statik zaman-tanım alanı > ve Dinamik zaman-tanım alanı yükleri kullanılmalıdır.

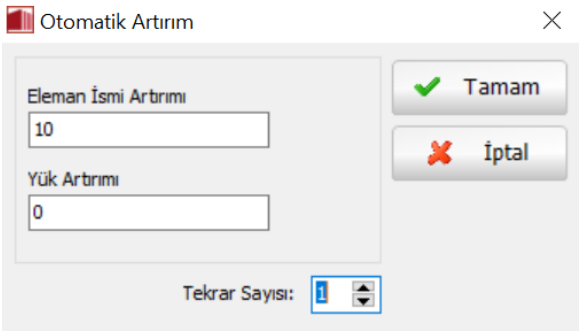
Eleman (Yayılı) Yükleri

Aşağıdaki şekilde gösterildiği üzere, kalıcı yayılı yükleri eleman uzunluğu boyunca tanımlanır. Düğüm Noktası Yükleri kısmında belirtildiği üzere, kalıcı yükler tüm analiz tiplerinde diğer yüklerden önce etkitilir.

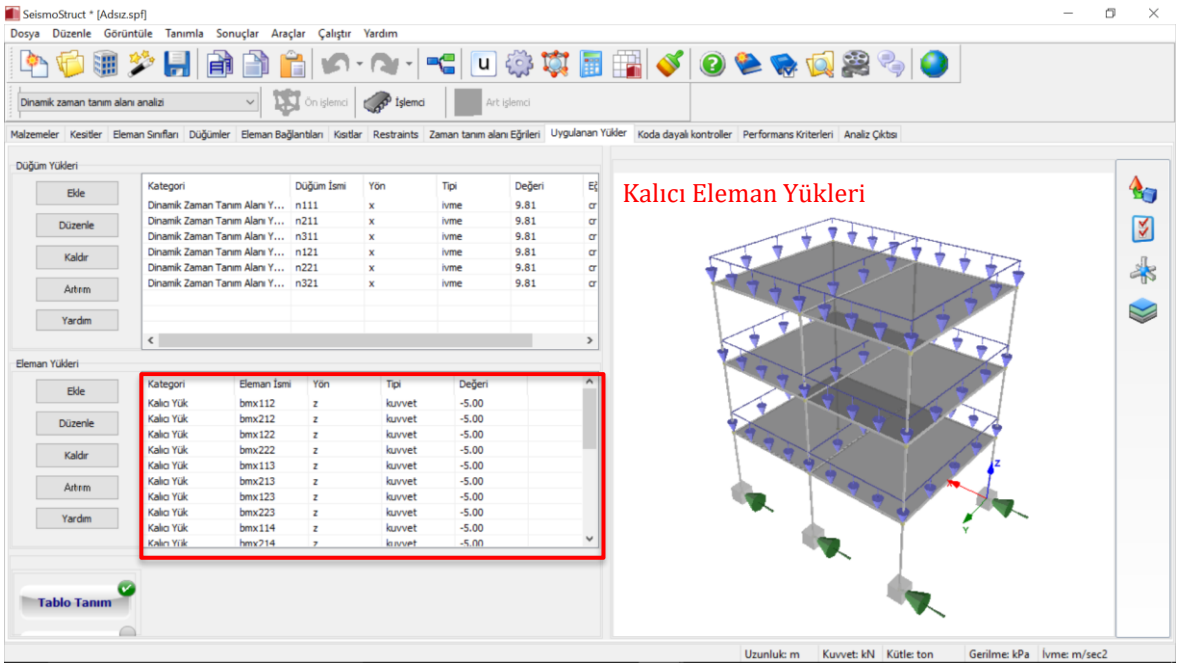


Uygulanan Yükler modülü

Kullanıcılar, diğer modüllerde de geçerli olduğu gibi, yeni yükler ekleyebilir, mevcut olanları kaldırabilir ya da değiştirebilir. Ek olarak, yeni eleman etkilerinin kolaylıkla tanımlanabilmesi için yük artırım servisi de mevcuttur. Kullanıcının eleman adı ve yük değeri artırımlarını tanımlamasının ardından seçili halihazırda tanımlı olan yükler "tekrarlanma" yoluyla istenen yeni eleman yükleri oluşturulur. Bu servis, eleman adlarının nümerik (ör: 100) veya alfa-nümerik (kelime+sayı, ör: B20) formatlarının birinde olmasını gerektirir.



Yük artırımı



Kalıcı yüklere örnek

NOT : Yerçekimi yükleri aşağı yönde etkitilmelidir. Bu nedenle her zaman negatif değere sahiptirler.

Yükleme Aşamaları

İtme analizinde, uygulanan yükleme genellikle düşey (z) yönde kalıcı yer çekimi yüklerinden ve bir ya da iki yatay yönde (x & y) artımsal yüklerden oluşur. *Ek B > Statik itme analizi*'nde de belirtildiği gibi, verilen herhangi bir analiz adımdaki (i) artımsal yüklerin değeri P_i; kullanıcı tarafından **Uygulanan Yükler** modülünde tanımlanan nominal değeri P_0 ile o adımdaki yük faktörünün çarpımıdır:

$$P_i = \lambda_i P_0$$

Yük faktörününλ analiz boyunca artırılması ya da diğer bir deyişle itme analizinde kabul edilen yükleme methodu **Yükleme Aşamaları** modülünde tam olarak tanımlanmıştır. Aşağıda belirtildiği gibi, sınırsız sayıda yükleme/çözüm aşaması, SeismoStruct'a varolan üç farklı itme kontrol tipinin değişik kombinasyonlarının uygulanmasıyla tanımlanabilir.

Belirtmekte fayda vardır ki, artımsal yükleme *P* kuvvet veya deplasmanlardan oluşabilir, böylelikle hem kuvvete-dayalı hem de yer değiştirmeye-dayalı itme analizi çalıştırılabilir. Açıkçası, bir çok durum için, kuvvetlerin uygulanması yer değiştirme (deplasman) artımsal yüklerinin kullanımına tercih edilir.

Çünkü, daha gelişmiş bir analiz tipi olan adaptif itme analizi uygulanmamış olduğu durumlarda, bir yapının deformasyonunu önceden tanımlı bir şekille sınırlamak gerçek davranış özelliklerini gizleyebilir (örn. yumuşak-kat). Bu sebeple, aşağıda açıklandığı üzere, adaptif olmayan itme analizindeki en yaygın yükleme stratejisi davranış kontrollü kuvvete-dayalı itmedir:

- Yük kontrol aşaması
- Davranış kontrol aşaması
- Otomatik davranış kontrol aşaması

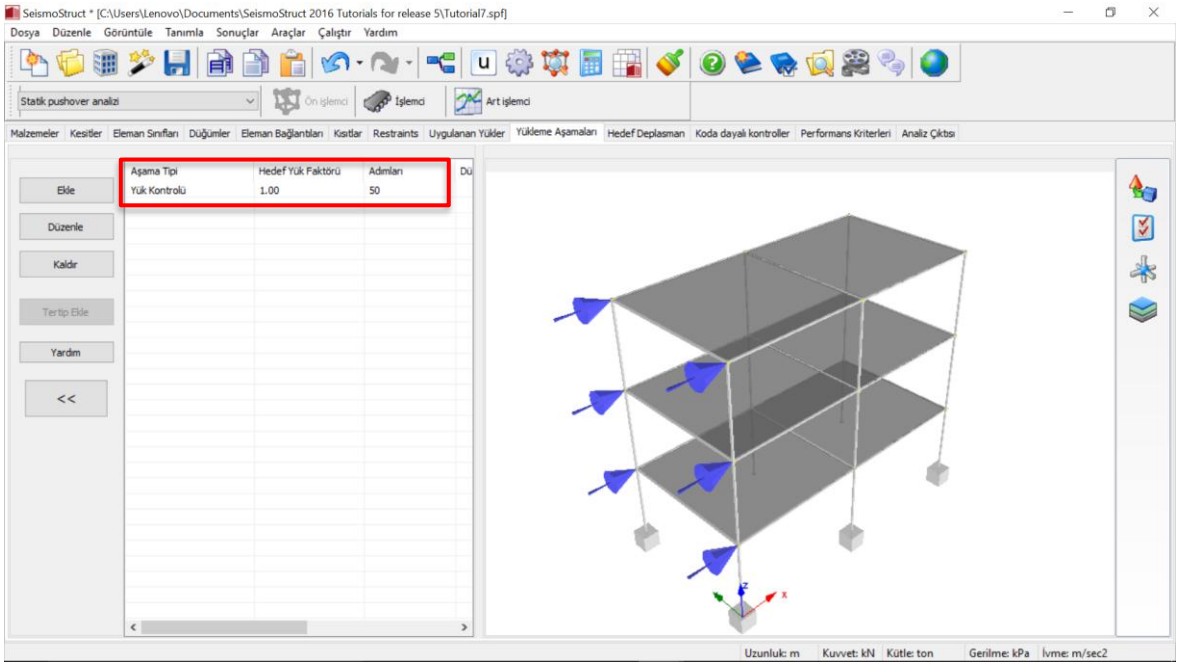
NOT 1: Kullanıcılar, *Tertip Ekle* düğmesini kullanarak bir çok durum için geçerli olabilecek tipik yükleme aşaması tertipleri ekleyebilirler. Fakat, bu özelliğin kullanılabilmesi için her hangi bir yükleme aşamasının hali hazırda tanımlanmamış olması gerekmektedir.

NOT 2: Var olan üç farklı kontrol aşama tipinin değişik kombinasyonlarının uygulanmasıylasınırsız sayıda yükleme/çözüm aşamasının tanımlanabildiği tekrar belirtilmelidir. Örneğin, kullanıcı istediği takdirde: (a) itme yüklerini her biri için farklı artımsal adımlar kullanarak iki ya da daha fazla yük kontrol aşamasında uygulayabilir (örn. akma-öncesi evrede daha büyük adım, inelastik evrede daha küçük adım), (b) 3D bir modeli itmede bir çok aşama kullanabilir; ilk olarak bir yönde, sonra başka bir yönde, sonra tekrar ilk yönde vs., (c) yapıyı art arda döngülerle itip çekerek tekrarlı itme analizi uygulayabilir (fakat Statik zaman-tanım alanı analizi yöntemi bu tür durumlar için daha iyi uyarlanmıştır).

NOT 3: Hiçbir kalıcı yükün olmadığı durumlarda bile, yapıda her hangi bir yere sıfır yük vektörü uygulamak faydalı olabilir. Böylelikle, başlangıçtaki kalıcı yük adımı uygulanabilir ve sonuç olarak itme eğrisi orijinden başlamaya "zorlanarak" biraz "daha zarif" bir eğri oluşur.

Yük kontrol aşaması

Bu tip yükleme/çözüm aşamasında, kullanıcı hedef yük çarpanını (**Uygulanan Yükler** modülünde tanımlanan tüm nominal yüklerin çarpılarak hedef yüklerin elde edildiği faktör) ve artımsal uygulama için hedef yük vektörünün bölüneceği artırım sayısını belirler.



Yükleme Aşamasına Örnek - Yük Kontrolü

Yük faktörü λ, 0 ile hedef yük çarpanının değeri arasında değişir. İlk adım artırımı $\Delta\lambda_0$ hedef yük çarpanının artırım sayısına oranıdır. $\Delta\lambda_0$'nın değeri sadece belirli bir adımda çözüm yakınsanamadığında değişir; bu durumda yük faktörünün artırımı yakınsamaya ulaşılıncaya kadar azalır ve daha sonra tekrar başlangıçtaki değerine dönmeye çalışır (detaylı bilgi için otomatik adım ayarlamaya bakınız). Aşama, hedef yüklemeye ulaşıldığında veya yapısal ya da nümerik göçme oluştuğunda sonlanır.

Eğer kullanıcı artımsal yükleri kuvvet olarak tanımladıysa, kuvvete-dayalı itme uygulanır. Yük faktörü, doğrudan uygulanan kuvvet vektörüne uygulanır veonu en üst kapasite noktasına kadar ölçeklendirmede kullanılır. Ayrıca, kullanıcı pik-sonrası (post-peak) yumuşama davranışını yakalamak isterse, o zaman davranış veya otomatik davranış aşamasının yük kontrollerine eklenmesi gerekir (program otomatik olarak bir aşamadan diğerine geçiş yapacaktır). Bu tip bir yükleme/çözüm stratejisi, kullanıcının yük vektörünün artırımını ve yapıya uygulanma şeklini doğrudan kontrol etmesi gerektiği durumlarda uygulanır.

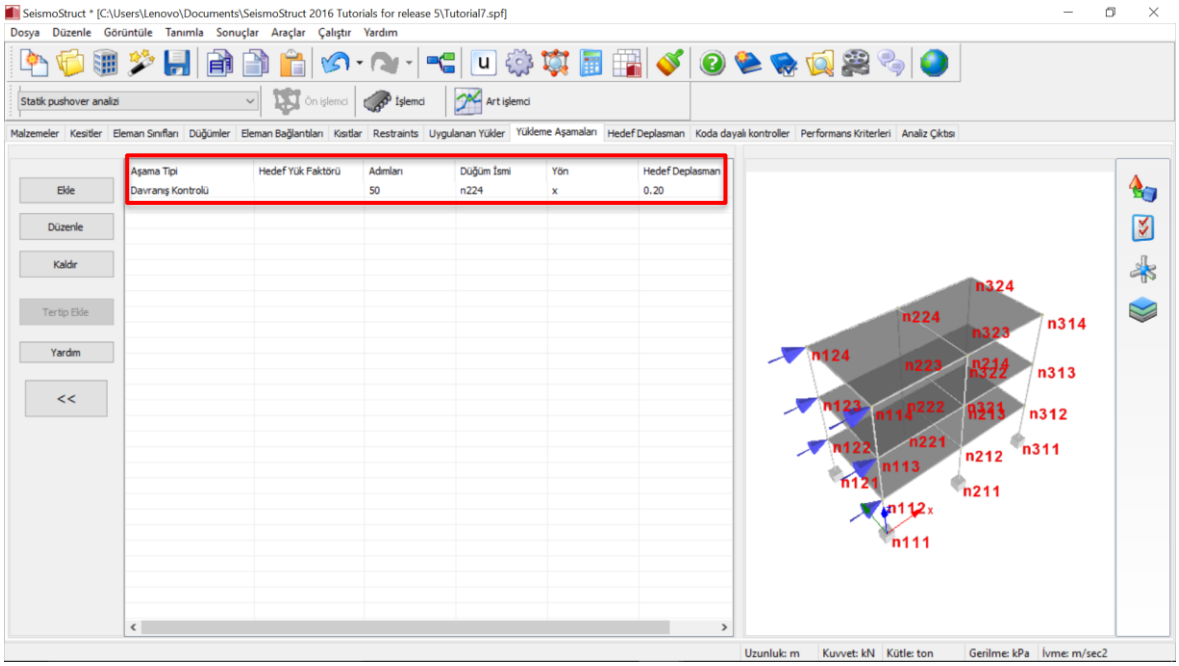
Diğer taraftan, eğer kullanıcı yükleri deplasman olarak tanımladıysa, yer değiştirmeye-dayalı itme kullanılıp, deplasman yük vektörü artımsal olarak yapıya uygulanır. Bu tip bir yükleme/davranış stratejisi, kullanıcının analizin her aşamasında yapının deforme olmuş şeklini doğrudan kontrol etmek istediği durumlarda uygulanır. Fakat, bu stratejinin uygulanması genellikle tercih edilmez. Bunun nedeni, daha gelişmiş bir analiz tipi olan adaptif itme analizinin uygulanmadığı durumlarda, bir yapının deformasyonunu önceden tanımlı bir şekille sınırlamanın gerçek davranış özelliklerini gizleyebilmesidir (örn. yumuşak-kat).

NOT 1: Bir kuvvete-dayalı yük kontrol aşaması (+ bir davranış kontrol aşaması) uygulandığında, kuvvet-yer değiştirme (deplasman) eğrisi noktaları genellikle düzensiz olarak sonuçlanır. Büyük kuvvet artırımlarının küçük deplasman adımlarına denk geldiği pik öncesi kısmın nokta yoğunluğu daha fazla olurken, göreceli olarak küçük kuvvet artırımlarının büyük deplasman adımlarına denk geldiği pik sonrası kısmın nokta yoğunluğu daha seyrek olur. Böyle bir sorunu çözmek veya etkisini azaltmak için davranış kontrol aşaması kullanılmalıdır.

NOT 2: Uygulanan yüklerin deplasman olduğu durumlarda, program otomatik olarak ilk artırımın değerini ayarlar; yapılan ayarlama sonunda yer çekimi kaynaklı deplasmanlara eklenen bu değer ilk artırım sonunda başlangıçta öngörülen hedef deplasmanına eşit olur. Diğer bir deyişle, örneğin kullanıcı 100 artırımda uygulanacak 200 mm'lik bir kat yer değiştirmesi uygulamak isterse ve eğer yer çekimi kaynaklı yükler yatayda 0.04 mm'lik bir deplasmana neden oluyorsa, o zaman deplasman yük artırımları 1.96, 2.0, 2.0, ..., 2.0 olacaktır. Fakat, bu ayarlama sadece yer çekimi kaynaklı deplasmanların öngörülen ilk yatay yük artırımından düşük olduğu durumlar için geçerlidir. Eğer bu durum sağlanmıyorsa (ör: disp_gravt=2.07), o zaman deplasman artırımlarının hepsi aynı ve (200-2.07)/100=1.9793'e (açıkça daha az 'zarif' bir değer) eşit olacaktır.

Tepki kontrol aşaması

Bu tür yükleme/çözüm şemasında, yük kontrol durumunda olduğu gibi yük vektörü kontrol edilmez; fakat onun yerine yapıdaki belirli bir düğüm noktasının davranışı kontrol edilir. Nitekim, davranış kontrol aşaması kurulurken, kullanıcıdan düğüm noktasını ve buna karşılık gelen(algoritma tarafından kontrol edilecek) serbestlik derecesi ile analizin sonlanacağı hedef deplasmanının tanımlanması istenir. Ayrıca, hedef deplasmanın artımsal uygulama için bölüneceği artırım sayısı da belirlenmelidir.



Yükleme Aşamasına Örnek – Davranış Kontrolü

Sonuç olarak, yük faktörüλ kullanıcı tarafından doğrudan kontrol edilmez. Bunun yerine program tarafından otomatik olarak hesaplanır; belirli bir "i" artırımında uygulanan $P_i = \lambda_i P_0$, kontrol altındaki düğüm noktasının o artırımda hedef deplasmana ulaşmasına karşılık gelen yük vektörüdür. Belirli bir adımda çözüm yakınsanamadığında, başlangıçtaki deplasman artırımı yakınsamaya ulaşılıncaya kadar azaltılır, sonra tekrar başlangıç değerine dönmeye çalışır (daha fazla detay için otomatik adım ayarlamaya bakınız). Aşama, hedef deplasmana ulaşıldığında veya yapısal/nümerik göçme oluştuğunda sonlanır.

Bu yükleme stratejisi ile, (i) düzensiz davranış özelliklerini yakalamak (örn. yumuşak kat) (ii) davranışın pik sonrası yumuşamasını yakalamak (iii) kuvvet-yer değiştirme eğrisindeki noktalardan düzenli bir dağılım elde etmek mümkündür. Bu sebeplerle, bu yükleme/çözüm tertibi genellikle adaptif olmayan itme analizleri için en iyi seçeneği teşkil eder.

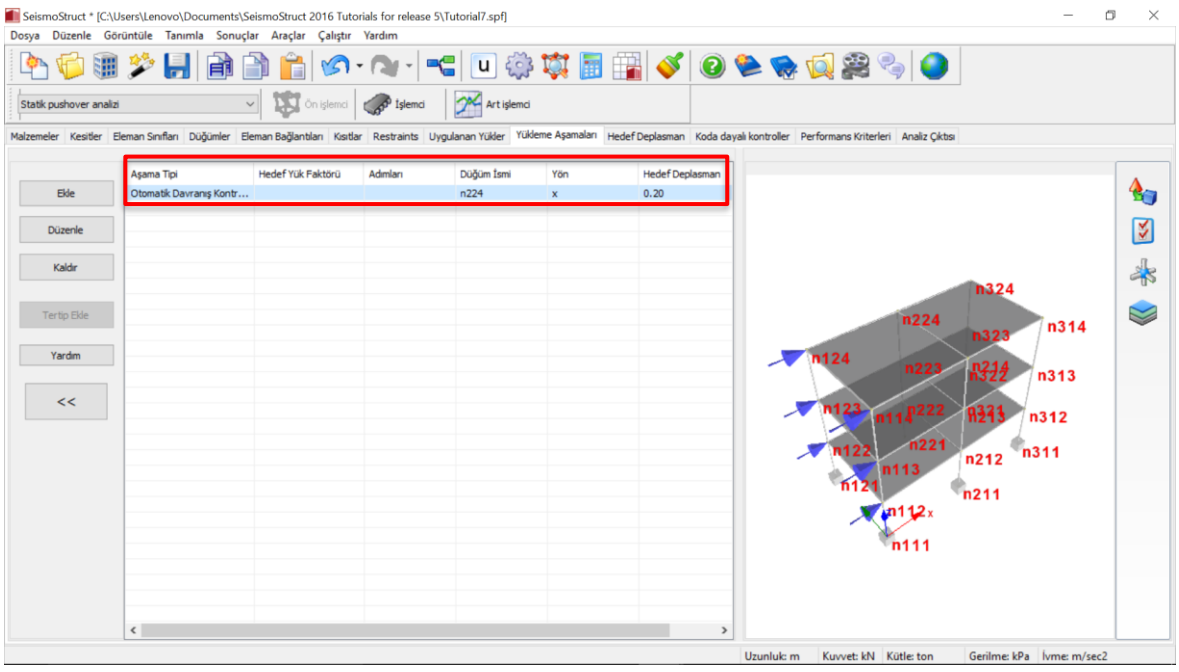
NOT 1: Davranış kontrolü, deplasmanartımsal yükleri ile birlikte uygulanabilir.

NOT 2: Davranış kontrolü, yerdeğiştirme ve davranış mekanizmalarında bir kaymaya neden olacak büyüklükte yüksek deformasyonlara maruz kalan yapılarda gözlenen 'snap-back' ve 'snap-through' davranış tiplerinin [Crisfield, 1991] modellenmesine izin vermez. Bu tip uç durumlarda, Otomatik Davranış Kontrol'nün uygulanması gerekir.

NOT 3: Uygulanan yüklerin deplasman olduğu durumlarda, program otomatik olarak ilk artırımın değerini ayarlar; yapılan ayarlama sonunda yer çekimi kaynaklı deplasmanlara eklenen bu değer ilk artırım sonunda başlangıçta öngörülen hedef deplasmanına eşit olur. Diğer bir deyişle, örneğin kullanıcı 100 artırımda uygulanacak 200 mm'lik bir kat yer değiştirmesi uygulamak isterse ve eğer yer çekimi kaynaklı yükler yatayda 0.04 mm'lik bir deplasmana neden oluyorsa, o zaman deplasman yük artırımları 1.96, 2.0, 2.0, ..., 2.0 olacaktır. Fakat, bu ayarlama sadece yer çekimi kaynaklı deplasmanların öngörülen ilk yatay yük artırımından düşük olduğu durumlar için geçerlidir. Eğer bu durum sağlanmıyorsa (ör: disp_gravt=2.07), o zaman deplasman artırımlarının hepsi aynı ve (200-2.07)/100=1.9793'e (açıkça daha az 'zarif' bir değer) eşit olacaktır.

Otomatik Tepki Kontrol Aşaması

Bu yükleme/çözüm şematipi, Trueb [1983] ve Izzuddin [1991] çalışmalarından uyarlanmış olup, davranış kontrolü türünden sadece bir noktada ayrılmaktadır: Program analizi kontrol edecek olan düğüm noktası serbestlik derecesini ve her bir analiz adımında yakınsama özelliklerine dayanarak uygulanacak deplasman artırımını otomatik olarak seçer. Diğer taraftan, kullanıcıdan düğüm noktası, serbestlik derecesi ve analizin tamamlanacağı ilgili hedef deplasmanın tanımlanması istenir.



Yükleme Aşamasına Örnek – Otomatik Davranış Kontrolü

Program, "hedef serbestlik derecesi"ni ilk kontrol kıstası olarak kullanır ve daha yüksek oranda nominal teğet öteleme davranış hızına (diğer bir deyişle, iki ardışık adım arasındaki daha büyük deplasman değişimi) sahip başka bir düğüm noktası serbestlik derecesi bulunduğunda bu düğüm noktasıyla

değiştirir. Bu sayede, sadece, son derece geometrik olarak nonlineer 'snap-back' and 'snap-through' davranışlar [bkz. Crisfield, 1991] doğru bir şekilde tahmin edilmekle kalmaz, ayrıca analizlerin çözümü de en kısa zamanda elde edilir; bu tür yükleme/çözüm aşaması oluşturma, yapıların kuvvet ve deplasman kapasitelerinin hızlı ve doğru tahminlerini elde etmek için tercih edilen seçenektir.

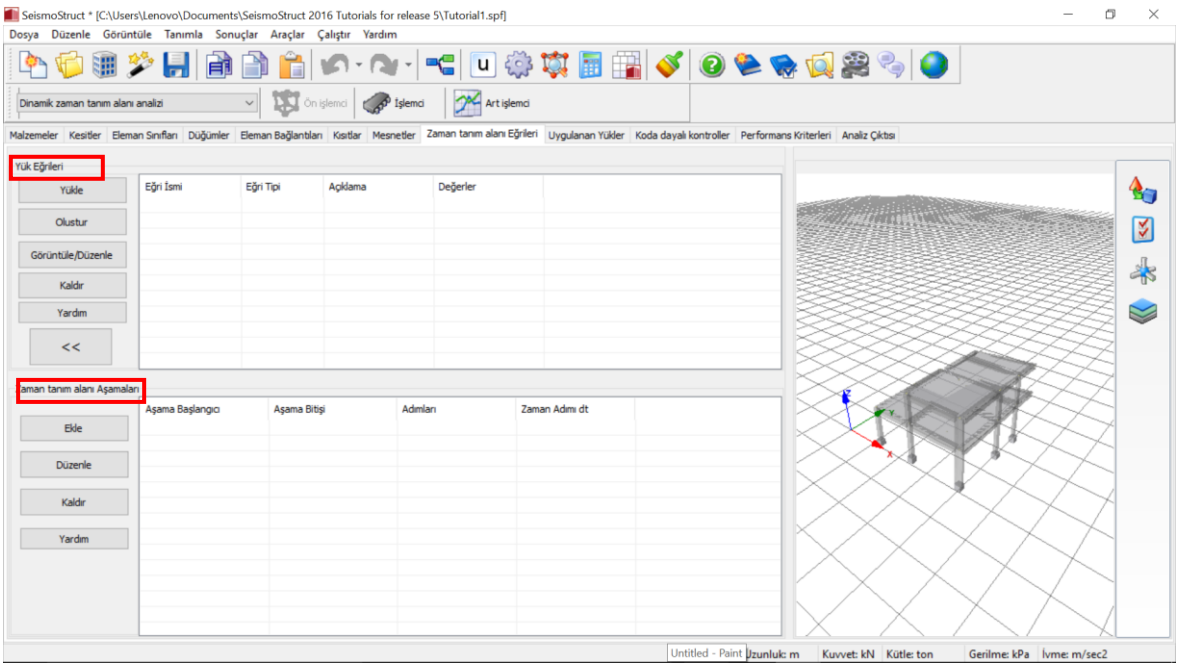
NOT 1: Simetrik olmayan modellerd eotomatik davranış kontrollü itme analizi yapıldığında, program yükü 'negatif' yönde uygulamaya başlayarak ve yapıyı ileri doğru itmek yerine, etkin bir biçimde geriye doğru da çekebilir. Bu, analiz edilen simetrik olmayan yapının 'itilmek' yerine 'çekilmeye' karşı daha esnek/şekil değiştirebilen olduğunu gösterir ve otomatik davranış algoritmasının gözden kaçırdığı bir durumdur. Eğer, kullanıcılar yapının başka bir yönde şekil değiştirmesini isterlerse, istenilen yönde deformasyonu başlatmak için yük veya davranış kontrollü safhalarda itme analizlerini başlatıp, daha sonra otomatik davranış kontrollü aşamaya geçebilirler. Zira hali hazırda yer değiştirmiş olan serbestlik dereceleri kaçınılmaz bir şekilde kontrollü olanlar olacaktır.

NOT 2: Bazı durumlarda, yüklemeadımlarının otomatik artırımı ve azaltılması kuvvet-yer değiştirme eğrisindeki noktaların düzensiz olmasına neden olabilir, bu nedenle itme tepki eğrisi her zaman görsel olarak 'yeterli' olmayabilir.

Zaman Tanım Alanı Eğrileri

Yapılar statik ve dinamik analizlerde, kalıcı yüklere ek olarak benzer-zamanlı alanda (statik zaman-tanım alanı yükleri) değişen kuvvetler/yer değiştirmelerden veya gerçek-zamanlı alanda (dinamik zaman-tanım alanı yükleri) değişen ivme/kuvvetlerden oluşan geçici yüklere maruz kalırlar. Bu yüklerin tip, yön, değer ve uygulama düğüm noktaları **Uygulanan Yükler** modülünde tanımlanırken, yükleme modeli, yüklerin zamanda (ya da benzer-zamanda) değişme biçimi, zaman-tanım alanı eğrileri ile verilir ve **Zaman Tanım Alanı Eğrileri** modülünde tanımlanır. Bu modül, birbiriyle ilişkili iki kısımdan oluşmaktadır:

- Yük eğrileri
- Zaman tanım alanı aşamaları



Zaman Tanım Alanı Eğrileri Modülü

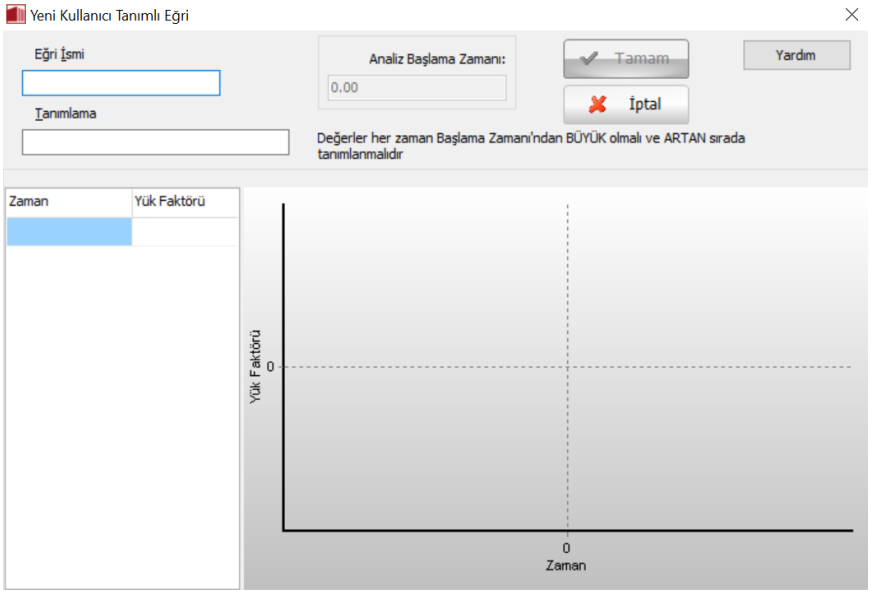
NOT: Zaman-tanım alanı eğrileri sadece geçici yüklerin zaman şablonunu sağlar. Tam mutlak değerleri; zaman-tanım alanı ordinatlarının, Uygulanan Yükler modülünde tanımlanan Eğri Çarpanı ile çarpılması ile elde edilir. Bu da demektir ki, tutarlı bir eğri çarpanı kullanıldığı sürece zaman-tanım alanı eğrileri herhangi bir birim sisteminde tanmlanabilir (örn. eğer ivme kaydı [g] olarak tanımlanmışsa ve kullanıcı tarafından kabul edilen birim sistemi ivme değerlerinin mm/s2 olarak tanımlanmasını gerektiriyorsa, o zaman ilgili çarpan 9810 olmalıdır).

Yük Eğrileri

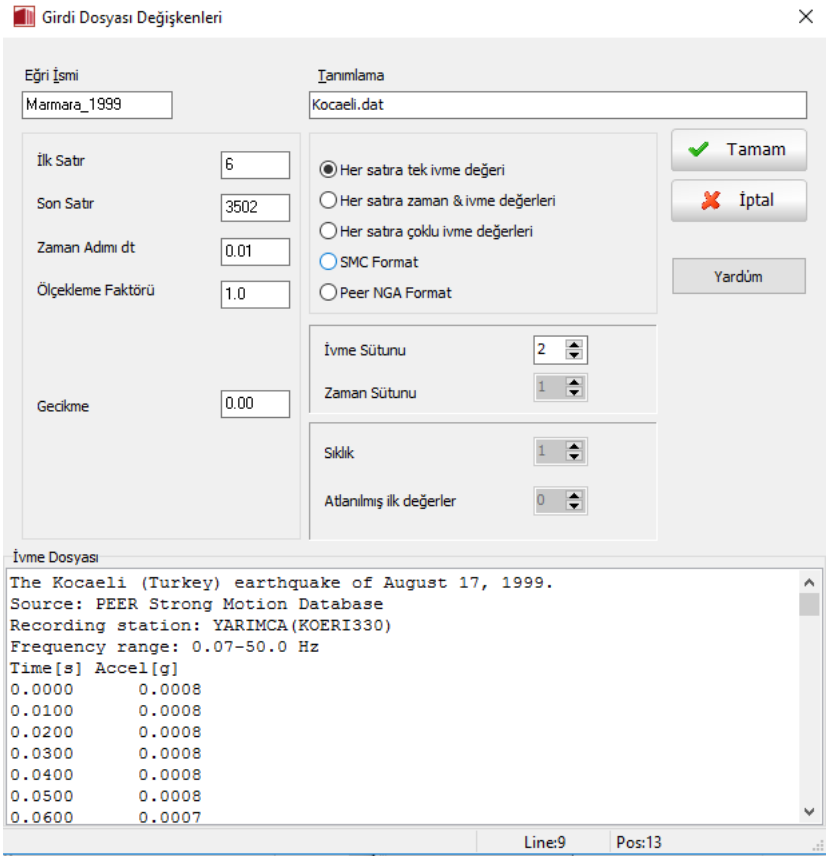
Yük Eğrileri bölümünde, zaman-tanım alanı eğrisi, zaman ve yük çiftlerinin doğrudan girilmesi (Fonksiyon *oluştur*) veya yük eğrisinin tanımlandığı bir metin dosyasının okunması (Fonksiyon *yükle*) yoluyla tanımlanabilir.

ÖNEMLİ: Yük eğrisinin metin dosyası MS-DOS Windows biçiminde olmalıdır (yani, dosyaları Notepad kullanarak ANSI (kodlama) olarak kaydediniz).

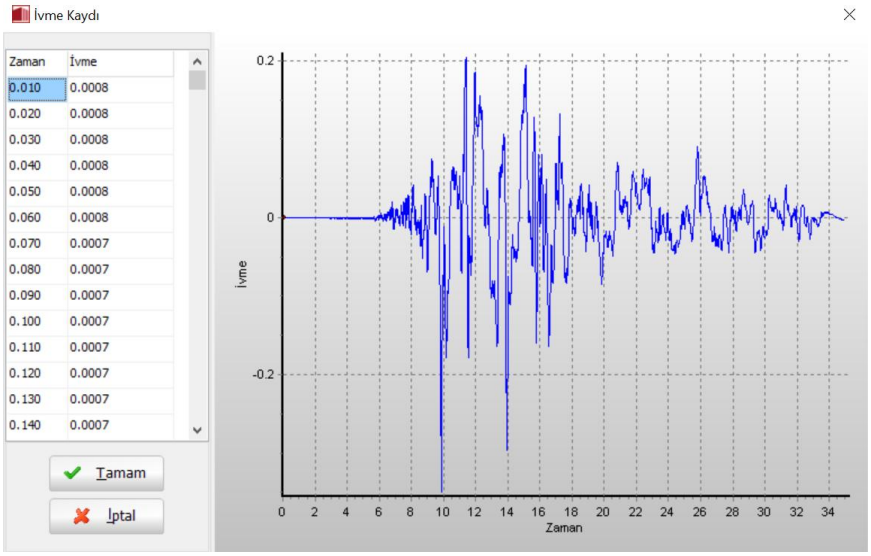
Genellikle, statik zaman-tanım alanı analizi, yükleme eğrisinin oldukça yalın olduğu numuneler üzerindeki basit tekrarlı testleri modellemekte kullanılır ve bunu kullanıcılar Oluştur seçeneğiyle doğrudan SeismoStruct içinde tanımlayabilir. Diğer taraftan, her koşulda olmamakla birlikte (örn. darbe/patlama analizi), dinamik analiz durumunda uygulanan eğri, genellikle, veri değerleri bir metin dosyasında bulunan ve *Yükle* seçeneği ile programa yüklenen bir ivme kaydından oluşur. Bununla birlikte, zaman-tanım alanını tanımlama seçeneklerinin ikisinden biri (*Oluştur* ve *Yükle*) her iki analiz tipinde de kullanılabilir.



Yük Eğrileri – Oluştur fonksiyonu



Yük Eğrileri- Girdi Dosyası Parametreleri



Yük Eğrileri – Yükle fonksiyonu

Analiz Başlangıç Zamanı analizin başladığı zamandır ve daima sıfıra eşit olduğu kabul edilir. Bu sebeple, tüm zaman-tanım alanı eğrileri 0.0'dan daha büyük zaman girdilerine sahip olmalıdır. Ayrıca, zaman-tanım alanı eğrileri yapıya farklı zamanlarda uygulanacaksa (örn. eş zamanlı olmayan sismik girdi, aynı yapıya peşpeşe etkiyen iki deprem, vb), metin dosyasından yüklenen belirli bir zaman-tanım alanının yapıya uygulanmaya başlayacağı zamanı tanımlamak için *Gecikme* parametresi kullanılmalıdır. Diğer bir

deyişle, kullanıcının bir zaman gecikmesi tanıtmak için zaman-tanım alanı veri noktalarını el ile değiştirmesine gerek yoktur, çünkü program bunu otomatik olarak yapar.

Belirlenecek dosya yükleme parametrelerine (zaman sütunu, ivme sütunu, ilk satır, son satır) ilişkin belirsizlik olduğunda, kullanıcı dosyayı incelemeye izin veren *Metin Dosyasını Görüntüle* özelliğini kullanabilir. Zaman-tanım alanı yüklendikten sonra, daha önce bahsedilen girdi parametreleri hala değiştirilebilir (örn. eğer 5000 satırlı bir ivme kaydı yüklendikten sonra, sadece ilk 1000 verinin önemli olduğu anlaşılması).

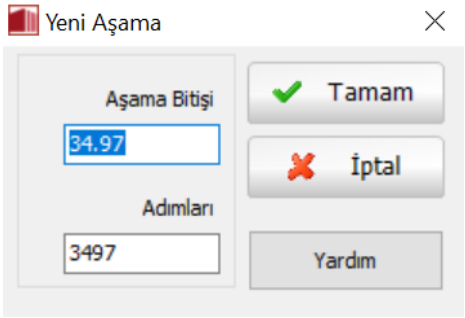
NOT 1: Her bir eğri için en fazla 260000 veri noktası tanımlanabilir.

NOT 2: Belirli bir metin dosyasından zaman-tanım alanı eğrisi yüklendikten sonra, zaman-tanım alanı eğrisi noktaları proje dosyasının içine kaydedildiği için metin dosyası silinebilir.

NOT 3: Kullanıcılara başlarken yardımcı olmak için, [g]'ye normalize edilmiş sekiz ivme kaydı seti programın kurulum dosyası içinde verilmiştir; kullanıcı, Dosya Seç düğmesini kullanarak otomatik olarak buraya yönlendirilir. Ayrıca, kullanıcılar çevrimiçi güçlü yer hareketi veritabanlarından (Strong Ground Motion Databases) da ek ivme kayıtlarına ulaşabilir.

Zaman Tanım Alanı Aşamaları

Zaman-tanım alanı aşamaları bölümünde, kullanıcı 20'ye kadar analiz safhası tanımlama imkanına sahiptir. Bunların her biri, kullanıcı tarafından açıkça tanımlanmış bir dizi farklı analiz adımına bölünebilir. Daha sonra, program verilen her zaman-tanım alanı aşamasında kullanılacak zaman-adımı'nı kendiliğinden hesaplar; bu değer, art arda iki zaman-tanım alanı aşamasının bitiş-zamanları arasındaki farkın, atanan adım sayısına bölünmesine eşittir. İlk aşama için, fark bitiş zamanı ve *Analiz Başlangıç Zamanı* (0.0 sn) arasında kullanılır.



Yeni aşama eklenmesi

Yaygın uygulamaların çoğunda, tek bir analiz aşaması uygulanır. Fakat, kullanıcının analizin farklı aşamalarında (örn. bir yapıya iki art arda deprem arasında bir serbest titreşim aşaması uygulanması veya bir modele akma (kolay yakınsama, büyük zaman-adımı kullanılabilir) ve çökme (zor yakınsama, küçük zaman-adımı uygulanmalıdır) statik zaman-tanım alanı eğrileri uygulanması) farklı zaman-adımları kullanmak istediği durumlar olabilir, bu durumda birden fazla analiz aşamasının tanımlanma olasılığının faydası olur.

Adaptif itme parameterleri

Adaptif itmede, yükler yapıya geleneksel itmede uygulandığına çok benzer bir şekilde uygulanır. Bu sebeple, adaptif itme kullanmak isteyen kullanıcılarınöncelikle geleneksel itme yük uygulama yönteminin açıklandığı *Yükleme Aşamaları* bölümüne başvurmaları tavsiye edilir. Bu yöntemin adaptif itme durumuna uygun olduğu düşünülmelidir fakat aşağıdaki nüanslara dikkat edilmelidir:

- Adaptif itmede, yükleme vektörünün güncellenmesinde kullanılan özdeğer analizinin gerçekleşebilmesi için yapıların atalet kütlesinin modellenmesi gerekir. Ayrıca, yalnızca kuvvete-dayalı adaptif itme için artımsal yüklerin uygulanacağı düğüm noktalarına kütlenin yeterli bir şekilde dağıtılması gerekir. Böylelikle, (kütle ve ivmenin çarpımı ile elde edilen) artımsal kuvvetler hesaplanabilir (yer değiştirme dağılımları özdeğer analizlerden doğrudan elde edildiği sürece, yer değiştirmeye-dayalı itmede bu gerekli değildir).
- Her ne kadar farklı düğüm noktalarındaki yükler için farklı nominal değerlerin kullanılmasına izin veriliyor olsa da, klasik itmede olduğu gibi, bu artımsal yüklerin eşit nominal değerlere sahip olması (sabit yük dağılımı) şiddetle tavsiye edilir. Böylelikle, her düğüm noktasına uygulanan yük, tamamıyla yapının modal özellikleri ve spektral şekli kullanılarak belirlenir.
- *Adaptif Yük Kontrolü* ve *Adaptif Davranış Kontrolü* yükleme/çözme yöntemleri, yük kontrol ve davranış kontrol aşamalarının ikamesinde kullanılır. Birden çok yük ve davranış kontrol aşamasının eş zamanlı olarak istihdam edilebildiği klasik itme analizinin tersine, girdi ve işlevsellikleri özdeştir ve adaptif itmede sadece bir adaptif aşama kullanılabilir (yük veya davranış kontrolü). Eğer kullanıcılar, *Adaptif Yük Kontrolü*'nden *Adaptif Davranış Kontrolü*'ne veya tersine geçmek isterse, öncelikle bu aşamalarda tanımlı olanı silmelidir; böylelikle *Yeni Aşama Ekle* iletişim kutusundaki alternatif seçenek kullanılabilir hale getirilir.

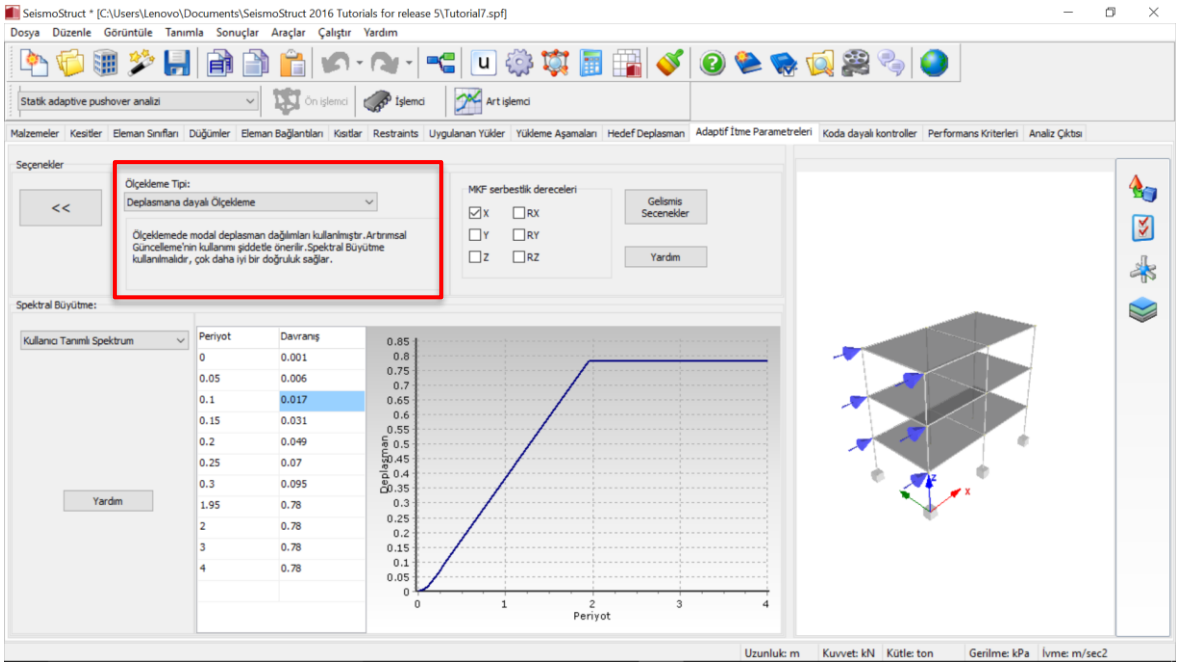
Gelişmiş bir statik analiz metodu olarak adaptif itme, **Adaptif Parametreler** modülünde içerilen bir dizi ek parametrenin tanımlanmasını gerektirir. Bu parametreler:

Ölçekleme Tipi

Her adımda yük vektörünün (veya yük artırım vektörünün) dağılımını belirlemekte kullanılan normalize edilmiş modal ölçekleme vektörü, *üç farklı yaklaşım kullanılarak* elde edilir

1. **Kuvvete-dayalı Ölçekleme**.Ölçekleme vektörü o adımdaki modal yük dağılımını yansıtır.
2. **Yer Değiştirmeye (Deplasmana)-dayalı Ölçekleme**.Ölçekleme vektörü o adımdaki modal deplasman dağılımını yansıtır
3. **Kat Arası Ötelenmeye-dayalı Ölçekleme**: Ölçekleme vektörü o adımdaki modal kat arası ötelenme dağılımını yansıtır

NOT: Dikkat edilmelidir ki, sonuncusu 3D adaptif itme analizlerinde kullanılamaz ve nominal yatay deplasmaların sırasıyla girilmesini gerektirir (önce ilk kat yükü tanımlanır, sonra 2. kattaki nominal deplasman yükü ve böyle devam eder).



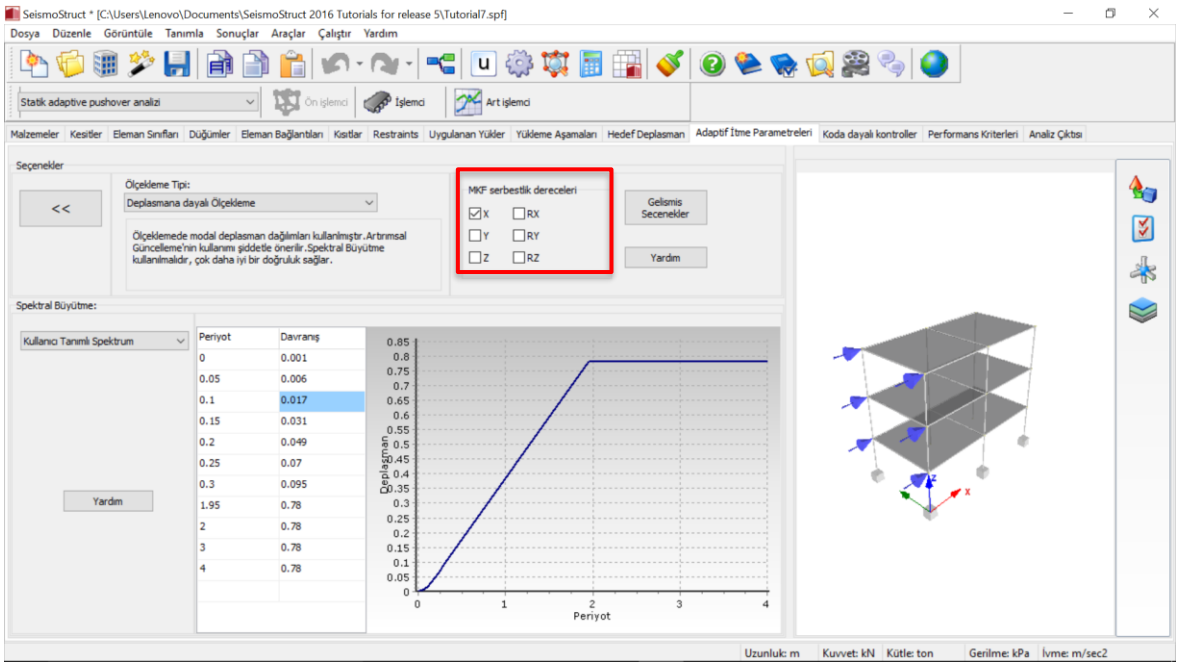
Ölçekleme tipinin seçilmesi

Mod katılım faktörlerinin (MKF) serbestlik dereceleri

Kullanıcının, mod katılım faktörlerinin hesabında kullanılan serbestlik derecelerini belirlemesi mümkündür (bu faktörler daha sonra modal ölçekleme vektörünü hesaplamada kullanılacaktır).

3D adaptif itme analizi için, birden fazla yönde öteleme serbestlik derecesinin (örn. X & Y) veya onun yerine dönme serbestlik derecesinin kullanımı uygun olabilir [örn. Meireles et al., 2006].

Daha yaygın bir durum olan 2D analizde, sadece bir öteleme serbestlik derecesi seçilecektir,bu da genellikle X' tir.



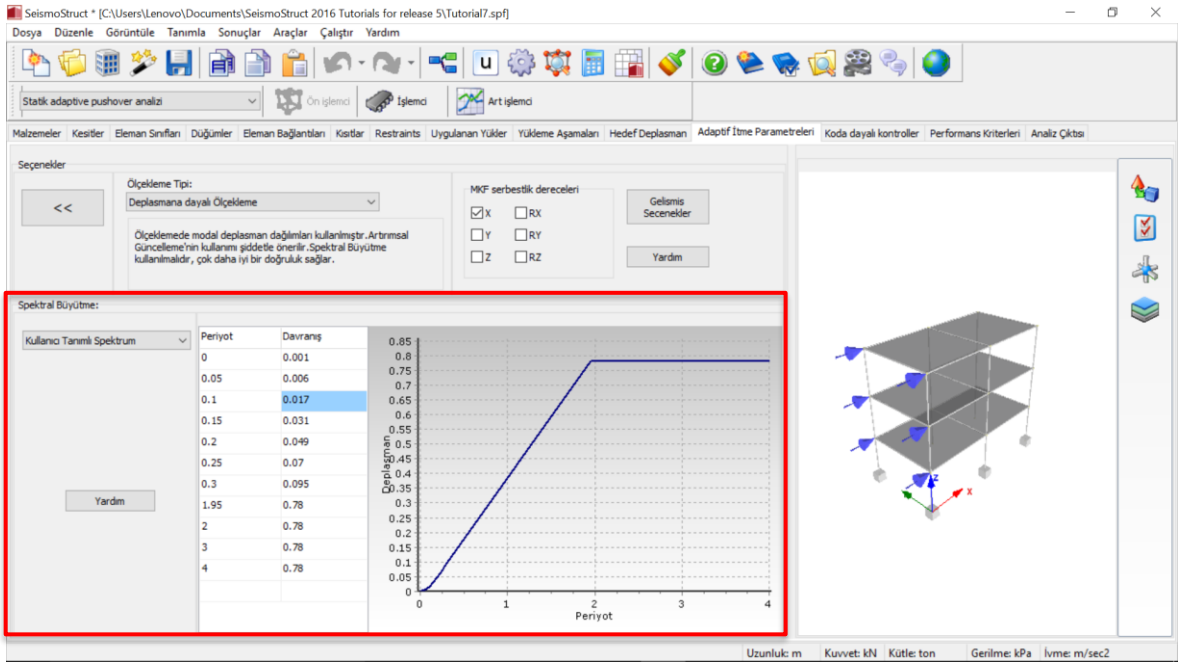
MKF serbestlik derecelerinin belirtilmesi

Spektral Büyütme

Daha önce de bahsedildiği gibi, bu modülde bulunan üç seçenekten birinin seçilmesiyle, spektral büyütmenin farklı modal yük vektör çözümlerinin kombinasyonuna olan etkisi dikkate alınabilir veya alınmayabilir:

- **Spektral Büyütme Yok**. Yük vektörünün dağılımının ölçeklemesi sadece yapının her belirli adımdaki modal özelliklerine bağlıdır.
- **Verilen İvme Kaydı**. Kullanıcı, bir ivme zaman-tanım alanı sunar ve istenilen derecede viskoz sönümleme tanımlar. Bunlar, program tarafından otomatik olarak bir ivme (kuvvete-dayalı ölçekleme kullanıldığında) veya yer değiştirme (yer değiştirmeye veya ötelemeye-dayalı ölçekleme kullanıldığında) tepki spekturumu (analiz boyunca sabit olduğu farzedilir) hesaplamakta kullanılır. Varsayılan olarak, ivme kaydı yerine, çıkan tepki spektrumu kullanıcıya gösterilir. İvme kaydıysa, *İvme Kaydı* düğmesine tıklanarak görülebilir.
- **Kullanıcı Tanımlı Spektrum**. Periyot ve tepki ivme/yer değiştirme değeri çiftleri, kullanıcı tarafından bir girdi tablosuna doğrudan tanıtılabilir. Bu seçenek genellikle şartname tanımlı spektrumlar için kullanılır ve diğer bütün SeismoStruct modüllerinde de olduğu gibi, doğrudan yazmaya alternatif olarak, değerlerin herhangi bir Windows uygulamasına yapıştırılabileceği de belirtilir.

NOT: Yer değiştirmeye-dayalı Adaptif İtme çalıştırılırken, Spektral Büyütmenin kullanılması elde edilecek doğruluk sebebiyle şiddetli bir şekilde tavsiye edilir. Eğer bazı sebeplerle kullanıcı söz konusu sahanın beklenen/dizayn yer hareketini tahmin edemiyor/gösteremiyorsa, burada belirtilen Tek-Mod analizini seçerek DAP-1.mod (sadece binalar için) çalıştırmalıdır.



Spektral Büyütme

ÖNEMLİ: Kullanıcı Gelişmiş Ayarlar butonuna basarak, yukarıda belirtilenlere ek parametreler tanımlayabilir.

IDA parametreleri

Artımsal Dinamik Analiz'de (IDA), yapılar art arda geçici yüklere maruz kalırlar. Bu yükler *Ek B ->Artımsal dinamik analiz* içerisinde de belirtildiği gibi genellikle artan şiddette ivme zaman-tanım alanlarından oluşur. Bu yüzden, bu analizi kullanmak isteyen kullanıcıların öncelikle dinamik zaman-tanım alanı analizinde yük uygulama işleminin anlatıldığı **Zaman Tanım Alanı Eğrileri** bölümüne bakması şiddetle tavsiye edilir. Zira bu analiz IDA durumlarına tamamıyla uygulanabilir. Yalnız, **IDA Parametreleri** modülünde bulunan bir dizi ek parametrenin belirlenmesi gerekir. Bu parametreler:

Ölçekleme faktörleri

Her bir IDA zaman-tanım alanı analizi, kullanıcı tarafından tanımlanmış bir ivme kaydı ile *Ölçekleme Faktörleri*nin çarpımından elde edilen yer hareketi şiddeti için çalıştırılır. Genellikle, yer hareketi düşük bir elastik tepki değerinden, önceden tanımlanmış akma-sonrası hedef limit değerine tekabül eden yüksek bir değere kadar artımsal bir şekilde ölçeklendirilir.

Sabit ve/veya değişken ölçekleme dağılımları tek veya kombinasyon halinde kullanılabilir. Sabit dağılımlarla (*Başlangıç-Bitiş-Adım*), kullanıcı ilk zaman-tanım alanına karşılık gelen başlangıç ölçekleme faktörü'nü, son zaman-tanım alanına karşılık gelen bitiş ölçekleme faktörü'nü ve eşit aralıklı ara zaman-tanım alan seviyelerini tanımlamakta kullanılan ölçekleme faktörü adımı'nı tanımlar. Diğer taraftan, değişken ölçekleme dağılımında (*Ayrı Ölçekleme Faktörleri*) eşit olmayan aralıklı ölçekleme faktörü dizileri kullanılabilir. Bu durumda, kullanıcının artımsal dinamik analiz boyunca kullanılacak tüm ölçekleme faktörleriniaçıkça tanımlaması gerekir (eğer sabit ölçekleme dağılımı ile kombinasyon halinde kullanmıyorsa; ki bu durumda sadece tek sıralı olmayan faktörlerin belirtilmesi gerekir).

Dinamik İtme Eğrisi

Artımsal Dinamik Analiz çalıştırılırken, kullanıcı genellikle *Dinamik İtme Eğrisi* (veya IDA zarfı) adı verilen bir çizim elde etmekle ilgilenir. Bu çizim, her bir dinamik analizden elde edilen taban kesmesinin en büyük değerlerine karşılık gelen en üst nokta, ya da başka bir nokta, azami yer değiştirme (deplasman) değerlerini içerir. Bu yüzden, her bir dinamik analizde maksimum göreceli yer değiştirme hesabında (kullanıcı tanımlı iki düğüm noktasının, biri genellikle mesnet noktasıdır, mutlak yer değiştirme değerleri arasındaki fark) hangi düğüm noktalarının dikkate alınacağının açıkça tanımlanması mümkündür.

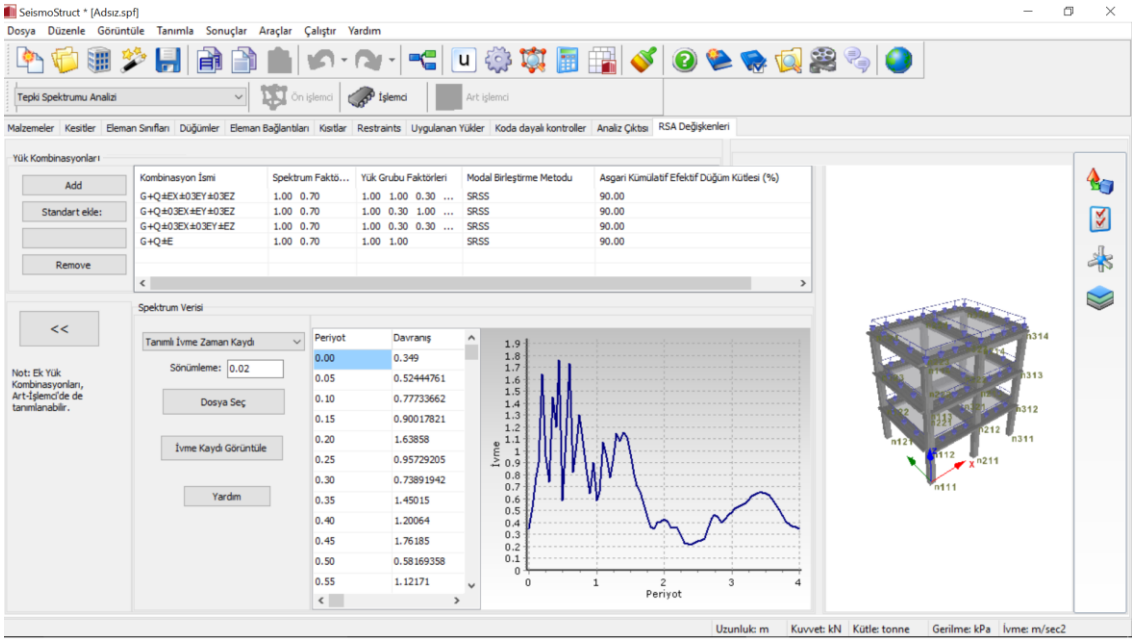
İlgilenilen serbestlik dereceleri de kullanıcı tarafından açıkça tanımlanır. Kullanıcının, ilişkili olması zorunlu olmayan en büyük deplasman ve kesme değer çiftleri eğrisi yerine, birbirine karşılık gelen deplasman ve kesme üst değerlerine tekabül eden bir eğri ile ilgilendiğidurumlarda, en büyük taban kesme değerini bulmayı sağlayan maksimum öteleme değerinin (ya da tersi) etrafındaki zaman penceresi de tanımlanmalıdır.

NOT: Genel olarak, yapıların elastik tepki alanındaki davranışları yeterince iyi aralıklı 2-3 çift kesme-deplasman noktasının kullanılmasıyla gösterilebilir. Diğer taraftan, akma-sonrası alanda daha hassas bir dinamik itme eğrisinin temsili gerekebilir. Bu durumlarda, sabit ve değişken ölçekleme dağılımlarının kullanımını faydalı olabilir; elastik alan için 2-3 farklı ölçekleme faktörü ve daha sonra akma-sonrası için başlangıç-bitiş-adım değerler aralığı kullanılabilir.

RSA parametreleri

Tepki spektrumu analizi (RSA) burada da belirtildiği gibi deprem etkisi altındaki yapının, yer hareketi boyunca sahip olacağı tepki niceliklerinin azami değerlerini tespit etmeye yarayan doğrusal elastik-dinamik benzeri bir analiz yöntemdir.

RSA'da kullanıcılardan tepki spektrumu ve sismik yükleme kombinasyonları tanımlanmaları istenmektedir. Tanımlanacak olan spektrum; sismik doğrultular olan EX, EY yatay doğrultuları ve EZ düşey doğrultusu için kullanılır.



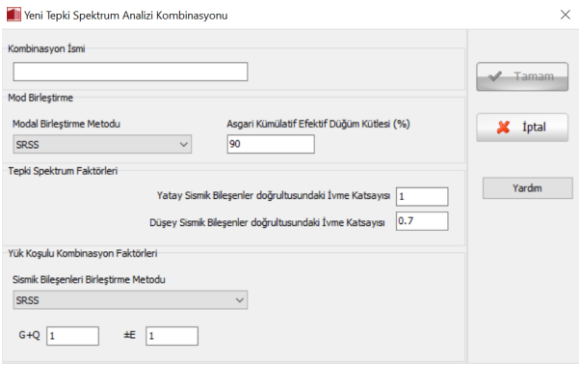
RSA Parameterleri modülü

Yükleme kombinasyonları

Yük kombinasyonu modülünde, yatay ve düşey doğrultular için farklı spektrum faktörleri tanımlanabilir. Mod birleştirme kuralı (ABSSUM, SRSS, CQC) ve kümülatif efektif mod kütlesi yoluyla hangi modların hesaba dahil edileceği de belirtilmelidir. Kullanıcılar asgari kümülatif kütle yüzdesi tanımlamak yoluyla programa her bir sismik doğrultuda gerekli mod sayısını belirtirler (mod etkileri kütle katılımlarına göre büyükten küçüğe doğru toplanırlar).

Kullanıcılardan her bir yükleme koşuluna (G, Q, and ±E) ait statik yerçekimi ve hareketli yük faktörlerini (f_{G+Q}) ve sismik yük faktörünü (f_E) tanımlamaları istenir. Sismik yükleme doğrultuları farklı faktörler kullanılarak (f_{EX}, f_{EY}, f_{EZ}) doğrusal olarak (E = ±EX±EY±EZ)veya SRSS kuralı (E = $\pm\sqrt{EX^2+EY^2+EZ^2}$)kullanılarak birleştirilir. Yerçekimi yüklerini tanımlı bir işarete sahip olurken, sismik yükleme her bir doğrultuda her iki işaret de dikkate alınır. Ardından, RSA analiz sonuçları tepki nicelik zarfları olarak görüntülenir.

Not: Kod-tanımlı kullanıma hazır kombinasyonlar Standart Kombinasyon Ekle yardımıyla tanımlanabilir. Kombinasyonlar, yerçekimi+hareketli yüklere ek olarak bir yöndeki tanımlı sismik yüklemenin %100'ünü ve o yöne dik doğrultudaki tanımlı sismik yüklemeninse %30'unu içerir. Ek olarak, yerçekimi+canlı yüklere sismik kuvvetlerin %100'ü de mevcuttur.



Yükleme Kombinasyonları Modülü

Spektral Veriler

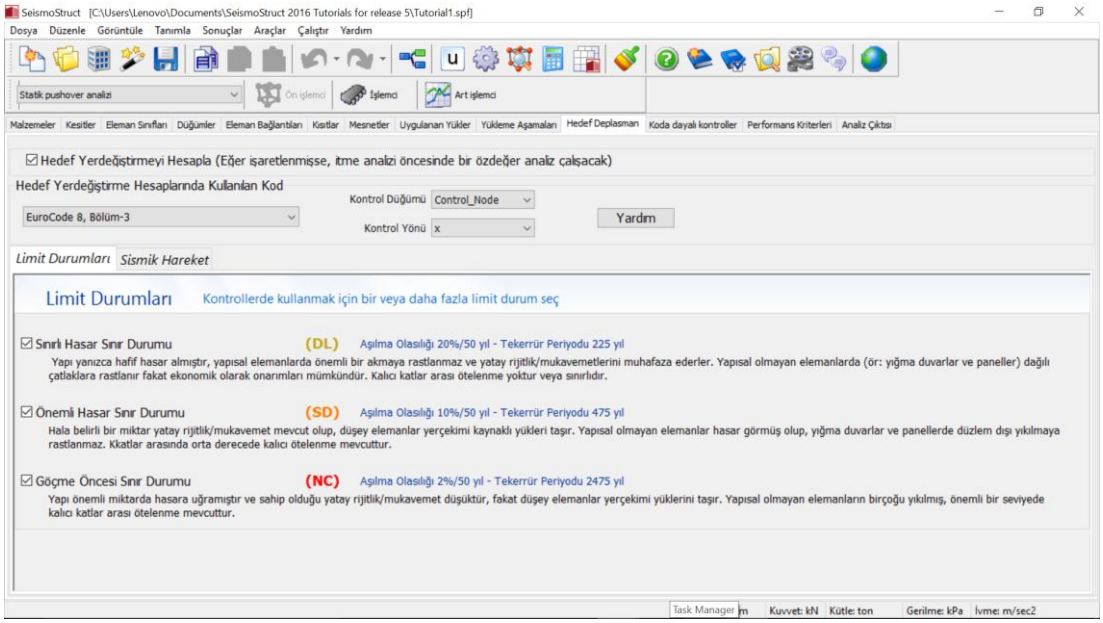
Tepki spektrumu kullanıcı tarafından doğrudan tanımlanabildiği gibi tanımlı bir ivme kaydından da elde edilebilir.

- **Tanımlı ivme-zaman kaydı.** Kullanıcılar ivme-zaman kaydı ve sönümleme tanımlayarak spektrumu elde ederler. İvme-zaman kaydından elde edilen spektrum kullanıcıya gösterilir, tanımlanan ivme-zaman kaydının görüntüsüneyse İvme Kaydı düğmesinden ulaşılabilir.
- **Kullanıcı tanımlı spektrum.** Periyot ve tepki spektrumu ivme ordinatları kullanıcı tarafından tablo halinde tanımlanır. Bu özellik genellikle kod-tanımlı spektrumların uygulanması için kullanılır. Diğer SeismoStruct modüllerinde de belirtildiği gibi, tüm değerler diğer Windows uygulamalarından kopyala-yapıştır yoluyla da tanımlanabilir.

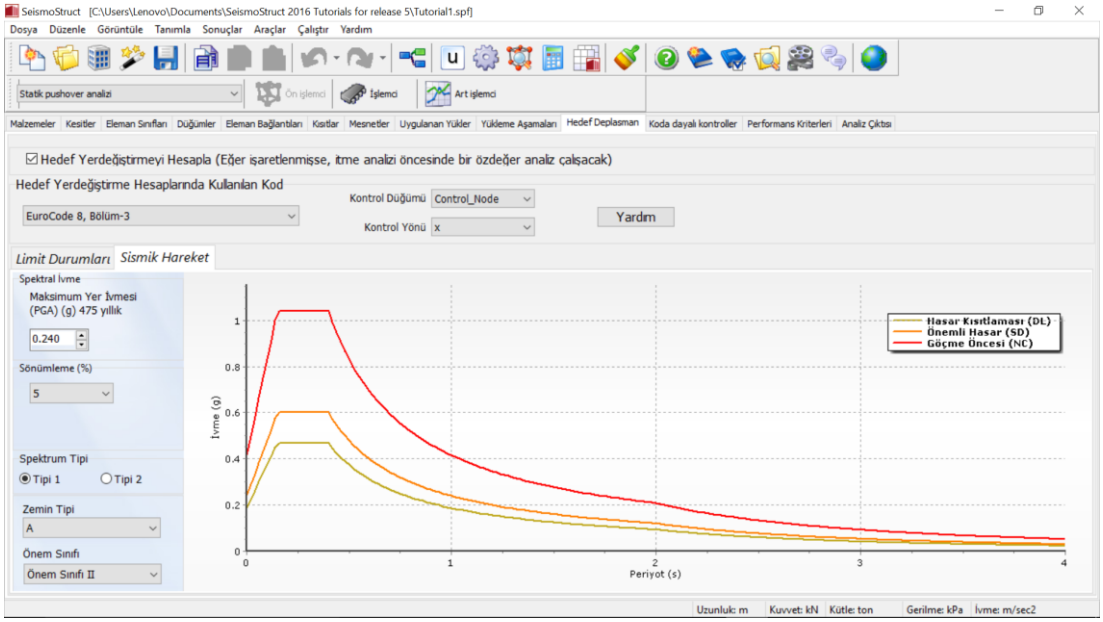
HEDEF DEPLASMAN

İtme analizi (klasik veya adaptif) durumunda, kullanıcılar otomatik hedef yerdeğiştirme hesabını seçebilirler. Eğer Hedef Yerdeğiştirme Hesabı kutucuğu seçilirse, Özdeğer analizi itme analizinden önce çalışacaktır. Hedef Yerdeğiştirme'yi hesaplamak için, aşağıdaki değişkenlerin tanımlanması gerekmektedir:

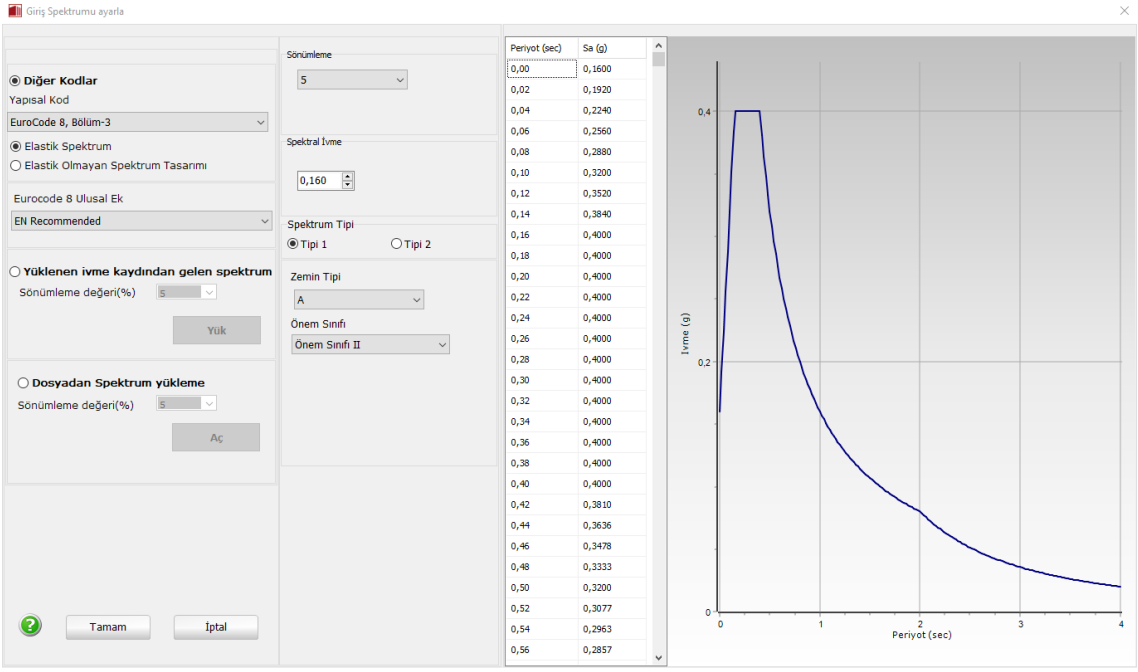
1. Kullanılan Kod; sürüme bağlı olarak mevcut seçenekler şunlardırUlusal Eklerin çoğunluğunun mevcut olduğu Eurocode 8-Bölüm 3, ASCE 41-23 (Amerikan Sismik Değerlendirme ve Mevcut Binaların Güçlendirilmesi Yönetmeliği) NTC-18 (İtalyan Ulusal Sismik Kod, KANEPE (Yunan Sismik Kodu) ve TBDY (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği). Kullanılan Kodlar hakkında ek bilgi Ek H – 'de bulunabilir;
2. Kontrol Düğümü ve Kontrol Yönü; eğer Yapı modelleyici veya Sihirbaz servisi kullanılırsa,bunlar otomatik olarak atanır;
3. Hedef Yerdeğiştirmenin hesaplanacağı Sınır Durumları (veya ASCE 41-23 ve TBDY durumunda Performans Seviyeleri ve KANEPE için Performans Hedefleri).;
4. Elastik tepki spektrumu, spesifik projede kullanılan koddan türetilebilir (Kod Tabanlı Spektrum seçeneği) veya kullanıcı tarafından tanımlanabilir (Kullanıcı Tanımlı Spektrum seçeneği). Kod Tabanlı Spektrum durumunda, kullanıcılar spektral şeklin oluşturulması için gereken temel parametreleri atamalıdır (yani pik yer ivmesi, sönüm, spektrum tipi, zemin tipi ve Kullanıcı Tanımlı Spektrum durumundaki önemli sınıf), kullanıcılar dünya çapında çeşitli Ulusal Kodlar tarafından tanımlanan 29 spektrum listesinden seçim yapabilirler (Kod Tabanlı Spektrum seçeneği), elastik tepki spektrumunun hesaplanacağı bir ivme kaydı yükleyebilirler (Yüklenen ivme kaydından gelen spektrum seçeneği) veya dosyadan elastik bir spektrum yükleyebilirler (Dosyadan Spektrum Yükleme seçeneği).



Hedef Yer değiştirme modülü – Sınır Durumları



Hedef Yer değiştirme Modülü – Sismik Etkiler (Koda dayalı Spektrum)



Hedef Yer değiştirme modülü – Sismik Etki (Kullanıcı tanımlı Spektrum Seti Girdi Spektrumu)

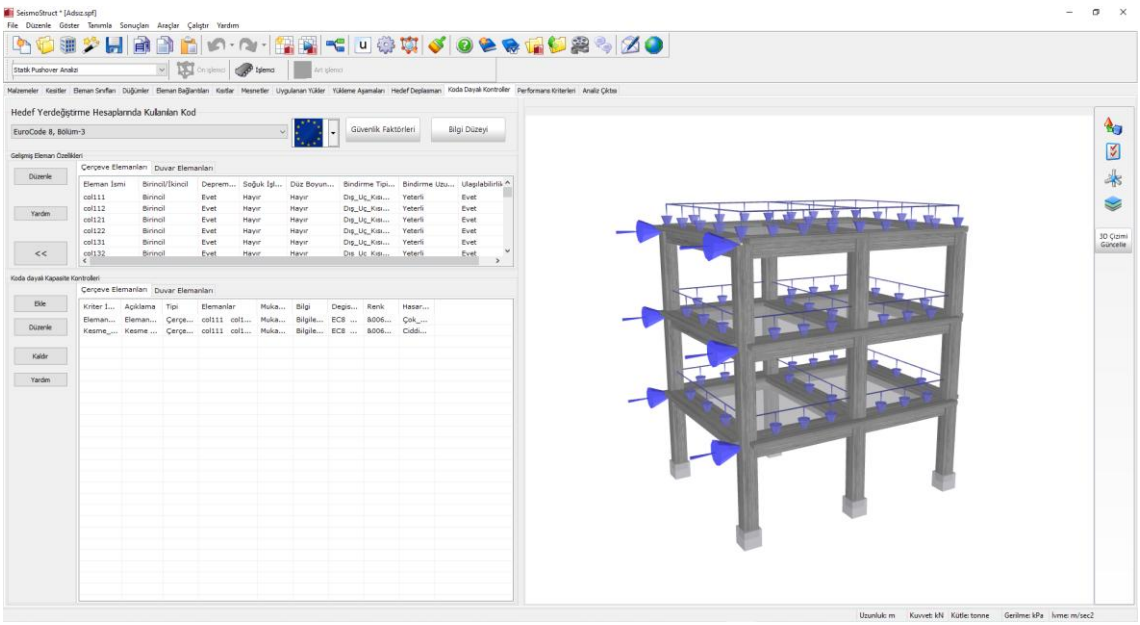
KODA DAYALI KONTROLLER

Burada, yapısal elemanlar için uygulanmak üzere koda dayalı kontroller seçilebilir. Çerçeve Elemanları ve Duvar Elemanları için farklı sekmeler mevcuttur. Kullanıcılar, bir koda dayalı kontrol tanıtabilmek için aşağıdaki adımları takip etmelidir:

1. Kullanılan kodu tanımlanması, güncel olarak altı seçenek mevcuttur: Ulusal eklerim çoğunluğunun mevcut olduğu Eurocode 8-Bölüm 3, ASCE 41-23 (Amerikan Sismik Değerlendirme ve Mevcut Binaların Güçlendirilmesi Yönetmeliği) NTC-18 (İtalyan Ulusal Sismik Kod), KANEPE (Yunan Sismik Müdahaleler Kodu) ve TBDY (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği) . Kullanılan kodlar hakkında ek bilgiEk H – Kodlar'da bulunabilir;
2. Birden fazla ifade önerildiği zaman, hesaplar içerisinde uygulanan denklemleri ve Güvenlik Katsayılarının değerlerinin tanımlanması;
3. Yapısal kurum üzerindeki uygun veriye karşılık gelen Bilgi Düzeyinin seçilmesi;
4. Gelişmiş Eleman Özelliklerini tanımlanması (ör: kontrol edilecek elemanı tanımlayan bütün değişkenler, sınıflandırma (birincil veya ikincil), tip ve bindirme uzunluğu, depreme dayanıklılık için detaylandırma vb.);
5. 'Ekle' butonuna tıklanması;
6. Kontrol adı atanması;
7. Aşağıya açılan menüden koda dayalı kontrol tipinin seçilmesi (ör. Çerçeve elemanları için eleman dönme kapasitesi veya eleman kesme kapasitesi ve duvar elemanları için duvar kesme kapasitesi, basınç kuvveti, eğilme momenti veya ötelenme);
8. Elemanları kontrol etmek için kullanılmak üzere Sınır Durumlarının veya Performans Hedeflerinin tanımlanması;
9. Kontrolün uygulanacağı elemanların tanımlanması;
10. Koda dayalı bir kontrol tanımının tamamlanmasının ardından, elemanın dayanım kaybı tanımlanması. Kullanıcı kapasitenin bir yüzdesi olarak kalan mukavemeti belirtebilir veya elemanı tamamen kaldırmayı veya dayanım kaybı olmadan tutmayı seçebilir.
11. Her bir kontrol için program tarafından takip edilecek eylem türünün tanımlanması:(i) analiz log'larına bir mesaj eklenip, analizin durdurulması, (ii) analiz log'larına bir mesaj eklenip, analizin duraksatılması, (iii) analiz log'larına bir mesaj eklenip,analizin devam ettirilmesi, (iv) kontrolün göz ardı edilmesi (bu seçenek başka bir deyişle kontrolü etkisiz hale getirmektir);

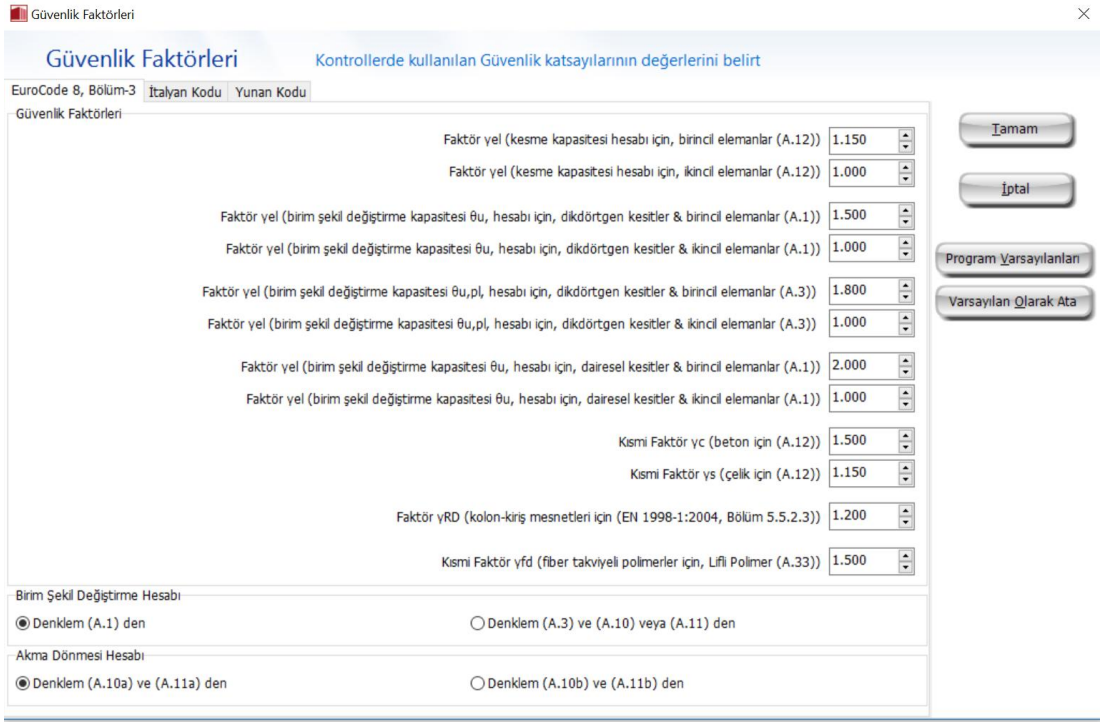
12. Art İşlemci'nin **Deforme Şekil Görüntüleyicisi** modülünde grafiksel görüntüleme olanağı sağlayacak bir renk atanması;
13. **Deforme Şekil Görüntüleyicisi** modülünde hasarın görsel olarak görüntülenmesini sağlamak için hasar görsel etkilerinin seçilmesi.

NOT: Mevcut Kodlar, SeismoStruct sürümüne bağlıdır. Kullanıcılar gerekli Kodlara sahip sürümü seçmelidir.

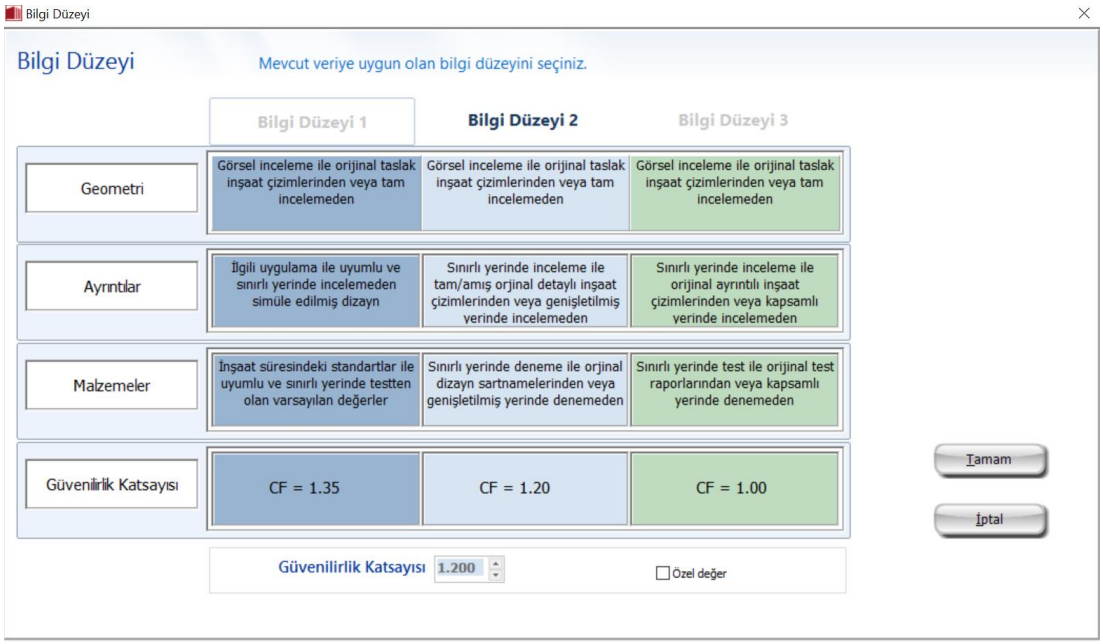


Koda dayalı Kontroller modülü

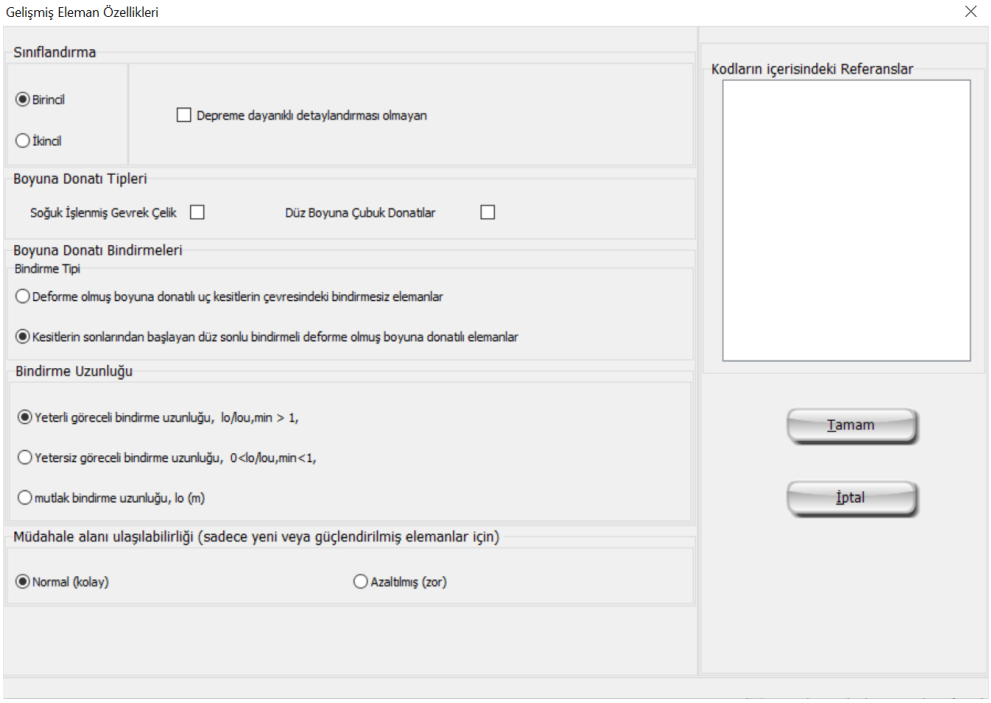
Uygulanan koda ait ifade ve güvenlik katsayıları ilgili iletişim kutusu yoluyla belirtilir. Güvenlik katsayılarının varsayılan değerlerinin kodlarda tanımlanan değerler olduğunu fark ediniz.



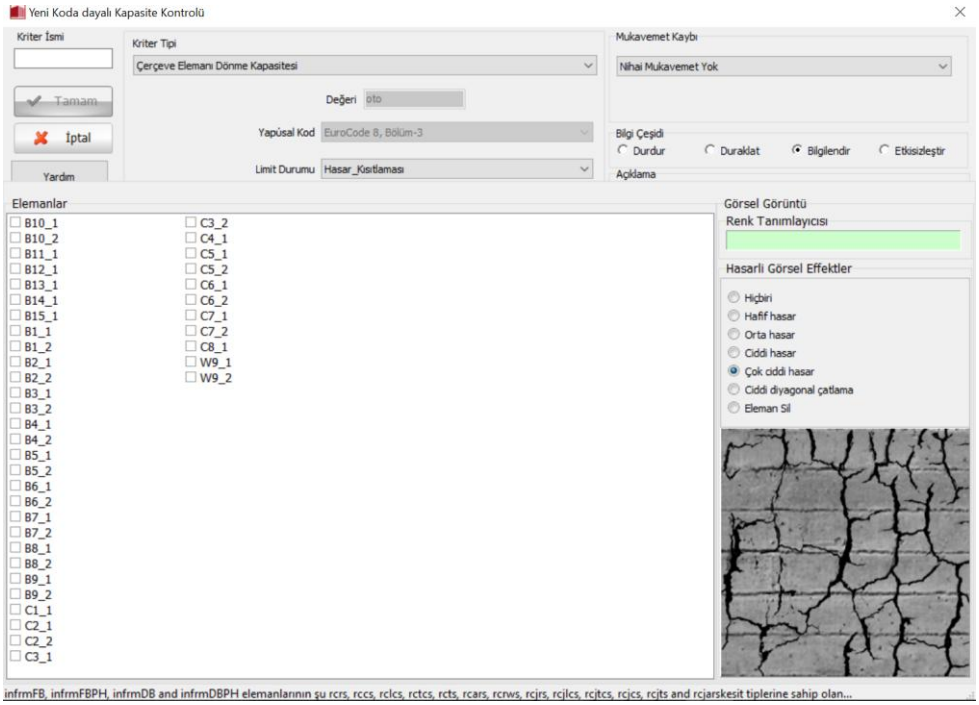
Güvenlik Katsayıları Modülü



Bilgi Düzeyi Modülü



Gelişmiş Eleman Ayarları Modülü

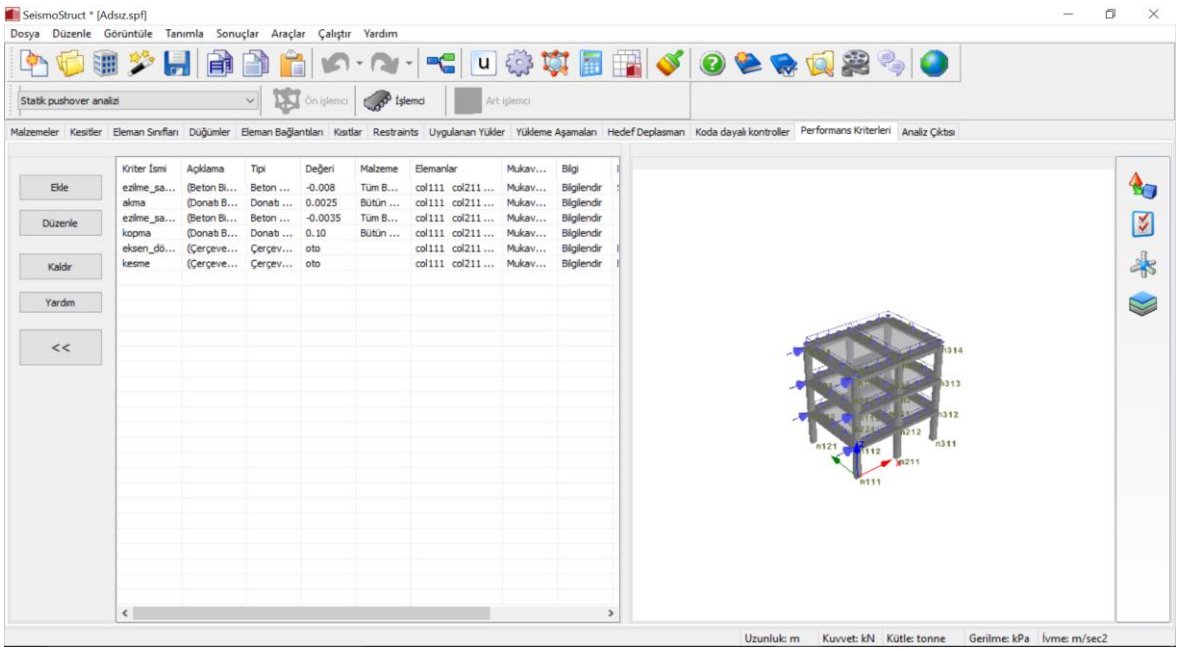


Koda dayalı kontroller modülü

PERFORMANS KRİTERLERİ

Performansa dayalı mühendisliğin tanımı içerisinde, yapı elemanlarının belirli performans limitlerine (ör: yapısal olmayan hasar, yapısal hasar, göçme, vb) ulaşıldığı anların belirlenmesi birincil önem taşımaktadır. Bu gereklilik, SeismoStruct içerisinde performans kriteri sınır değerlerlerinin **Performans Kriterleri** üzerinden tanımlanmaları vasıtasıyla son derece etkili bir şekilde yerine getirilebilir. Tanımlanan sınır değerleri; kesit eğriliği, malzeme birim şekil değiştirmesi, eleman dönmesi

ve/veya kesit kesme kuvveti, eleman kuvveti/momenti, eleman deformasyonu, eleman ötelenmesi vb. olarak tanımlanabilir ve analiz süresince program tarafından otomatik olarak takip edilir. Çerçeve Elemanları ve Çerçeve Olmayan Elemanlar performans kriterleri tanımı için farklı alanlar mevcuttur.



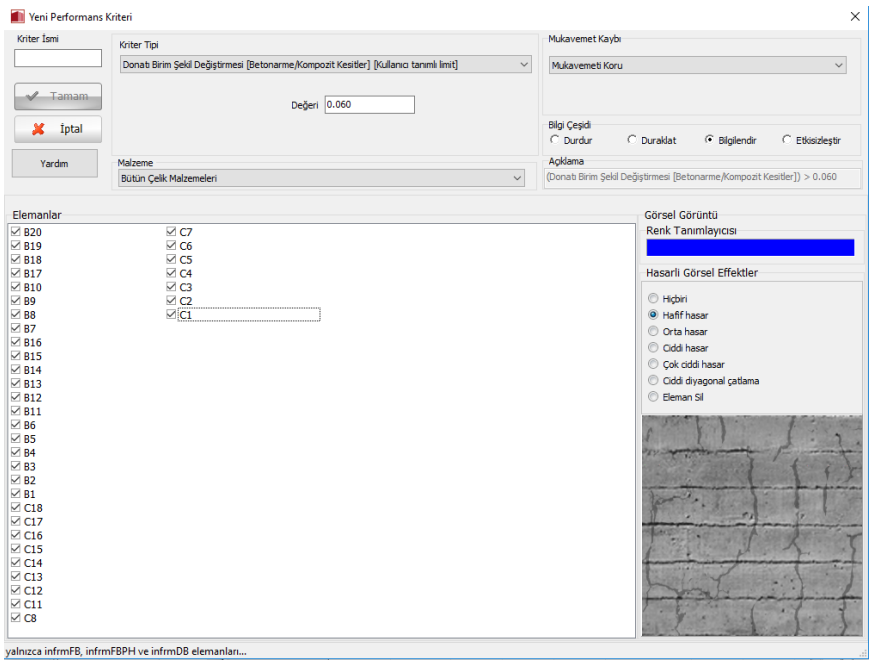
Performans Kriterleri Modülü

ÖNEMLİ: Açıkça anlaşılan nedenlerden dolayı, Performans Kriterleri'nin tanımlanması analiz süresini az bir miktar uzatabilir.

Kullanıcılar yeni bir yapısal performans kontrolü eklemek istiyorlarsa, aşağıdaki sıralanan maddeleri izleyebilirler:

1. Kriter isminin tanımlanması;
2. Kriter tipinin (ör. kontrol edilen davranış niceliği: elemanın tipine bağlı olarak, çerçeve elemanları için malzeme birim şekil değiştirmesi, kesit eğriliği, eleman dönmesi, eleman kesme kuvveti, eleman dönme kapasitesi veya eleman kesme kapasitesi ve çerçeve olmayan eleman tipi için eleman kuvveti/momenti, eleman deformasyonu, eleman ötelenmesi, kesme kuvveti, basınç kuvveti ve eğilme momenti) aşağı çekilen menüden seçilmesi;
3. Performans kriterinin ulaşıldığı değerin tanımlanması (kullanıcı tanımlı limitiyle kriter durumunda);
4. Limit değer hesabı için denklem seçilmeli (otomatik tanımlı limitlerle kriter durumunda).Burada kullanılan denklemler ile ilgili ek bilgi için Ek H' ye bakınız;
5. Kriterin uygulanacağı elemanların belirlenmesi (eğer birim şekil değiştirme kriteri seçilmişse, kullanıcıların eleman tanımlamasından önce bir malzeme seçmeleri de gerekmektedir);
6. Belirlenen Performans Kriteri'ne ulaşılması durumunda elemanlarda belirecek olan Mukavemet Kaybı'nın tanımlanması. Kullanıcılar, nihai mukavemeti kapasitenin belirli bir yüzdesi olarak tanımlayabilir, elemanı tamamen kaldırabilir veya herhangi bir mukavemet kaybı tanımlamamayı tercih edebilirler;
7. Her kriterin ulaşıldığı zaman izlenecek olan eylemin belirlenmesi: (i) analiz log'larına bir mesaj eklenir ve analiz durdurulur, (ii) analiz log'larına bir mesaj eklenir ve analiz duraksatılır, (iii) analiz log'larına bir mesaj eklenir ve analiz devam ettirilir, (iv) oluşma göz ardı edilir (bu seçenek kontrolü etkisiz hale getirmektir);

8. Art İşlemci **Deforme Şekil Göstericisi** modülünde her bir performans kriterini görüntüleyebilmek için her birine ayrı bir renk atanması;
9. **Deforme Şekil Görüntüleyici** modülünde hasar grafiksel görüntülemeyi sağlamak için, hasar görsel etkilerini seçilmesi.



Kriter Tipinin seçilmesi

NOT: Kullanıcılar mukavemet kaybını tanımlarken dikkatli olmalıdır çünkü bu tarz seçimler sayısal dengesizliklere yol açabilir.

Kriter Tipi

Tanımlanacak olan kriterler açık bir şekilde kullanıcının hedeflerine bağlıdır. SeismoStruct fiber eleman tabanlı bir kod olmasından kaynaklı olarak en uygun tip sınır parametresi de dolayısıyla genellikle *malzeme birim şekil değiştirmesi* olmaktadır. Birim uzama ve kısalmaya bağlı olan sınır durumları aşağıda açıklanmaktadır.

- **Yapısal elemanların çatlaması.** Beton birim uzamasının, beton çekme mukavemetinin beton malzemesinin ilk rijitliğine oranıyla karşılaştırılması yoluyla elde edilir [genel olarak +0.0001 kullanılır];
- **Kabuk betonunun dağılması.** Sargısız bölgede bulunan beton malzemesinde meydana gelen birim kısalmaların sargısız beton modelinde tanımlanan ezilme değerleriyle karşılaştırımlası yoluyla elde edilir [genel olarak -0.002 kullanılır];
- **Çekirdek betonunun ezilmesi.** Sargılı bölgede bulunan beton malzemesinde meydana gelen birim kısalmaların sargılı beton modelinde tanımlanan ezilme değerleriyle karşılaştırılması yoluyla elde edilir [genel olarak -0.006 kullanılır];
- **Donatı çeliğinin akması.** Çekme altındaki donatı çeliğinin birim uzamasının, çelik malzemesinde tanımlı olan akma mukavemeti ve elastik modülünün birbirine oranlanması sonucunda bulunur [genel olarak +0.0025 kullanılır];
- **Donatı çeliğinin kopması.** Çekme altındaki donatı çeliğinin birim uzamasının kopma birim uzama değeriyle karşılaştırılması yoluyla elde edilir [genel olarak +0.060 kullanılır].

Alternatif veya ek olarak, kesit eğrilikleri ve/veya eleman-dönmeleri, sayısız performans sınırı durumunun doğrulanmasında kolaylıkla kullanılabilir;, böyle bir durumun istenmesi durumunda

kullanılacak olan eğrilik/dönme değerleri için kullanıcıların ilgili literatüre göz atmaları gerekmektedir [ör: Priestley, 2003]. Ayrıca, çerçeve elemanlarının kesme kapasitelerinin kontrolü de bir veya birden çok kesme sınır durumunun tanımlanması yoluyla yapılır.

Son olarak, çerçeve elemanları için **eleman dönme akması, eleman dönme kapasitesi ve eleman kesme kapasitesi** kontrolleri tanıtılabilir, bu sayede program, mevcut Kodların (Eurocodes, ASCE 41-23, NTC-18, KANEPE ve TBDY) seçilen denklemine göre analiz sırasında elemanların kapasitesini otomatik olarak hesaplar ve ilgili talebe karşı kontrol eder. Çerçeve olmayan elemanlar için Elemanların **Kuvvet/moment, yer değiştirme ve Ötelenme** kontrolleri tanıtılabilir, bu sayede program, mevcut Kodların (Eurocodes, ASCE 41-23 ve NTC-18) seçilen denklemine göre analiz sırasında elemanların kapasitesini otomatik olarak hesaplar ve ilgili talep veya kullanıcı tanımlı değerlere göre kontrol eder.

NOT 1: Yalnızca pozitif değerlere izin verilen Performans Kriterlerinde, talebe yönelik tepki miktarının mutlak değerine karşı kontroller yapılır. Oysa hem pozitif hem de negatif değerlerin tanımlandığı Performans Kriterlerinde, tepki miktarının işaretli değerine karşı kontrol yapılır ve pozitif ve negatif değerler için farklı değerlere izin verilir. İkinci durumda program, performans kriteri olarak 'pozitif' değerler için 'büyüktür' koşulunu, 'negatif' değerler içinse küçüktür koşulunun olup olmamasını kontrol eder.

NOT 2: Birim şekil değiştirme ve eğrilik kontrolleri seçilen elemanların İntegrasyon Kesitleri'nde yapılmaktadır.

NOT 3: Performans kriterleri sadece inelastik (elastik olmayan) çerçeve elemanları'nın davranışlarını kontrol etmek amaçlı tanımlanabilirler. Elastik olmayan çerçeve elemanlsarının tanımındaysa elastik malzeme özellikleri kullanılabilir, dolayısıyla efektif olarak performans kriterli elastik davranış altında da kontrol edilebilir.

NOT 4: Elemanların kapasitelerinin otomatik hesabında ortalama malzeme değerleri kullanılır, herhangi bir güvenlik veya bilgi düzeyine karşılık gelen güvenilirlik katsayısı kullanılmaz.

MODEL İSTATİSTİKLERİ

'Model İstatistkleri' fonksiyonuna ana menü üzerinden (*Görüntüle > Model İstatistikleri*) veya  araç çubuğu düğmesinden ulaşılır. Bu servis, kullanıcılara modele ait girdi verilerinin bir özetini sağlar.

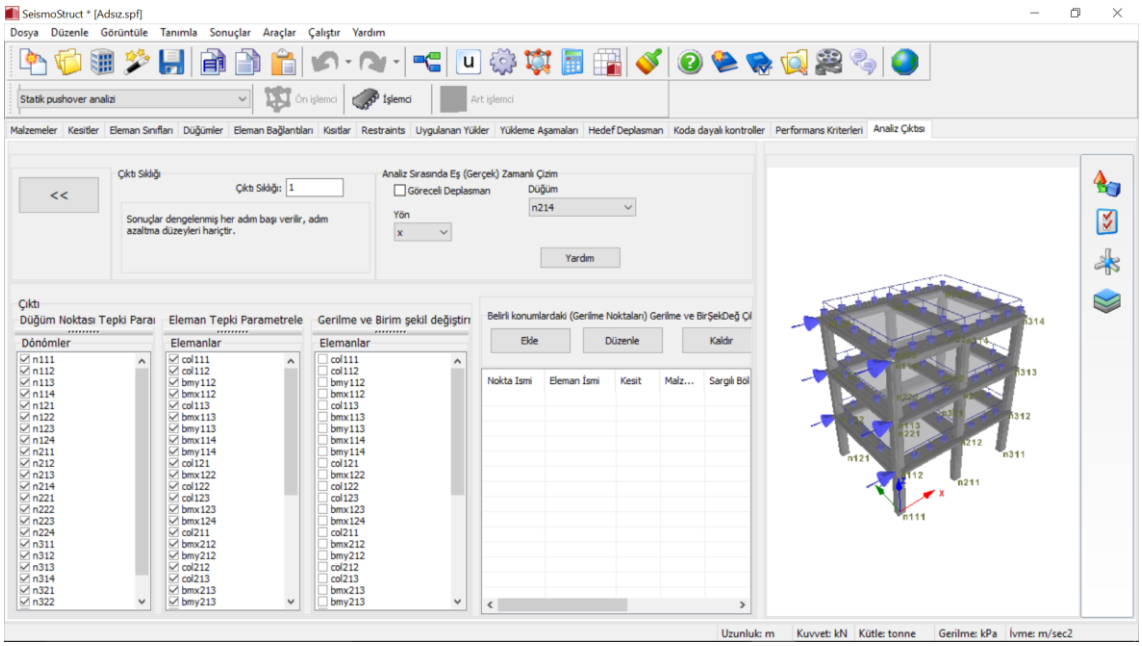


Model İstatistikleri fonksiyonu

ANALİZ ÇIKTISI

SeismoStruct, fiber elemanlar kullanan bir analiz programı olduğundan dolayı çok fazla sayıda davranış parametresini (ör: birim şekil değiştirme, gerilme, eğrilik, eleman tesirleri, düğüm noktası yer değiştirmeleri, vb.) hesaplayıp, program çıktısı olarak verir. Bu durum iki farklı rahatsız edici sonucun oluşmasına neden olur: (i) Kullanıcıların çok sayıda olan sonuç çıktılarını analiz sonrası işlemden geçirmesinde ve bundan kaynaklı değişik yapısal performansların kontrolünde meydana gelen güçlükler, (ii) Özellikle büyük modellerde dinamik analiz çalıştırıldığı durumlarda meydana gelen sonuç dosyaları çok yer kaplaması (50 MB ve üzeri).

Bir çok durumda, kullanıcılar analiz sonucu olarak SeismoStruct'tan alınabilecek bilginin çok küçük bir kısmını talep ederler. Bunun nedeni de seçilen belirli sayıda düğüm ve/veya elemanın davranışının, analizi yapılan yapının davranış ve performansını tanımlama konusunda yeterli bilgiye sahip olmasıdır. Kullanıcılar, **Analiz Çıktısı** modülünde talep ettikleri asgari gerekli analiz çıktısını seçerek sabit disk tüketimini en aza indirebilirler, ayrıca analiz sonrası harcanacak olan süre ve eforunu da azaltabilirler.



Analiz Çıktısı Modülü

Aşağıda sıralanan çıktı ayarları anlatılan amaçlara hizmet ederler:

Çıktı Sıklığı

Sıklık değişkeni "0"a eşit seçilirse, adım azaltma durumu da geçerli olmak üzere bütün analiz adımlarının sonunda (denge koşulları sağlandığında) çıktı alınır. Sıklık değişkeni "1" olarak tanımlanırsa, adım azaltma durumları hariç bütün adım sonlarında çıktı alınır ve kullanıcıların genellikle ön tanımlı adım kadar çıktı sayısı istemelerinden ötürü bu ayar varsayılan durumundadır. Kullanıcıların daha seyrek çıktı istedikleri durumlarda (ör: kolay yakınsama sağlanabilmesi için analiz adımları çok sayıda tutulduğu durumlar), Sıklık değişkeni "n" olarak tanımlanarak çıktılar n adımda bir de istenebilir.

Düğüm Noktası Tepki Parametreleri Çıktısı

Kullanıcılar buradan, tepki parametrelerinin (mesnet tepkisi, yer değiştirme, hız, ivme) saklanması istenen düğümleri seçerler. Düğüm noktaların hepsinin seçilmesi veya hiçbirinin seçilmemesi beliren menüde sağ tıklanarak *Tümünü Seç* veya *Hiçbirini Seçme* seçilir. Daha kolay bir seçim daha önce tanımlanan düğüm noktası grupları da kullanılabilir.

NOT: Eğer tüm düğüm noktaları çıktı için seçilmemiş durumdaysa Art İşlemci'de yapının deformasyon göstermiş çizimi yapılamaz.

ElemanKuvvetleri Çıktısı (Eleman Davranış Değişkenleri)

Kullanıcılar buradan, kesit iç kuvvetlerinin (eksenel/kesme kuvvetleri, eğilme/burulma momentleri) saklanması istenen elemanları seçerler. Elemanların hepsinin seçilmesi veya hiçbirinin seçilmemesi beliren menüde sağ tıklanarak *Tümünü Seç* veya *Hiçbirini Seçme* seçilir. Daha kolay bir seçim daha önce tanımlanan eleman grupları da kullanılabilir.

Gerilme/Birim Şekil Değiştirme En Büyük Değerleri ve Eğrilik Çıktıları

Kullanıcılar buradan, eğriliklerin ve gerilme/birim şekil değiştirme en büyük değerlerinin (en büyük ve en küçük) saklanması istenen elemanları seçerler (bu çıktılar elastik olmayan çerçeve elemanlarının Integrasyon Kesitleri'nden alınır). Elemanların hepsinin seçilmesi veya hiçbirinin seçilmemesi beliren menüde sağ tıklanarak *Tümünü Seç* veya *Hiçbirini Seçme* seçilir. Daha kolay bir seçim daha önce tanımlanan eleman grupları da kullanılabilir.

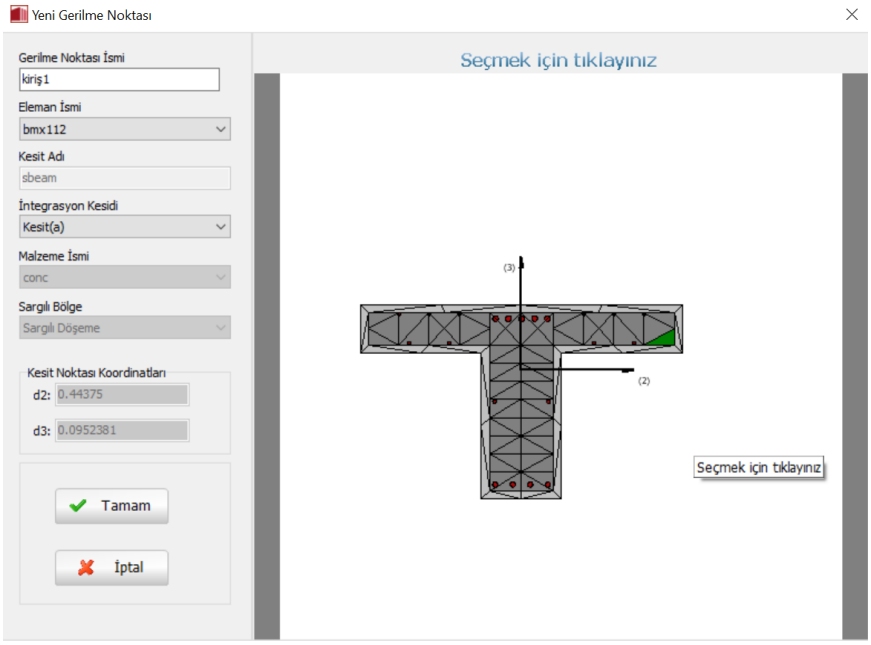
NOT: Bu seçenek dikkatli kullanılmalıdır, zira bu çıktıların tüm elemanlar için istendiği büyük modellerde durumunda çıktılar hacimli olabilir (yüzlerce Mb).

Seçili Konumlarda Gerilme ve Birim Şekil Değiştirme Değerlerinin Çıktısı

Kullanıcıların belirli bir kesitteki (elastik olmayan çerçeve elemanlarındaki İntegrasyon Kesitleri) bir konumun, malzeme gerilme ve birim şekil değiştirme değişimleriyle ilgilendiği durumlarda Gerilme Noktaları tanımlayabilirler.

Yeni bir gerilme noktası eklemek, için aşağıda sıralanan adımlar takip edilmelidir:

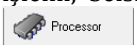
1. *Ekle* düğmesine tıklanması;
2. Bir isim atanması;
3. Eleman isminin aşağı çekilen menüden seçilmesi;
4. İntegrasyon kesidinin aşağı çekilen menüden seçilmesi;
5. Gözlemlenecek noktanın görsel olarak kesit üzerinden tıklanarak seçilmesi. Malzeme ve kesit koordinatları program tarafından otomatik olarak ayarlanır.



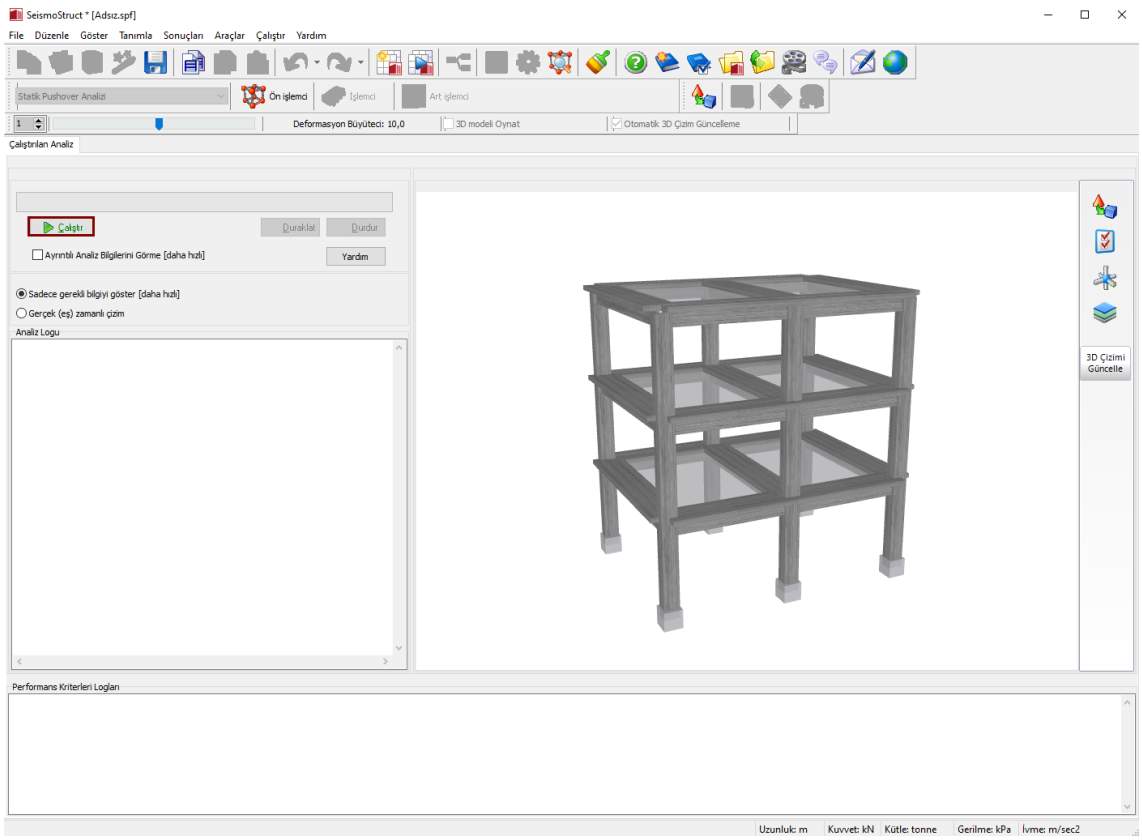
Yeni bir Gerilme Noktası eklenmesi

NOT: Çıktımodülünde, kullanıcılaraanalizle eş zamanlı olarak çizilen yer değiştirme çiziminin ayarlarını değiştirme olanağı da sağlanmıştır. Kullanıcılar buradan istedikleri düğüm noktası ve serbestlik derecelerini seçebilirler. İyi bir gösterim için kullanıcıların varsayılan ayarları değişirmemeleri önerilir. Varsayılan ayarlar; statik analizlerde en üst nokta deplasmanının taban kesme kuvvetine karşı olan grafiği, dinamik analizlerde toplam ötelenmeye (üst ve alt noktalar arasındaki yer değiştirme farkı) karşı zamandır.

İşlemci

Ön İşlemci aşaması tamamlandıktan sonra, kullanıcı analizi çalıştırmak için hazırdır. Analiz çalıştırma işlemi, SeismoStruct içerisindeki **İşlemci** alanından yapılır; bu alana ilintili araç çubuğu düğmesi 

tıklanarak veya ana menü üzerinden *Çalıştır > İşlemci* komutu izlenerek ulaşılır.



İşlemci Alanı

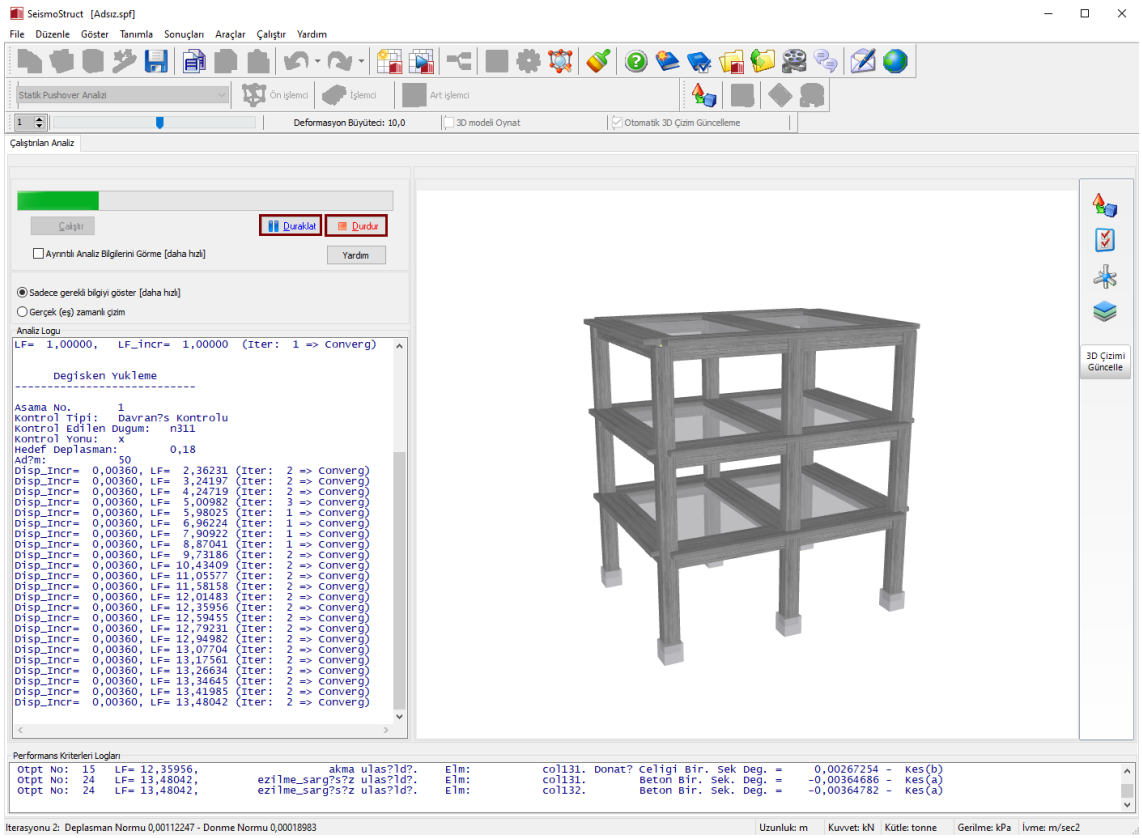
NOT: Aynı anda çalıştırılan, aynı veya farklı yüklemeye (ör: ivme kaydı) tabi olan birden çok modelin aynı proje dosyası (*.spf) içerisine kaydedilmesi hesap süresinde önemli kazanımların elde edilmesini sağlar. Bu durum özellikle, çok büyük sayıda basit modelin çalıştırıldığı durumlarda (ör: Tek serbestlik derecesine sahip ankastre modeller) sonuçların *.srf dosyalarına kayıtları esnasında ortaya çıkar. Ayrıca, sonuçların otomatik işlenmesi elverişli bir(tek bir yük faktörlü) IDA uygulaması yoluyla da mümkündür.

Yapının büyüklüğüne, üzerine etki eden yüklere ve bilgisayarın işlem yapma kapasitesine bağlı olarak analiz süreleri de bir kaç saniye (statik analizler), bir kaç dakika (zaman tanım alanı analizleri), hatta bir kaç saat (karmaşık 3D zaman tanım alanı analizleri) olabilir.

Analiz çalıştırılırken, ekranda beliren *aşama çubuğu* kullanıcıları analizin ne kadarının tamamlandığı konusunda bilgilendirir. Böylelikle, kullanıcılar analizin bekleme süresini kolaylıkla anlayabilir ve çalışma programını ona göre ayarlayabilirler.

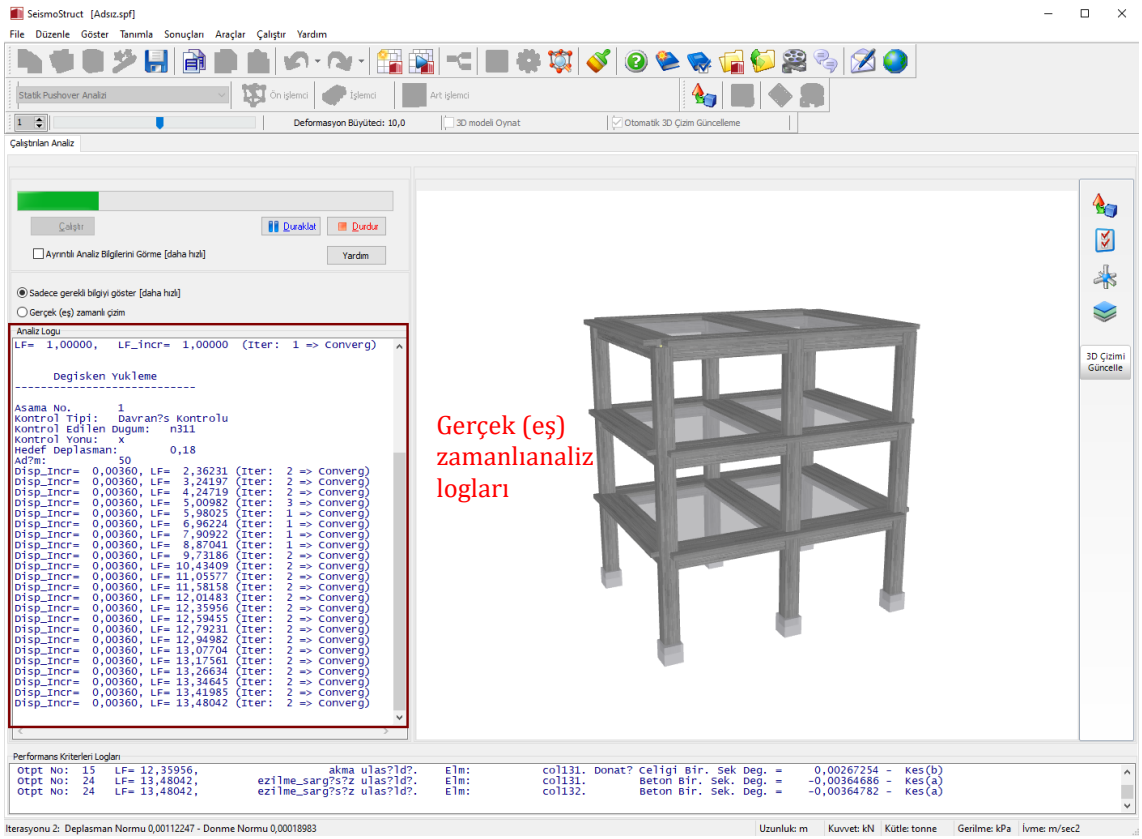
Analiz, (i) herhangi bir öncelikli işlemi gerçekleştirebilmek veya (ii) o anki analiz adımındaki sonuçlara göz atmak için duraklatılabilir (uzun analizlerde aralarda yapılan kontroller analizin verimliliğinin

kontrolü açısından yararlı olur). *Çalıştır* düğmesine tekrar tıklandığında, analiz kaldığı yerden devam eder.



Aşama Çubuğu ve "Duraklat"/"Durdur" düğmeleri

Analiz Log'ları, kullanıcılara (her bir global yük artırımı/zaman adımı için) analiz ilerlemesiyle eş zamanlı olarak yükleme kontrolü ve yakınsama durumu bilgilerini sunar.



Eş (gerçek) zamanlı Analiz Logları alanı

Her bir log, proje ismiyle aynı isme sahip, (*.log) uzantılı bir metin belgesi olup analizin tarihi, zamanı gibi teknik olmayan ama kullanışlı tür bilgiler de içerir. Ayrıca, kullanıcı analiz boyunca kontrol edilecek herhangi bir 'koda dayalı kontroller' veya 'performans kriteri' tanımladıysa, bu kontrolün eş-zamanlı özeti de analiz logu içerisinde yer alır.

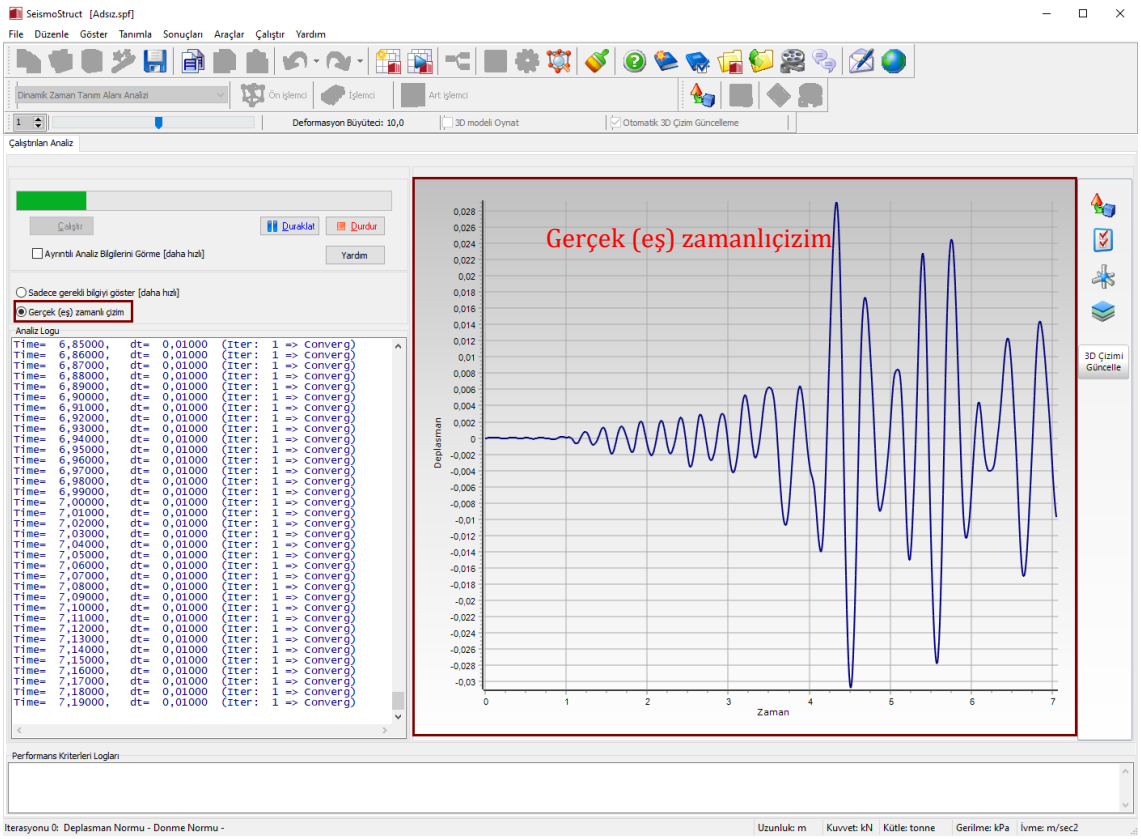
Pencerenin alt kısmında, tanımlanan global yük artırımı sonundaki yakınsama normları gösterilir.

İterasyon2 - Deplasman Normu 4,5543805E-005 - Dönme Normu 1,2813599E-005

Yakınsama normları

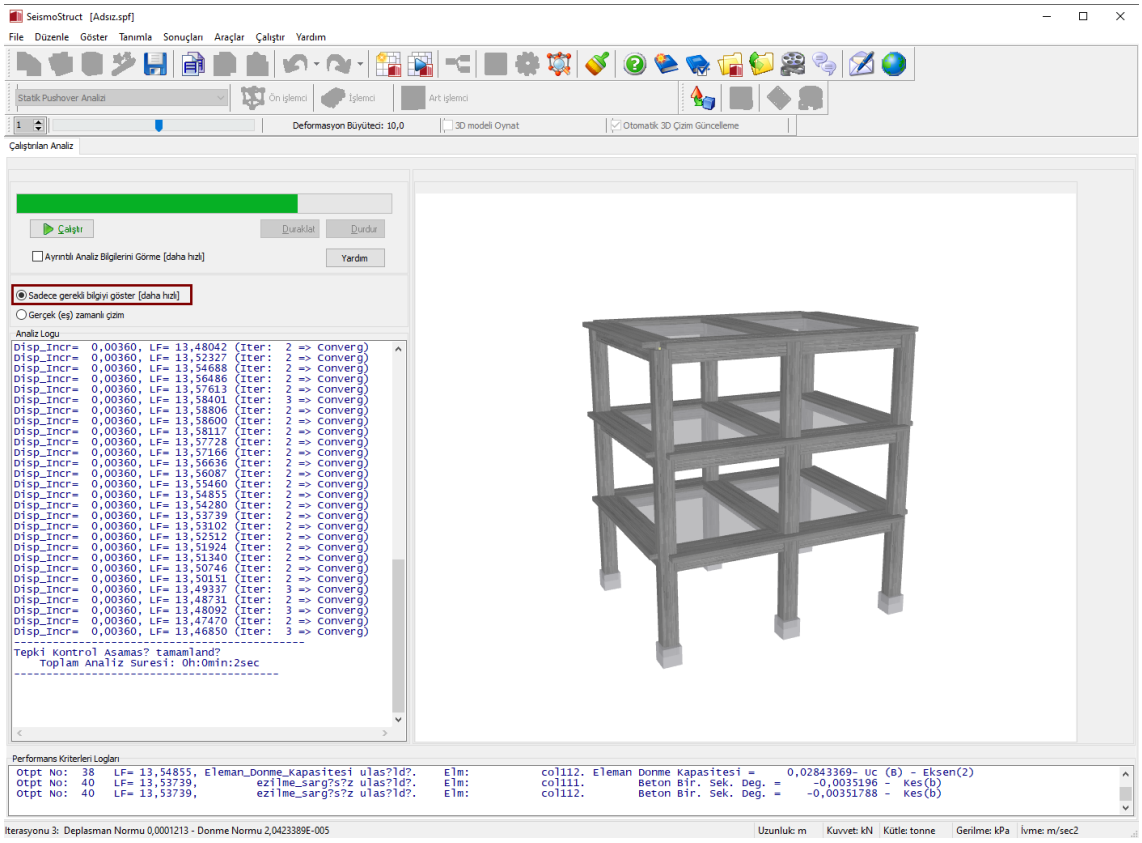
NOT: Bu bilgi, yukarıda tanımlanan Analiz Logları'nda da olduğu gibi, *Proje Ayarları>Elemanlar* içerisinde tanımlanan kuvvete dayalı elemanlardaki bölgesel (lokal) iterasyonları ifade etmez.

Kullanıcılara, **Çıktı** modülünde ön tanımlı olan herhangi bir düğüm noktasına ait serbestlik derecesinin kapasite veya zamana bağlı olarak değişen deplasman değerlerini (zaman tanım alanı analizi) analizle eş-zamanlı (ve aynı zamanda da gerçek-zamanlı) olarak çizdirerek görsel olarak takip etme seçeneği de sunulmaktadır.



Gerçek (eş) zamanlı çizim seçeneği

Bu görselleştirme seçeneği, nispeten yavaş bilgisayarlarda analizi yavaşlatabilir ve analiz süresini artırabilir; Kullanıcılar isterlerse görselleştirme seçeneğini devre dışı bırakabilir ve sadece analiz loglarından ilerlemeyi takip edebilirler.



Sadece gerekli bilginin gösterildiği seçenek

İkincisinin görüntülenmesinin etkisizleştirildiği durumlarda (*Daha Az* düğmesine basarak) işlemci performansı da artar (diğer taraftan modern ve hızlı bilgisayarlarda aradaki fark neredeyse ayırt edilemez).

NOT 1: Analiz başlangıcında kullanıcılar 'Tanımlanan düğümde sıfır değerli diyagonal terimlere rastlandı' uyarısıyla karşılaşabilirler. Bu uyarının anlamı, düğümün ilgili serbestlik dereceleri yönlerinde herhangi bir rijitliğe sahip olmamasıdır (yani düğüm noktasının herhangi bir elemana bağlı olmama veya rijitlik sağlayabilecek herhangi bir 'kısıt' koşuluna sahip olmamasıdır). Böyle bir durum, bilgi dahilinde serbestlik derecelerinin 'serbest' olarak tanımlaması haricinde, modelin bağlantı koşullarında bir hatanın mevcudiyetini belirtir. Kullanıcılar bilgileri dahilinde 'serbest' serbestlik dereceleri tanımlarlarsa, bu uyarıya karşın analize devam edebilirler, yalnız yine de bu durumlarda yakınsama problemlerine daha sık olarak rastlanabilir.

NOT 2: Özdeğer analizi yapılırken, ekranda 'bütün Lanczos vektörleri yeniden ortogonalize edilemedi' uyarısı belirebilir. Bu uyarının anlamı SeismoStruct'ın içerisinde tanımlı özdeğer çözücüsü olan Lanczos algoritmasının yapının en az bir titreşim modunu hesap edememesi anlamına gelir; kaynaklarıysa (i) modelin hatalı yapısal birleşime sahip olması ya da (ii) bağlantı/mafsal, vb. elemanların bulunduğu modellerde sahip olunan karmaşıklık olabilir. Kullanıcılar, modellerini kontrol ettikten sonra herhangi bir hataya rastlamamaları durumunda modeli "basitleştirme" yoluna giderek, özdeğer çözümüne sorunsuz ulaşana kadar karmaşıklığa neden olan unsurları kaldırmalıdırlar. Bu yolla, probleme neden olan öğe daha net anlaşılabilir ve kullanıcılar da nasıl devam edeceklerine karar verebilir. Bu mesaj, genel olarak, çok fazla yapısal titreşim modunun çözümünün istendiği durumlarda meydana gelir, özdeğer çözücüsü tüm modları elde edemez (SD sayısı > mod sayısı olduğu durumlarda da geçerlidir).

NOT 3: Yapıların gerçek zamanlı deformasyon göstermiş geometrilerini (yer değiştirmelerin ya çok büyük ya da çok küçük olmasından ötürü) irdelemek son derece güçtür, bu güçlüğün üstesinden gelmek için kullanıcılar çizim penceresine sağ tıklayarak ilgili Deforme Şekil Çarpanları'nı istenilen şekilde değiştirilebilir. Daha detaylı ayarlamalar için 3D Çizim seçenekleri de kullanılabilir (ör: bazı durumlarda graifk eksenlerinin her seferinde program tarafından güncellenmesi yerine bu eksenlerin sabitlenmesi daha kullanışlı olabilir). Daha fazla detay, öneri ve gerçek-zamanlı gösterim hakkında bilgi için lütfen Deforme Şekil Görüntüleyicisi kısmına göz atınız.

NOT 4: SeismoStruct'ın şu anki sürümü çoklu kullanım kapasitesine sahip değildir, yani bilgisayarda mevcut olan birden çok çekirdeği faydalı bir şekilde kullanamaz. Dolayısıyla, tek bir analizin hızını artırabilmek için CPU hızını (CPU önbellek, önkısım veriyolu taşıma (FSB), RAM, video RAM, ve sabit disk (dönme ve ulaşım) hızlarıyla birlikte) artırmak gerekir. Diğer taraftan birden fazla CPU'ya sahip olunması, aynı anda çalışan birden çok analizin hesap süresini "paralel işlem" kullanarak düşürebilir.

NOT 5: SeismoStruct çıktı dosyasının boyut sınırlaması vardır. Art işlemciden açılabilen maksimum sonuç boyutu 64-bit Windows sistemleri için 4GB, 32-bit Windows sistemleri için 3GB'dir. Daha büyük *.srf dosya çıktılarına sahip analizlerde, SeismoStruct sadece o noktaya kadar olan sonuçları okuyabilir.

NOT 6: Şu ana kadar SeismoStruct'ın asıl önem gösterdiği faktörler kolay kullanımla yüksek teknik kapasitedir, analiz süresi bir nevi feda edilmiştir (umuyoruz ki bu duruma ileride tekrar değineceğiz). Bu koşullar altında, analizin haddinden daha çok zaman almaması için, modelinizde gereğinden fazla eleman, kesit lif (fiber) sayısı, yük adımı veya iterasyon sayısı ile çok sıkı yakınsama koşullarının olmamasını kontrol ediniz.

NOT 7: Nümerik olarak daha az kararlı (stabil) olan Frontal solver (çözücü/çözümleyici) kullanılırken, analiz farklı zaman adımlarında durabilir. Böyle durumlarda kullanıcılar çözücülerini varsayılan olan Skyline solver olarak değiştirmelidirler.

Art İşlemci

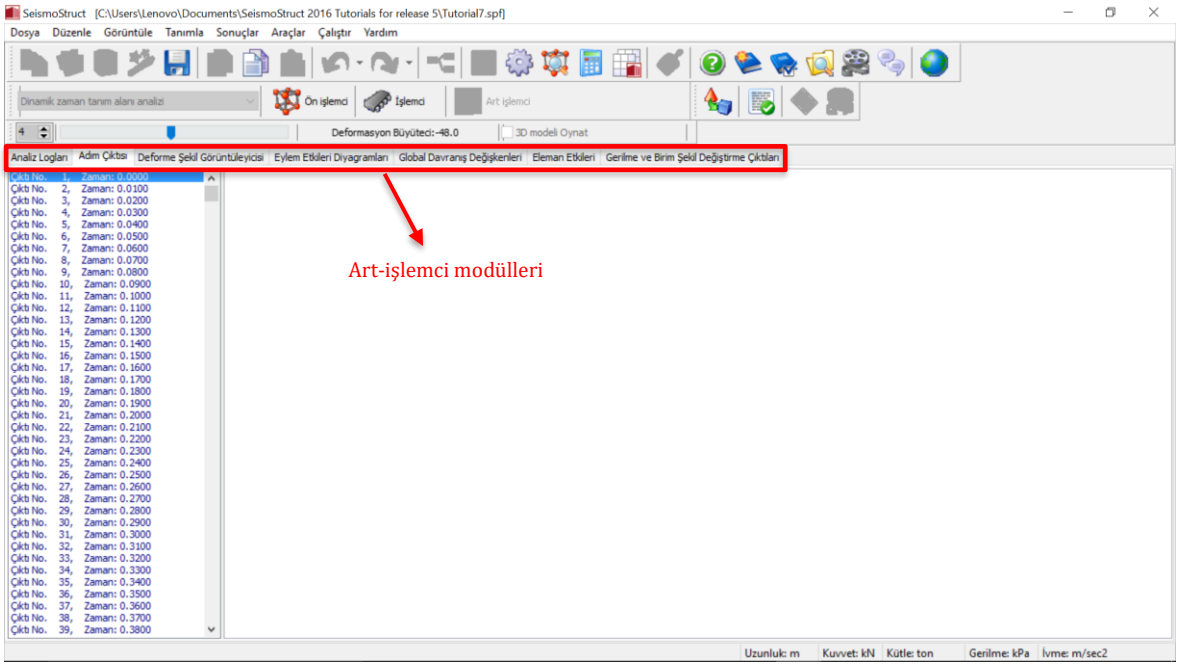
Analiz sonuçları SeismoStruct Sonuç Dosyası'na kaydedilir; sonuç dosyası (*.srf) uzantısına sahip olup proje dosyasıyla aynı isme sahiptir. Bu tür dosyalara çift-tıklanırsa SeismoStruct'ın Ön İşlemci kısmı açılacaktır. Sonrasında, SeismoStruct'ın **Art İşlemci** kısmına ilgili araç çubuğu düğmesi 

aracılığıyla veya ana menüden *Çalıştır > Art İşlemci*'nin seçilmesiyle ulaşılabilir .

Ön İşlemci'ye benzer olarak **Art İşlemci** kısmı da bir seri modül içerir. Bu modüllerde, farklı tipte analizlerin sonuçları tablo halinde veya görsel olarak irdelenebilir ve herhangi bir Windows uygulamasına kopyalanabilir (ör: sonuç tabloları Microsoft Excel dökümanının içerisine kopyalanabilir, görsel sonuçlar kelime işlemcisinin içerisine kopyalanabilir, MS Word). Art İşlemcinin bütün çizimlerinde, maksimum, minimum ve mutlak maksimumun değerlerini görüntüleyen özel bir servis mevcuttur.

Art İşlemci içerisinde yer alan modüller aşağıda sıralandığı gibidir ve ilerleyen paragraflarda açıklanmaktadır:

- Analiz Logları
- Modal/Kütle Nicelikleri
- Hedef Deplasman (Yerdeğiştirme)
- Adım Çıktısı
- Deforme Şekil Görüntüleyicisi
- Yakınsama Problemleri
- Eleman (Eylem) Etkileri Diyagramları
- Koda dayalı Kontroller
- Global Tepki Parametreleri
- Eleman Etkileri
- Performans Kriteri Kontrolleri
- Gerilme ve Birim Şekil Değiştirme Çıktısı
- IDA Zarf Eğrisi



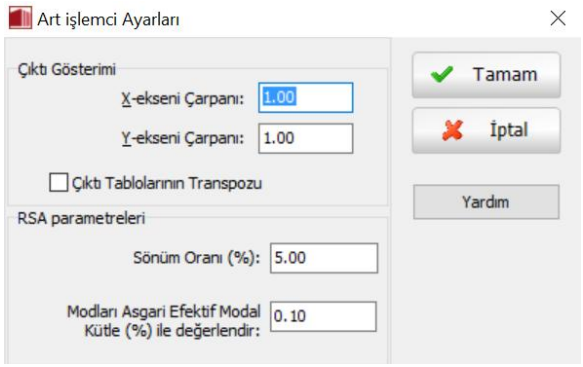
Art İşlemci Modülleri

Tüm Art İşlemci modüllerinde geçerli olan bazı işlemler mevcuttur. Örneğin, model bileşenleri (düğümler, kesitler, elemanlar, vb.), art-işlemci modüllerindeki iletişim kutularında da ön işlemci modüllerinde tanımlandıkları sıradadır. Daha özel bir örnek vermek gerekirse, kullanıcılar düğüm noktalarını ön işlemcide alfabetik tertibe göre sıralamışsa, tüm art işlemci aşağı çekilir menülerinde de alfabetik sırada çıkar; bu özellik bir çok durumda seçimi hızlandırır ve kolaylaştırır. Art işlemci listesindeki düğümleri ve elemanları isme göre sıralama seçeneği, sağ tıkla ortaya çıkan menünün üzerinde mevcut durumdadır.

Ayrıca, bir çok farklı girdinin bulunduğu aşağı çekilen menülerde, erişilmesi istenen girdilere adlarını (veya tanımlayıcılarını) yazmak yoluyla da hızlıca ulaşılabilir.

ART İŞLEMCİ AYARLARI

Genellikle, elde edilmiş sonuçları bir çarpanla değiştirmek çok faydalı olabilir. Örneğin; analiz sonucunda momentler Nmm birimine sahipse ve kullanıcı herşeyi kNm biriminde istiyorsa, elde edilmiş sonuçların hepsini 1e-6 katsayısıyla çarptırabilir. Başka bir örnek de; beton gerilme sonuçlarını -1 ile çarpmak suretiyle gerilme-birim şekil değiştirme sonuçlarını '+/+' tanım alanında çizdirebilirler. Bu iki örneğe benzer durumlarda kullanılabilmek üzere kullanıcılara katsayıları kullanma imkanı sağlanır. Bu işlemin yapılacağı Art-İşlemci Ayarları kısmına *Araçlar > Art-İşlemci Ayarları...* menü seçeneğinden, sağ tıkla beliren menüden veya ilgili araç çubuğu düğmesinden (butonundan) ulaşılabilir .



Art İşlemci Ayarları

Art-İşlemci Ayarları'nda,*Çıktı Tablolarının* tranzpozunu alarak sütunları sıra, sıraları sütun haline getirmek mümkündür. Bu özellik, genellikle, binlerce düğüm noktası/eleman mevcut olan büyük nümerik modellerin çıktılarını Microsoft Excel gibi ortamlara kopyalarken sınırlı kolon sayısı (azami 16384) problemini aşmak için kullanılır; zira örneğin MS Excel'de azami sıra sayısı 1048576 olup; 16384'den çok daha fazladır.

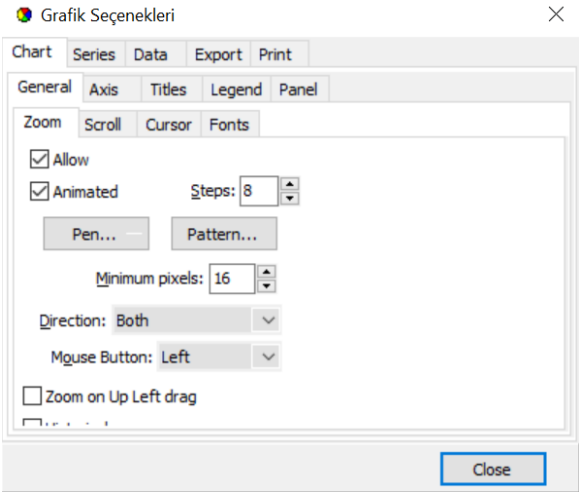
Kullanıcılar, *Art-İşlemci Ayarları*'nda bulunan ve Tepki Spektrumu Analizi (RSA) çerçevesinde dikkate alınan sönümleme ve modlara ait asgari efektif modal kütle değerlerini değiştirebilirler. İlk olarak *Ön İşlemci Ayarları*'nda belirtilen bu iki değer, daha sonra kullanıcıların özel ihtiyaçlarına göre şekillendirdikleri yük kombinasyonlarına uyum sağlamak için *Art İşlemci Ayarları*'ndan da değiştirilebilir.

NOT: Art işlemci, bütün modüllerde yer alır. Kullanıcıların, örneğin, toplam taban kesmesini -1 katsayısıyla çarpmaları durumunda (histerezis çizimleri modülünde y-ekseni), malzeme gerilme değerleri (gerilme-birim şekil değiştirme modülünde y-ekseni) de -1 ile çarpılır.

ÇİZİM SEÇENEKLERİ

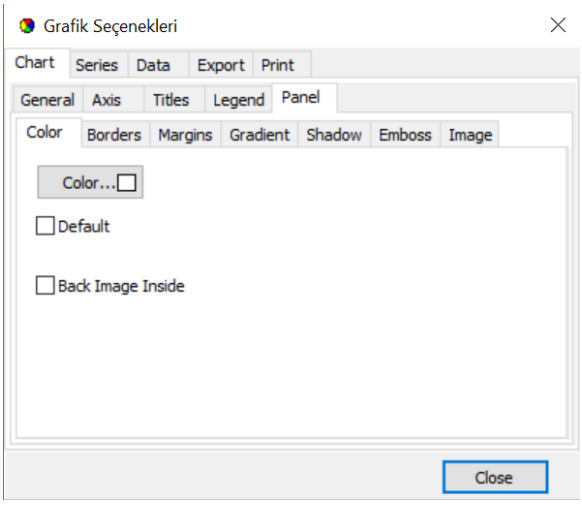
Art İşlemci modlüllerinde bulunan tüm grafikler*Çizim Seçenekleri* servisi kullanarak ayarlanabilir. Bu servise erişim ana menü üzerinden *Araçlar > Çizim Seçenekleri...* komutunun takip edilmesi, araç çubuğundaki düğmesine tıklanması veya sağ tıkla menünün ortaya çıkması yoluyla sağlanabilir.

Kullanıcılar, çizgi özelliklerini (renk, kalınlık, stil, vb.), arkaplan özelliklerini (renk, renk değişimi), eksen özelliklerini (renk, yazı büyüklüğü, etiket stili, vb.) ve başlık özelliklerini değiştirebilirler. Çizim Ayarlarını Kaydet... ve Yük Çizim Ayarları... aracılığıyla, sağ tıkla ortaya çıkan menü üzerinde olan, diğer çizimlere uygulanmak için, çizim ayarları sırasıyla kaydedilebilir ve geri alınabilir.



Çizim Seçenekleri – Genel

NOT: Kullanıcılar, sonuç grafiklerini başka bir Windows uygulamasına kopyalamadan önce arka plandaki renk geçişini kaldırmak isteyebilirler (bu özellik ekranda güzel görünürken, döküman üzerinde çirkin durmaktadır). Bu işlem, Çizim Seçenekleri iletişim kutusundan kolaylıkla gerçekleştirilebilir.



Çizim Seçenekleri – Panel

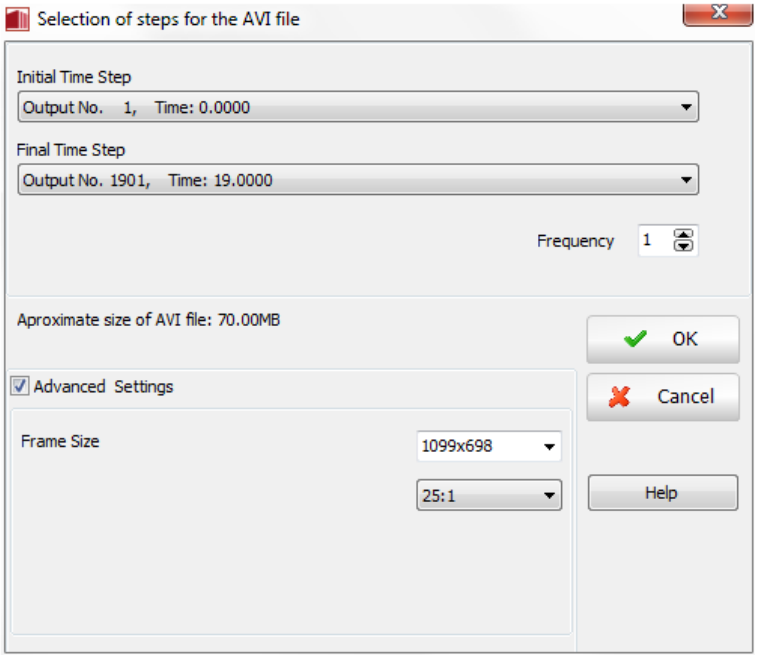
Yakınlaştırma ve uzaklaştırma, farenin grafik alanı üzerinde sürüklenmesiyle gerçekleştirilebilir (sol-üstten sağ-alta olan hareket yaklaştırır, sağ-alttan sol-üste olan hareket uzaklaştırır).

Analize Ait Film Oluşturulması

SeismoStruct, kullanıcılarına modellemiş oldukları yapının tanımlı yük seti altında zamana (dinamik analiz) veya zaman benzerine (statik analiz) bağlı deformasyonunu animasyon olarak oluşturma özelliği sunmaktadır. Ayrıca, kullanıcılar Özdeğer Analizi sonucunda elde edilen yapı titreşim mod

şekillerinin animasyonlarını da elde edebilirler. Bu özelliğe program ana menüden (*Araçlar > AVI Dosyası Oluştur....*) veya ilgili araç çubuğu düğmesinden ulaşılabilir.

Statik ve dinamik analiz animasyonlarında kullanıcıların video dosya ismini (*.avi), başlangıç ve bitiş deforme şekillerini ve görsel seçim sıklıklarını tanımlamaları gerekmektedir. Anlaşılabileceği üzere, sıklık sayısı düştükçe (yani sıklık arttıkça), filmin oluşturulmasında daha fazla görsel kullanılır ve video kalitesi sürekliliği bakımından artar. Diğer taraftan oluşturulan video dosyası boyutu da büyür. Tanımlanabilecek en küçük sıklık sayısı 1 olup, bu durum film oluşturulması aşamasında tüm deforme şekil adım çıktıları kullanılır.

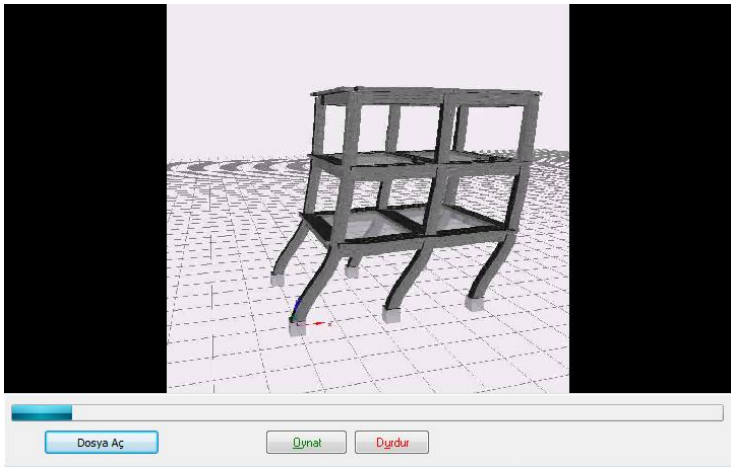


AVI dosyası için adımların seçimi

Kullanıcının, yapının titreşim mod hareketini görselleştirmek istemesi halinde, modun tekerrür sayısını (yani modal gösterimin kaç kere kendini tekrar edeceğini) ve her bir tekrardaki görüntü/çerçeve sayısını tanımlaması gerekmektedir. Anlaşılacağı üzere, çerçeve sayısı artarsa görselin kalitesi artar fakat video dosyası boyutu da artar.

Animasyon oluşturmadan önce kullanıcılara 3D Çizim'i kendi ihtiyaç ve tercihlerine göre ayarlamaları tavsiye edilir. Zira, bu ayarlar filmin de görünümü ve dokusunu yansıtacaktır. Özellikle belirtilmelidir ki, film yapım aşamasında çizim eksenleri otomatik olarak güncellenmez. Bu sebepten ötürü kullanıcıların, film oluşturulma işleminden önce, eksen değerlerini ihtiyaç duyulan azami değerler olarak tanımlamaları gerekir. Eksen değer ayarları, deformasyonların en büyük olduğu andaki deforme şekile bakarak ya da eksen özelliklerini el ile değiştirerek yapılabilir (*3D Çizim Seçenekleri* kullanılır).

Görsel oluşturulduktan sonra, ilgili görselin yeterliliğine SeismoStruct içerisinde ekli olan AVI Göstericisi yoluyla karar verilebilir. AVI Gösterici'ye program ana menüsünden (*Araçlar > AVI Dosyası Göster*) veya ilgili araç çubuğu düğmesinden ulaşılabilir.



SeismoStruct AVI Göstericisi

SeismoStruct tarafından oluşturulan tüm video dosyaları (AVI dosyaları) herhangi başka bir Windows uygulaması (Windows Media Player veya Microsoft Power Point-dosyaların potansiyel sunumlardaki dahiliyeti bakımından muhtemelen daha önemli bir konuma sahiptir) tarafından da oynatılabilir.

ANALİZ LOGLARI

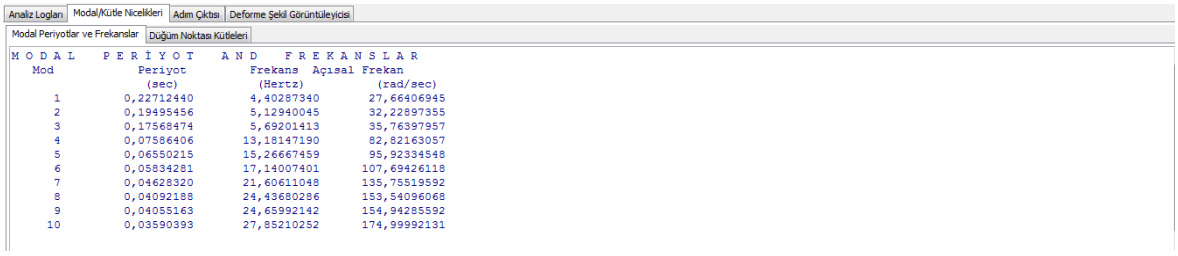
İşlemci içerisinde de izah edildiği üzere, analiz ilerleyişi ve modelin performans davranışı (*.log) uzantılı proje log dosyasına kaydedilir. Bu dosya **Analiz Logları** modulünde görüntülenebilir ve istenirse herhangi bir Windows uygulamasına kopyalanabilir.

Ulaşılması istenmesi durumunda, son yapılan analizin tarih ve zamanı da log dosyasının içerisine kaydedilmektedir.

MODAL/KÜTLE NİCELİKLERİ

ÖNEMLİ: Bu modül, özdeğer veya adaptif itme analizlerinin çalıştırıldığı durumlarda meydana çıkar. Hedef yerdeğiştirme hesaplanırken, İtme analizi yerine, farklı bir ad olan 'Özdeğer Sonuçları' olarak da gösterilmektedir.

Modal/Kütle Nicelikleri modulü;(i) genel özdeğer sonuçlarının (ör: her bir modun doğal titreşim periyodu, mod katılım faktörleri, efektif modal kütleler) ve (ii) düğüm noktası kütlelerinin özetini sunar. Özetlenen bu değerler sağ tıklamayla beliren menüden kolaylıkla bir metin düzenleyiciye kopyalanabilirler.

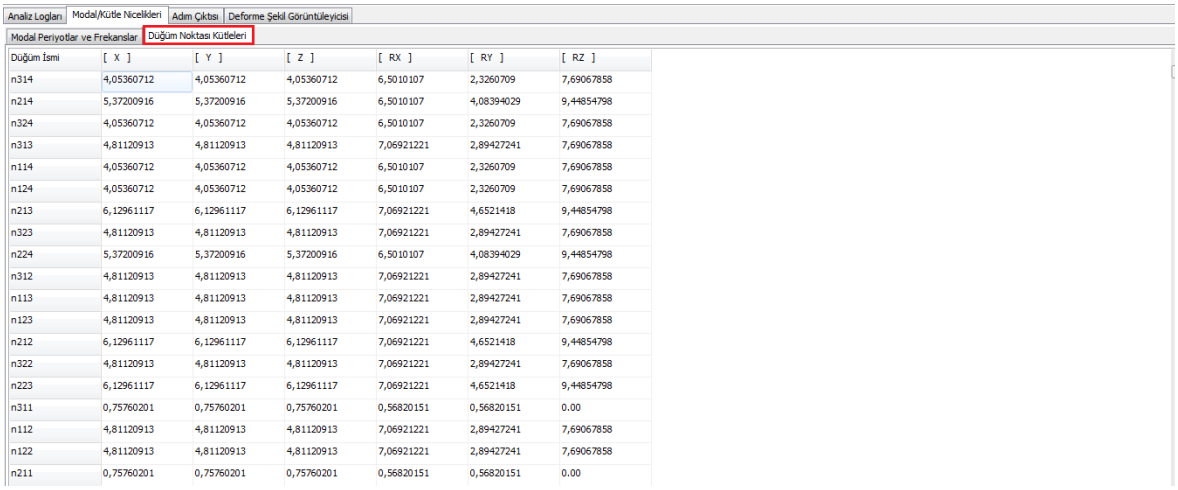

Analiz Logları | Modal/Kütle Nicelikleri | Adım Çıktısı | Deforme Şekil Görüntüleyicisi

Modal Periyotlar ve Frekanslar | Düğüm Noktası Kütleleri

MODAL PERİYOT AND FREKANSLAR

Mod	Periyot (sec)	Frekans (Hertz)	Açısal Frekan (rad/sec)
1	0,22712440	4,40287340	27,66406945
2	0,19495456	5,12940045	32,22897355
3	0,17568474	5,69201413	35,76397957
4	0,07586406	13,18147190	82,82163057
5	0,06550215	15,26667459	95,92334548
6	0,05834281	17,14007401	107,69426118
7	0,04628320	21,60611048	135,75519592
8	0,04092188	24,43680286	153,54096068
9	0,04055163	24,65992142	154,94285592
10	0,03590393	27,85210252	174,99992131

Modal/Kütle Nicelikleri Modülü – Modal Periyotlar ve Frekanslar



Analiz Logları | Modal/Kütle Nicelikleri | Adım Çıktısı | Deforme Şekil Görüntüleyicisi

Modal Periyotlar ve Frekanslar | Düğüm Noktası Kütleleri

Düğüm İsmi	[X]	[Y]	[Z]	[RX]	[RY]	[RZ]
n314	4,05360712	4,05360712	4,05360712	6,5010107	2,3260709	7,69067858
n214	5,37200916	5,37200916	5,37200916	6,5010107	4,08394029	9,44854798
n324	4,05360712	4,05360712	4,05360712	6,5010107	2,3260709	7,69067858
n313	4,81120913	4,81120913	4,81120913	7,06921221	2,89427241	7,69067858
n114	4,05360712	4,05360712	4,05360712	6,5010107	2,3260709	7,69067858
n124	4,05360712	4,05360712	4,05360712	6,5010107	2,3260709	7,69067858
n213	6,12961117	6,12961117	6,12961117	7,06921221	4,6521418	9,44854798
n323	4,81120913	4,81120913	4,81120913	7,06921221	2,89427241	7,69067858
n224	5,37200916	5,37200916	5,37200916	6,5010107	4,08394029	9,44854798
n312	4,81120913	4,81120913	4,81120913	7,06921221	2,89427241	7,69067858
n113	4,81120913	4,81120913	4,81120913	7,06921221	2,89427241	7,69067858
n123	4,81120913	4,81120913	4,81120913	7,06921221	2,89427241	7,69067858
n212	6,12961117	6,12961117	6,12961117	7,06921221	4,6521418	9,44854798
n322	4,81120913	4,81120913	4,81120913	7,06921221	2,89427241	7,69067858
n223	6,12961117	6,12961117	6,12961117	7,06921221	4,6521418	9,44854798
n311	0,75760201	0,75760201	0,75760201	0,56820151	0,56820151	0.00
n112	4,81120913	4,81120913	4,81120913	7,06921221	2,89427241	7,69067858
n122	4,81120913	4,81120913	4,81120913	7,06921221	2,89427241	7,69067858
n211	0,75760201	0,75760201	0,75760201	0,56820151	0,56820151	0.00

Modal/Kütle Nicelikleri Modülü – Düğüm Noktası Kütleleri

SeismoStruct'ta, düğümlerin her bir serbestlik derecesinde (ötelenme ve dönme) bulunan kütleler bir tablo halinde özetlenir. Herhangi bir düğüm noktası için dönel kütle, kullanıcı tarafından tanımlanan dönel kütleyle o düğüm noktasına ait olan ötelenme kütlesinin model ağırlık merkezine uzaklığının karesinin çarpımının toplanması yoluyla elde edilir.

Mod Katılım Faktörleri ($L_n=\Phi_n^T*M$ / $M_n=\Phi_n^T*M*\Phi_n$), dikkate alınan "*n*" modunun yapı dinamik davranışını ne kadar kuvvetli etkilediğini belirtir. Öte yandan, mod şekilleri (Φ_n) farklı şekillerde normalize edilebileceğinden dolayı, modal katılım faktörleri'nin mutlak büyüklükleri kendi başlarına bir önem arz etmez; modların birbirlerine olan göreceli katılım faktörleri asıl önemi taşır [Priestley et al., 1996].

Yukarıdaki nedenden dolayı mühendisler, özellikle deprem hareketine maruz kalan yapılarda, yapının modlarının dinamik davranışa olan etkisini efektif modal kütle ($m_{eff,n}=L_n^2/M_n$) yoluyla değerlendirirler. Buradaki $m_{eff,n}$ toplam kütle olan M'nin "*n*" modu tarafından ne kadarının harekete geçirildiğini gösterir; yüksek efektif modal kütleye sahip olan modlar davranışa daha fazla katkı sağlarlar.

NOT 1: Modal analiz ve ilgili parametreler hakkında daha fazla bilgiye sahip olabilmek için kullanıcıların ilgili referanslara göz atmaları önerilir [e.g. Clough and Penzien, 1993; Chopra, 1995].

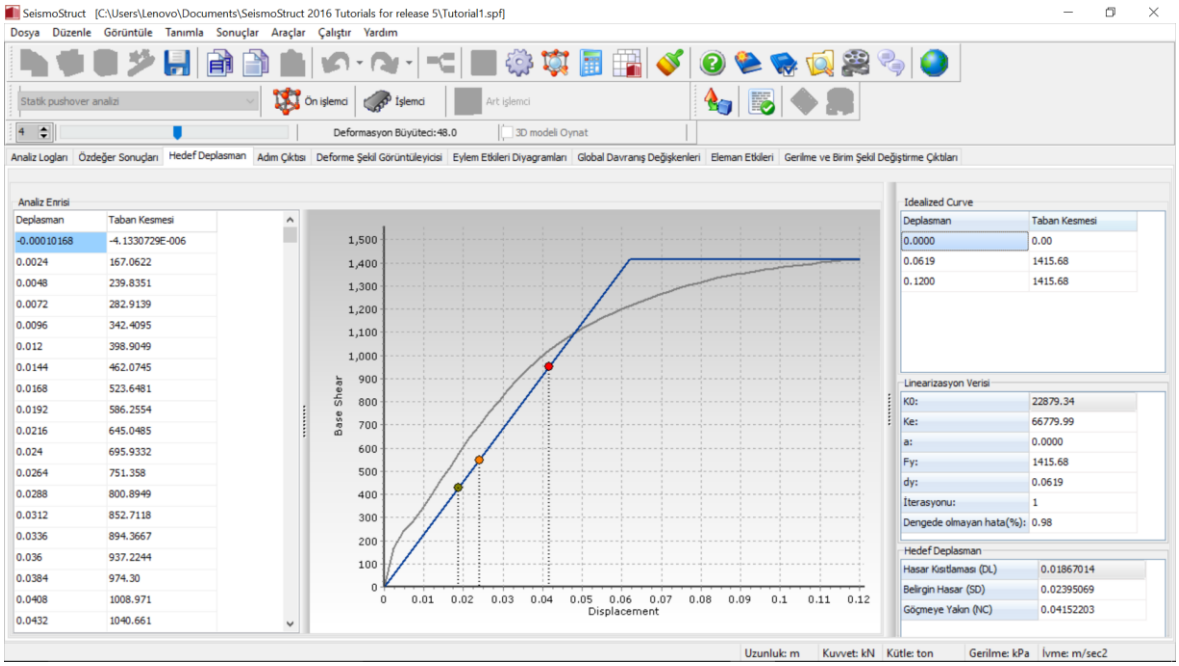
NOT 2: Mod şekilleri Φn=1 olacak şekilde normalize edilmiştir.

NOT 3: Dönmeleriçingeçerliolan Mod Katılım Faktörleri (Modal Participation Factors-MPF), aşağıda belirtilen dönüşüm matrisi kullanılarak hesaplanır (x_0, y_0, z_0 kütle merkezinin koordinatlarıdır), bu durumda modal hareket faktörü $L_n=\Phi_n^T*M*T_i$ şeklini alır.

$$T_i = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & (z-z_0) & -(y-y_0) \\ 0 & 1 & 0 & -(z-z_0) & 0 & (x-x_0) \\ 0 & 0 & 1 & (y-y_0) & -(x-x_0) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

HEDEF DEPLASMAN (YER DEĞİŞTİRME)

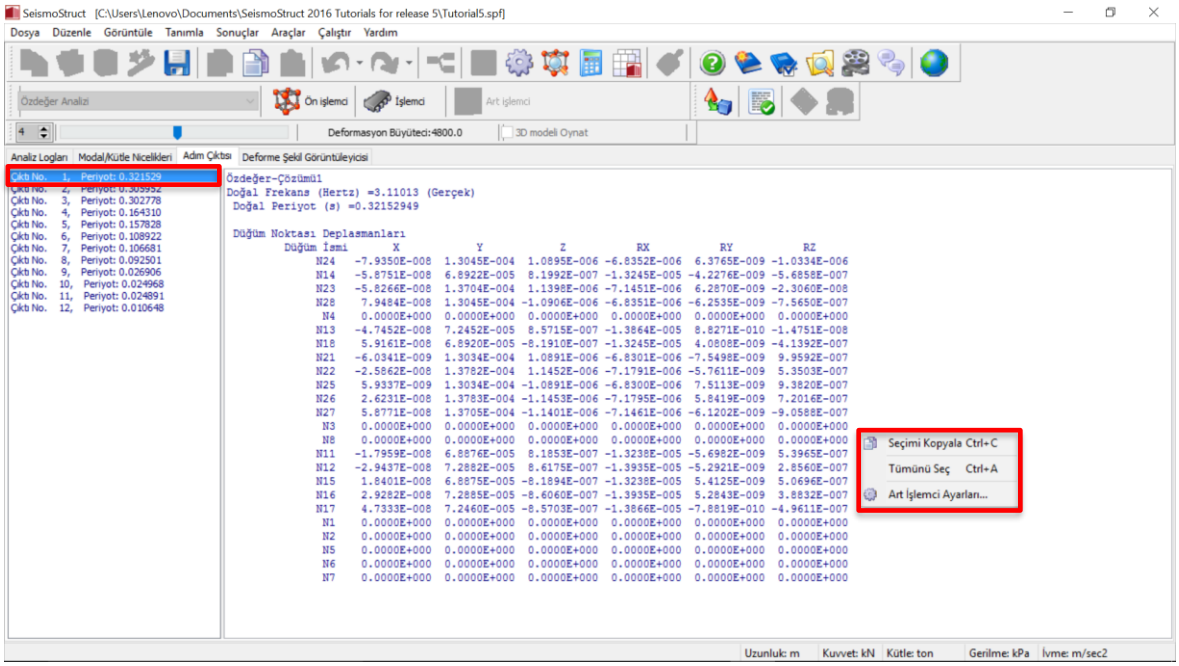
Linearizasyon öncesi ve sonrası kapasite eğrileri, Hedef Deplasman içerisinde, seçilen limit durumlar için hesaplanan hedef yerdeğiştirmeler ile birlikte gösterilmektedir. Burada, linearizasyon ve hedef yerdeğiştirme hesapları hakkında veriler de sağlanmaktadır. Linearizasyon prosedürü her zaman seçilen kod tarafından önerilen yönteme uygun olarak yürütülmektedir. Hedef deplasmanın hesabı hakkında daha ayrıntılı bilgi almak isteyen kullanıcılar, Ek - H'ye bakabilirler.



Hedef Deplasman Modülü

ADIM ÇIKTISI

Bu art-işlemci modülü tüm analiz tiplerinde geçerli olup SeismoStruct tarafından belirli bir analiz adımında elde edilen tüm analitik sonuçları (düğüm noktası deplasman/dönmeleri, mesnet tepkileri, eleman kuvvet/momentleri, eleman gerilme ve birim şekil değiştirmeleri) metin bazlı çıktı olarak sunar. Adım çıktısının bir kısmı veya hepsi üzerinde yapılacak olan herhangi bir düzenleme/değişiklik metin düzenleyicilerine kopyalanabilir. Kopyalama işlemi klavye kısa yolları, araç kutusu düğmeleri ve sağ-tıkla açılan menüler vasıtalarıyla gerçekleştirilebilir.



Adım Çıktısı

Kullanıcılar, içeriği kopyalayıp yapıştırmak yerine, ilgili başlangıç-bitiş adımlarını ve adım aralığını belirtip, *Metin Dosyası Olarak Dışa Aktar* servisini kullanarak da aynı işlemi gerçekleştirebilirler. Bu özelliğe ilgili araç çubuğu düğmesinden ulaşılabilir .

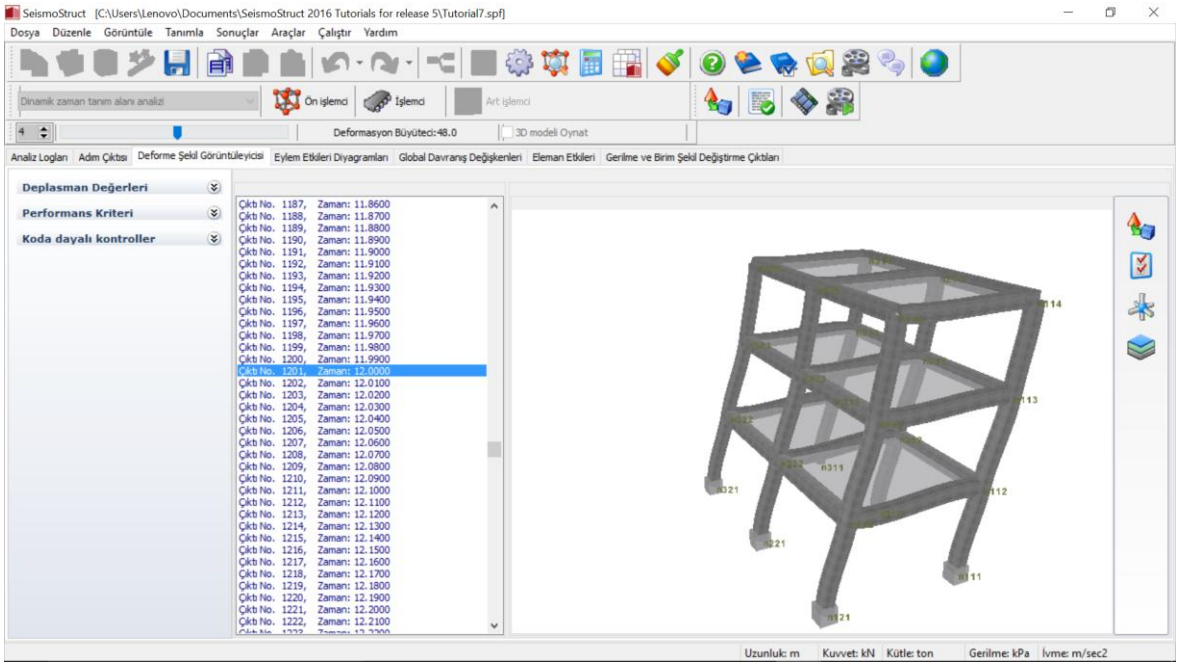
Proje Ayarları > Genel içerisinde belirtildiği üzere; kullanıcılar her analiz bitiminde (*.out) uzantılı bir metin belgesi oluşturarak, içerisine bu modülde sunulmakta olan analiz sonuçlarını yazdırabilirler. Bu özellik, kullanıcı tarafından tasarlanan art-işlemcilerin kullanılması durumunda yararlı olmaktadır.

NOT 1: İtme ve zaman tanım alanı analizi başlangıcındaki kalıcı yüklere dair çıktılar, her zaman denge koşullarının sağlandığı adım sonunda elde edilen değerlerdir. Genellikle bu tip yüklerin dengelenmesi için tek artırım ve iterasyon yeterli olsa da bazı özel durumlarda birden fazla iterasyon gerekebilir (özellikle kalıcı yüklerin çok büyük olduğu durumlar). Ara basamakları da görüntülemek isteyen kullanıcılar, böyle bir çıktının sağlanmakta olduğu değişken olmayan statik yükleme analiz tipini seçmelidir.

NOT 2: Elastik çerçeve elemanlarının (elfrm) adım çıktıları her zaman elastik olmayan (inelastik) çerçeve elemanlarınınkinden (infrm, infrmPH) daha sonra sıralanır.

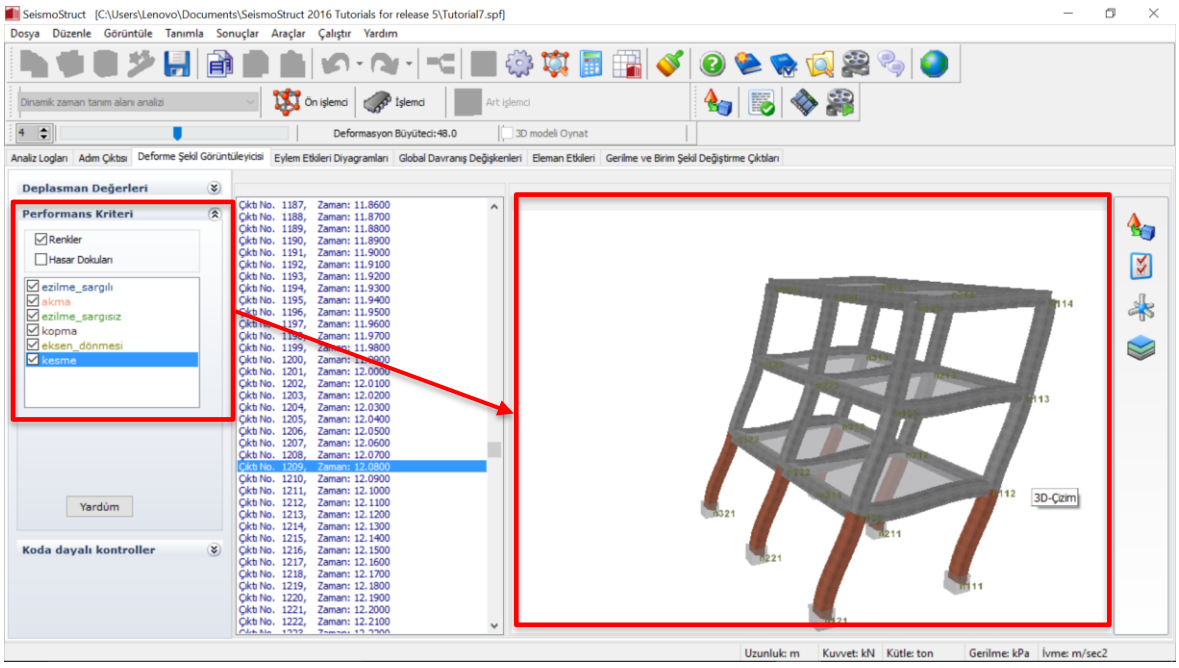
DEFORME ŞEKİL GÖRÜNTÜLEYİCİSİ

Deforme Şekil Görüntüleyicisi, kullanıcılara her bir analiz adımındaki deformasyon göstermiş geometriyi görsel olarak inceleme imkanı sunarak (istenilen çıktı ismine/tanımlayıcısınatıklanarak deforme şekil güncellenir); deformasyon, mekanizma ve göçme gelişiminin kolaylıkla takip edilmesi imkanı sağlar.

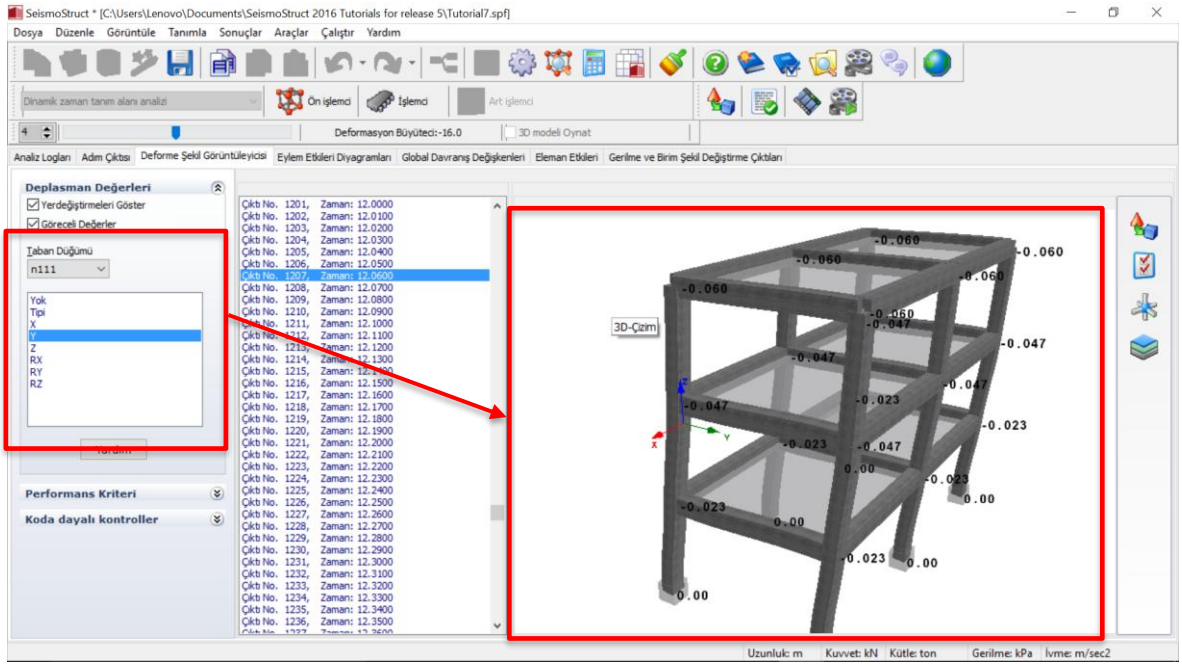


Deforme Şekil Görüntüleyicisi

Bu modülde *Performans Kriteri* seçilerek plastik mafsalların/hasar yerlerinin gösterilip gösterilmeyeceği ve bu elemanların renkler ve/veya hasarlı dokular vasıtası ile görülüp görülemeyeceğinin seçilmesi yoluyla, yapıda belirli performans kriterinin aşıldığı bölgelerin görüntülenerek takibi de mümkündür. Ayrıca, istenirse ilintili kutucuğun işaretlenmesi yoluyla deplasman değerleri de görüntülenebilir.

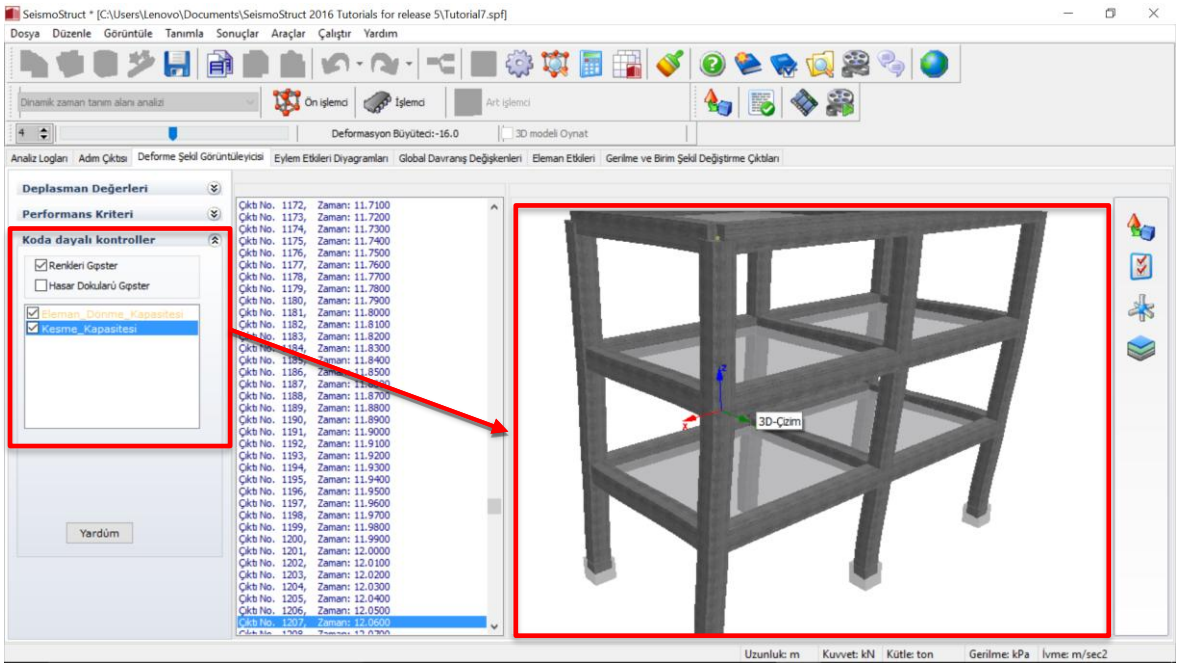


Deforme Şekil Görüntüleyicisi – Performans Kriterlerigösterimi seçeneği



Deforme Şekil Görüntüleyicisi – Deplasman değerleri görünümü seçeneği

Son olarak, belirli bir koda dayalı kontrolde kapasitelerini aşan elemanlar, Koda dayalı Kontroller seçeneği seçilerek plastik mafsalların/hasar yerlerinin gösterilip gösterilmeyeceği ve bu elemanların renkler veya hasarlı dokular vasıtası ile görülüp görülemeyeceğini seçilerek görselleştirme yapılabilir.



Deforme Şekil Görüntüleyicisi – Koda dayali kontroller

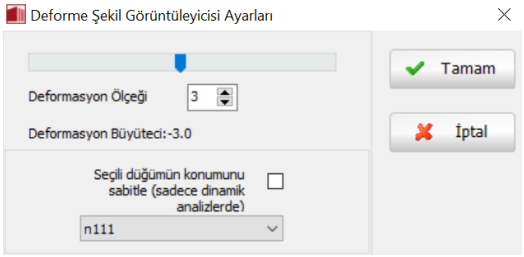
Deforme geometri çizimi *3D Çizim seçenekleri* vasıtasıyla istenildiği gibi özelleştirilebilir ve *3D Çizimi Kopyala* özelliğinin kullanılması yoluyla herhangi bir Windows uygulamasına kopyalanabilir. Analizle eş-zamanlı (ve gerçek-zamanlı) deforme geometrinin algılanmasının güç olduğu (deplasmanların çok küçük veya çok büyük olduğu) durumlarda *Deforme Şekil Çarpanları* özelliği kullanılabilir. Kullanıcılar,

Deforme Şekil Çarpanları'na sağ-tıkla beliren menüden, ana menüden (*Araçlar > Deforme Şekil Ayarları...*) veya ilgili araç çubuğu düğmesinden ulaşabilirler.

Ayrıca, dinamik analiz'in çalıştırıldığı durumlarda; kullanıcılar *Seçili düğümün konumunu sabitle* seçeneğiyle, mühendislik uygulamalarında asıl önemi arzeden relatif yapısal deplasmanlara ulaşabilirler. Bu özelliğin çalışabilmesi için 'seçilen nokta' model tabanında yer almalıdır; *Sihirbaz* tarafından oluşturulan modellerde, bu düğüm noktası 'n111' olarak seçilir (aşağıya bakınız).

Bazı durumlarda, yapıların temel düzeyindeki düğüm noktalarının katı cisim yer değiştirmeleri mantık dışı büyüklükte olabilir. Bu durum, ivme-zaman kaydının çift integrali sonucu oluşan ve giderek büyüyen hataya bağlıdır; zira integrasyon esnasında yer hareketine herhangi bir eksen kayması düzeltmesi veya Fourier filtrelemesi uygulanmaz. Mantıklı sonuçlara ulaşabilmek için bir takım düzeltmelerin yapılması gereken durumlarda, analiz sonuçlarının değerlendirilmesinden önce, gereğinin yapılması şiddetle önerilir.

ÖNEMLİ: Kullanıcıların, dinamik analiz sonuçlarını irdelerken, her zaman bu seçenekten yararlanmaları önemle tavsiye edilir.

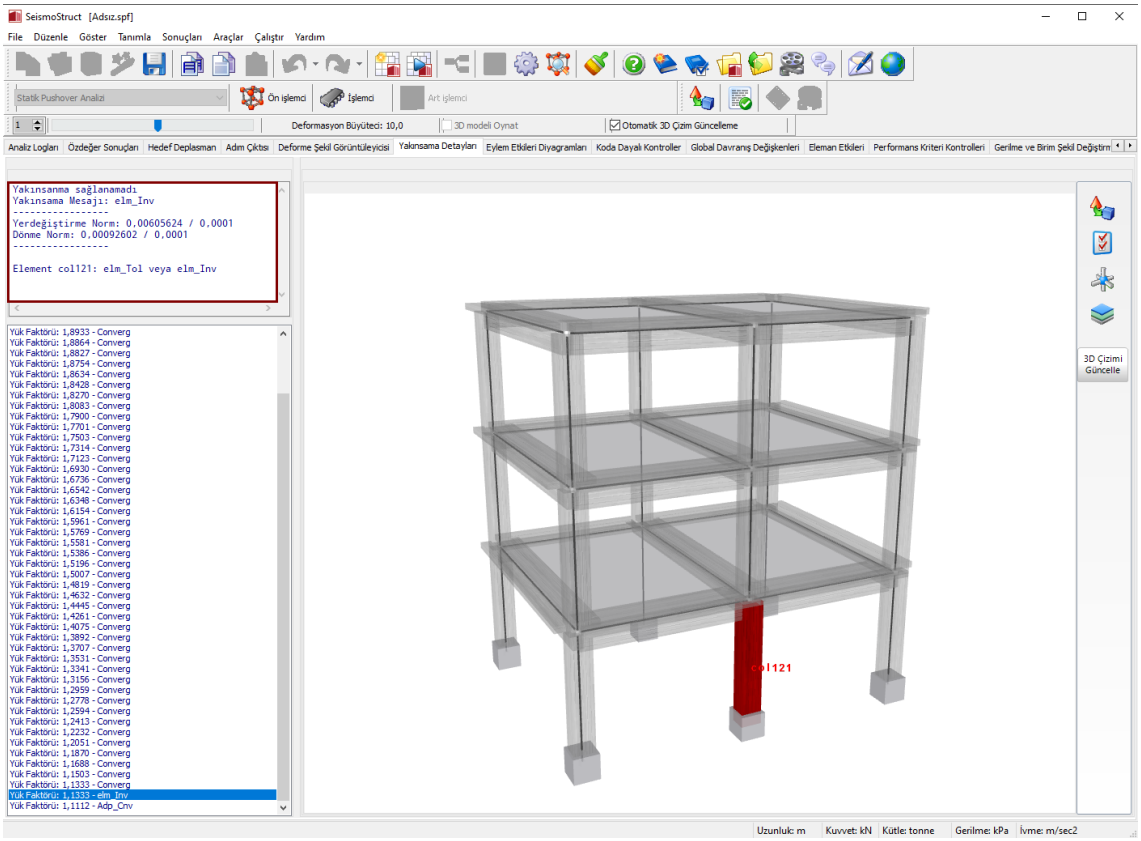


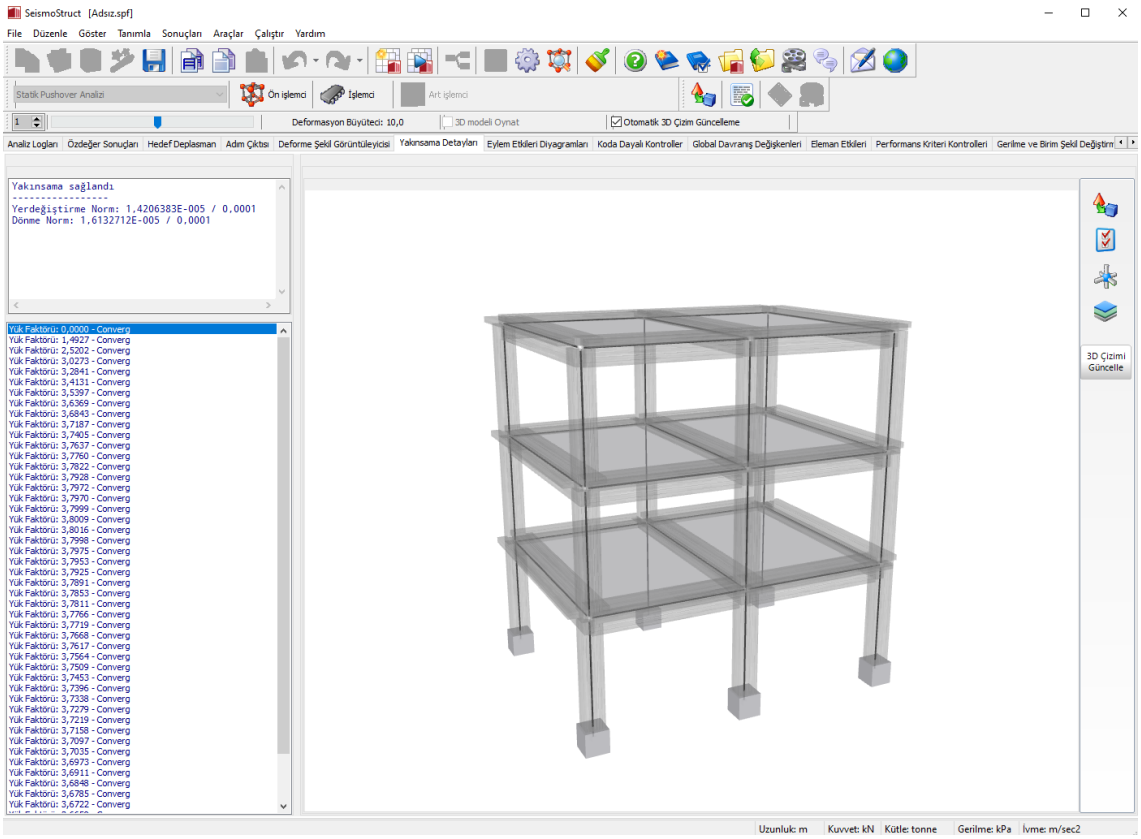
Deforme Şekil Ayarları

NOT: Deforme şekil çizimlerinin ulaşılabilir olması için düğüm noktası davranış parametrelerinin tüm yapısal düğüm noktası çıktılarının istenmiş ve alınmış olması gerekmektedir (bknz. Çıktı modülü). Aksi takdirde, Art İşlemci çizimi hazırlamak için yeterli bilgiye sahip olamaz.

YAKINSAMA PROBLEMLERİ

Yakınsama sorunları ortaya çıktığında, kullanıcılar sapan çözümlere neden olan unsurlar hakkında bilgilendirilebilir. Yakınsama sorunlarına neden olan yapının elemanları veya konumları 3D görünüm formatında işaretlenirken sapmanın türü hakkında bilgi (yakınsama normlarının değeri ve sınırları, sapma mesajı ve karşılık gelen elemanlar veya düğümler) ekranın sol üst köşesinde görüntülenir.



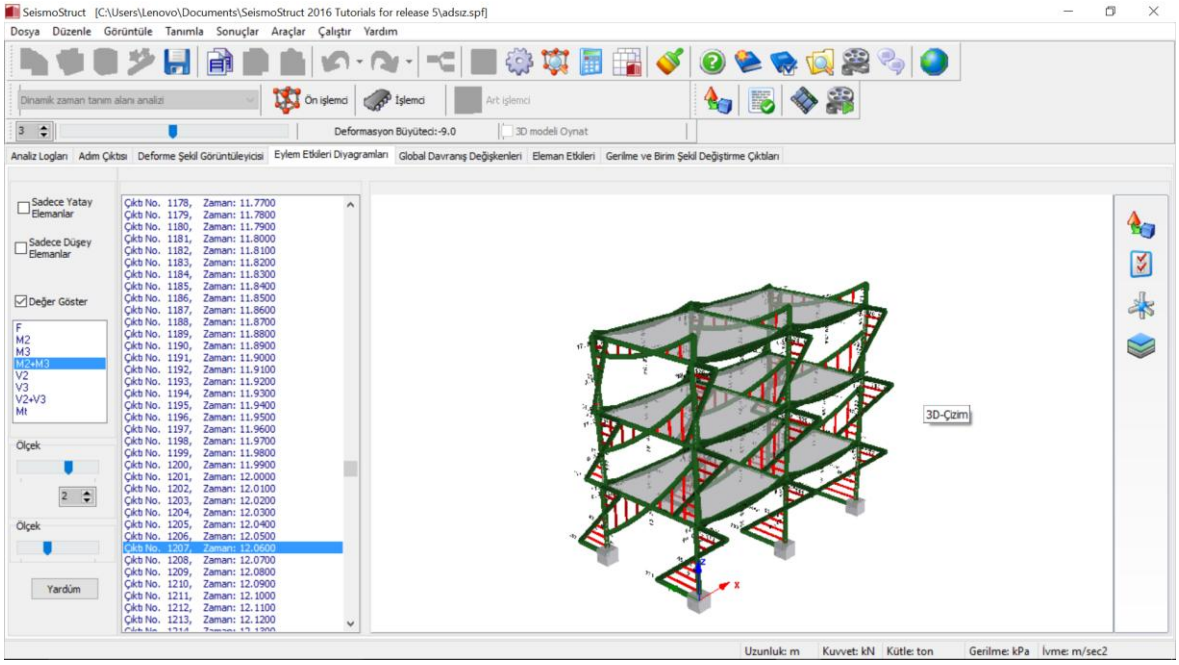


Yakınsama Problemleri

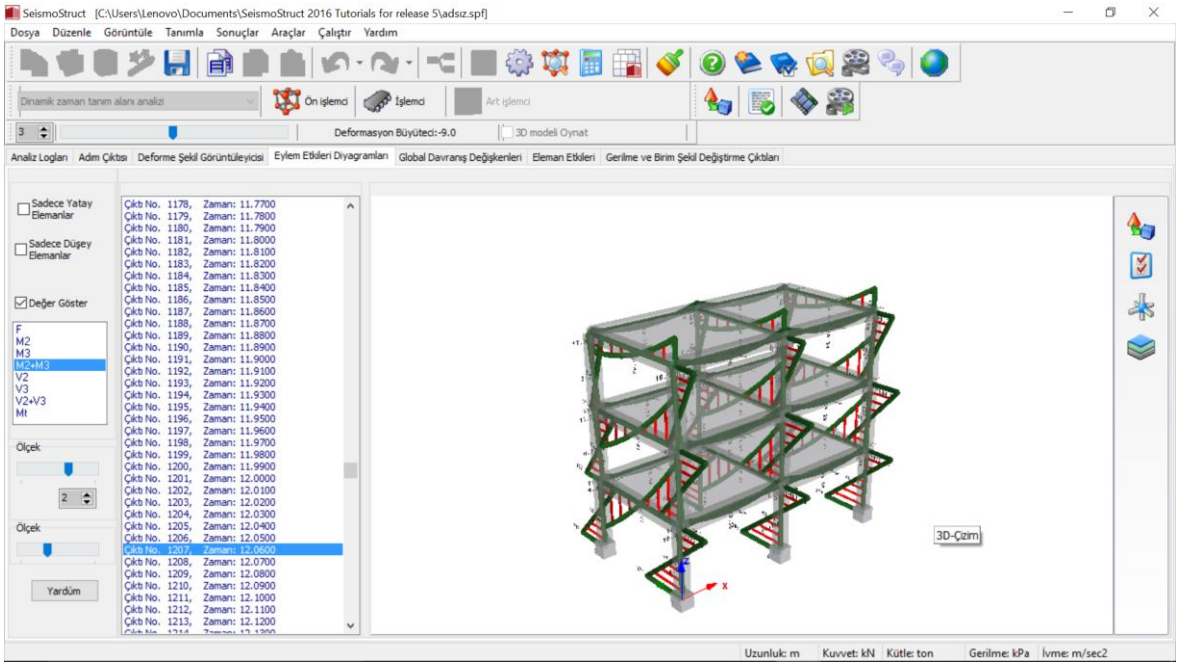
NOT: Kullanıcılar, Art İşlemcide Yakınsama Sorunları sekmesini görüntüleyebilmek için Proje Ayarları > Yakınsama Kriterleri'nde yakınsama zorluklarını Art İşlemcide gösterme seçeneğini etkinleştirmelidir.

ELEMAN (EYLEM) ETKİLERİ DİYAGRAMLARI

Çerçeve elemanlarda meydana gelen kesit kuvvet ve moment diyagramları 3D olarak gösterilir. Düşey ve yatay elemanların diyagramları aynı çizim içeriside yer alır. Kullanıcıların yatay ve düşey eleman diyagramlarını ayrı çizdirmek istemeleri durumunda, ilgili onay kutusunu işaretlemeleri gereklidir.Çizgilerin kalınlığı ve diyagram ölçeklendirme olanağı da mevcuttur.

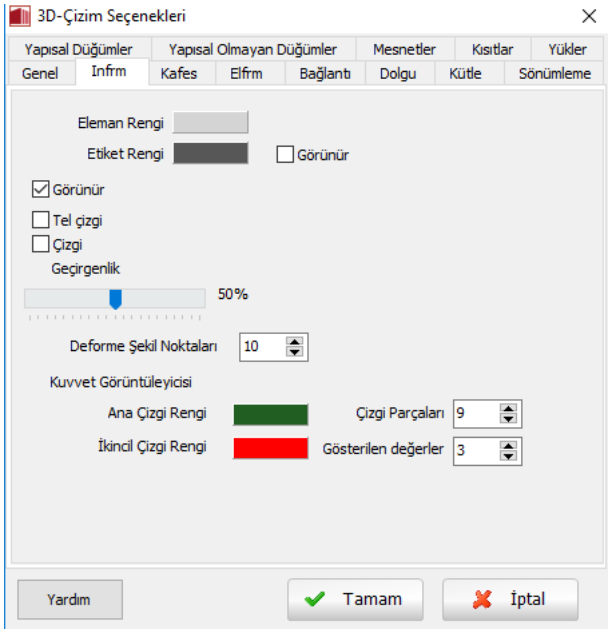


Eleman Etkileri Diyagramları (Çizgi Elemanlar ile)



Eleman Etkileri Diyagramları

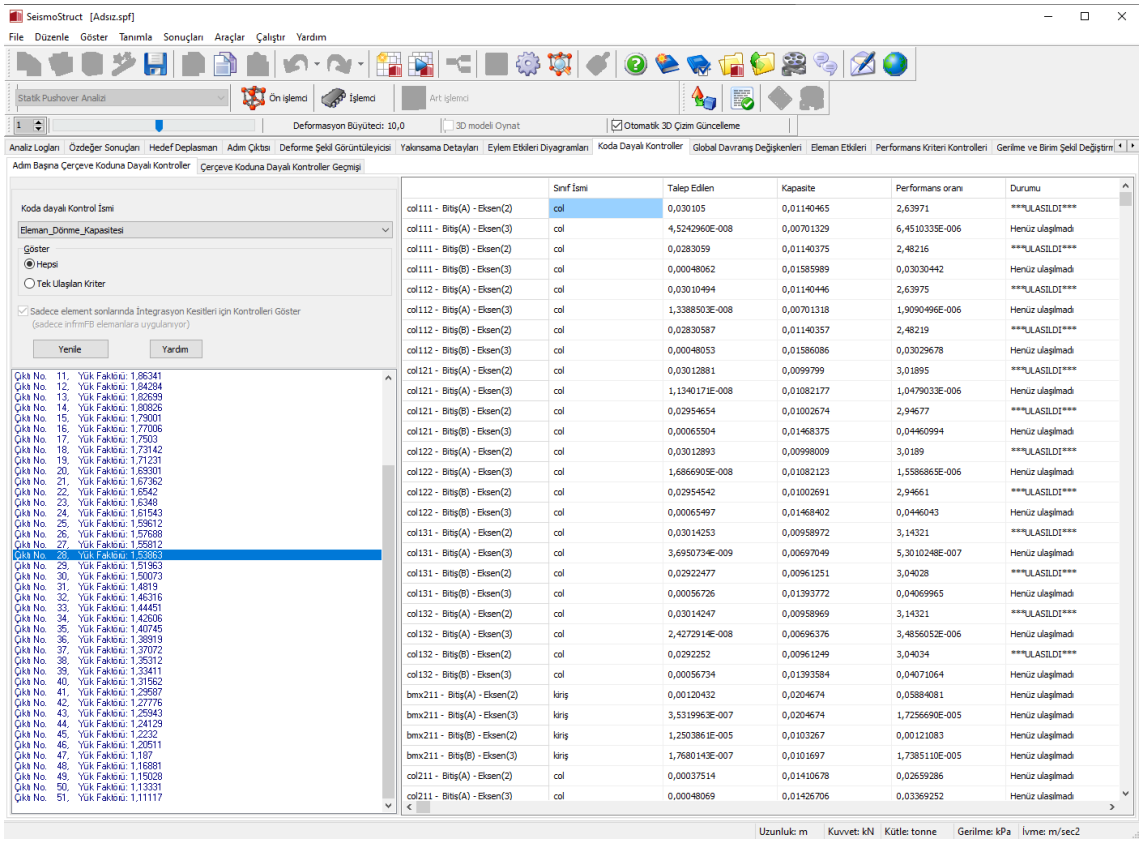
Ayrıca, kullanıcılar *3D Çizim Seçenekleri*'nde bulunan 'infrm' ve 'elfrm' seçenekler yoluyla diyagramları diledikleri gibi özelleştirebilirler (ana/ikinci çizgi renkleri, vb.).



3D Çizim Seçenekleri

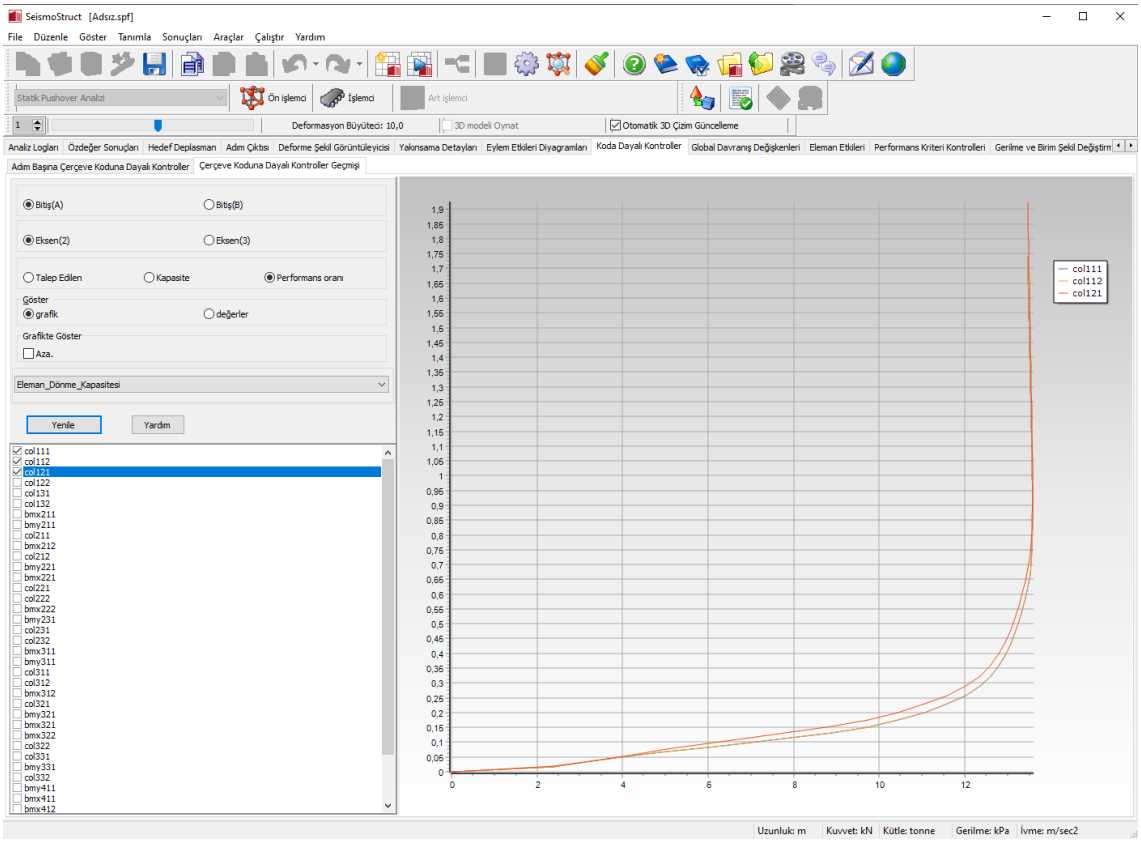
KODA DAYALI KONTROLLER

Burada, kullanıcının Adım Başına Kod Tabanlı Kontroller yapması mümkündür. Çerçeve Koduna Dayalı Kontroller ve duvar Koduna Dayalı Kontroller (her adım için) için farklı sekmeler mevcuttur. Öncelikle, kullanıcının açılır menüden kod tabanlı kontrol adının seçmesi gerekir. Ardından, analizin adımını seçmek gerekir (örneğin, belirli bir sınır durumu). Görünüm seçenekleriyle ilgili olarak, sonuçlar tüm elemanlar için veya yalnızca seçilen kritere ulaşan elemanlar için görüntülenebilir.



Koda dayalı Kontroller – Her adımda Kod Tabanlı Kontrol

Ayrıca kullanıcı, yapısal elemanların Kod tabanlı kontrol geçmişini çıkarabilir. Çerçeve Koduna Dayalı Kontroller Geçmişi ve Duvar Koduna Dayalı Kontroller Geçmişi için farklı sekmeler mevcuttur. Kullanıcılar, açılır menüden kod tabanlı kontrol adını seçmeli, ardından elemanı seçmeli ve Yenile düğmesine basmalıdır. Sonuçlar bir grafik veya tablo şeklinde görüntülenebilir. Son olarak, seçilen grafikte maksimum değerler görüntülenebilir.



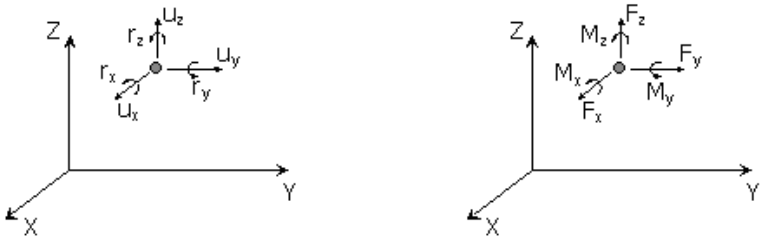
Koda dayalı Kontroller –Kod Tabanlı Kontrol Geçmişi

GLOBAL TEPKİ PARAMETRELERİ

Bu modülde, analiz tipine ve(ya) Ön İşlemcideki girdi değişkenlerine bağlı olarak altı farklı davranış değişkeni görüntülenebilir:

- Yapısal yer değiştirmeler (deplasmanlar)
- Mesnet tepkileri (kuvvet ve moment)
- Hızlar/İvmeler
- Toplam Atalet & Sönümleme Kuvvetleri
- Histeretik Eğriler

Son iki modül dışında hepsi, global koordinat sistemindedir (aşağıdaki şekle bakınız). Tekrar belirtilmek istenir ki, herhangi belirli bir eksene ait olan dönme/moment değeri o eksen doğrultusunda etkimez, her zaman o eksen etrafında etkir.



NOT: Mesnet tepkileri, teorik olarak, bağlı oldukları *Eleman Etkileri*'nde belirtilen kesit tesirlerine eşit olmalıdır. Yine de aşağıda sıralanan nedenlerden dolayı bu eşitlik sağlanamayabilir:

(i) Eleman tesirleri lokal referans sisteminde hesaplanırken, mesnet tepkileri global koordinat sisteminde hesaplanır. Bu nedenden ötürü, büyük deplasman/dönmelerin olduğu modellerde eleman kesme kuvveti ve mesnet yatay tepkisi arasında fark oluşabilir.

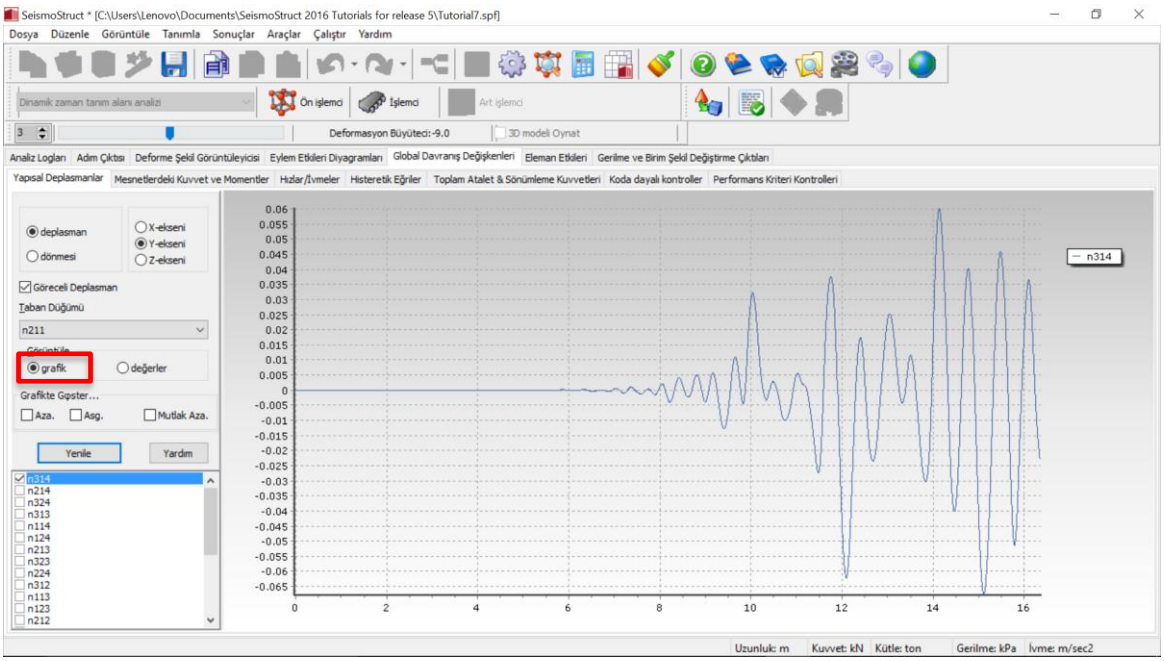
(ii) Tanjant (teğet) rijitliğe orantılı eşdeğer sönümlemenin tanımlı olduğu dinamik analizlerde, özellikle eksenel kuvvetin az olduğu ankastre kirişlerde geçerli olmak üzere; tanjant rijitliğe orantılı eşdeğer sönümleme histeretik davranıp, küçük hızlarda bile bir miktar enerji sönümleyebilmesine bağlı olarak eleman tesirleriyle mesnet tepkileri arasında bir takım farklar gözlemlenebilir.

(iii) Rijit bölgelerin varlığı

Bu değişkenler ilerleyen paragraflarda anlatılmaktadır.

Yapısal Deplasmanlar (Yer değiştirmeler)

Kullanıcılar, istenilen sayıda düğüm noktasının deplasmanlarını ait oldukları serbestlik derecelerine göre göreceli olarak elde edebilirler. Dinamik analiz sonuçları irdelenirken, düğüm noktalarının relatif (göreceli) deplasmanları mutlak deplasmanlarına oranla daha çok önem arz eder. Özellikle temel seviyesinde ivme zaman kaydının sahip olduğu (düzeltilmemiş olan) hataların analiz esnasında çift integralinin alınması sonucu büyüyerek artması son derece mantıksız büyüklükte temel seviyesi deplasmanlarına yol açabilir, dolayısıyla mutlak yapısal deplasmanlar da çok büyük olabilir ve yapının gerçek davranışı yansıtmaz. Bu nedenle de bu deplasmanlar genelde analiz sonrası değerlendirmeye alınmazlar.

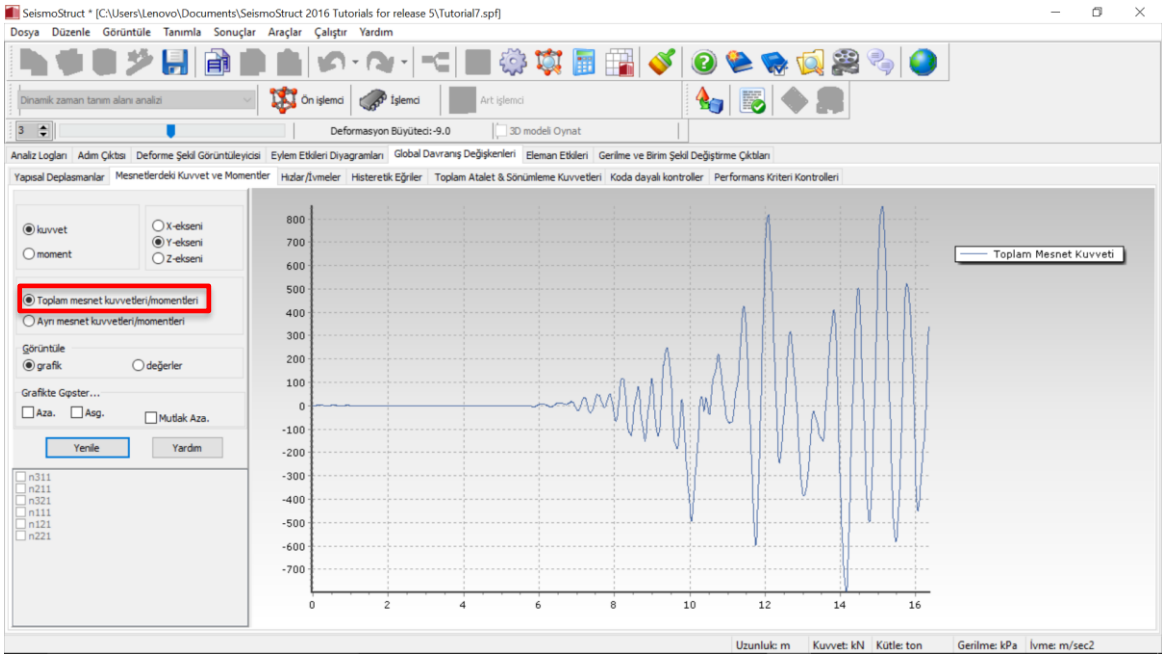


Global Davranış Değişkenleri – Yapısal deplasmanlar

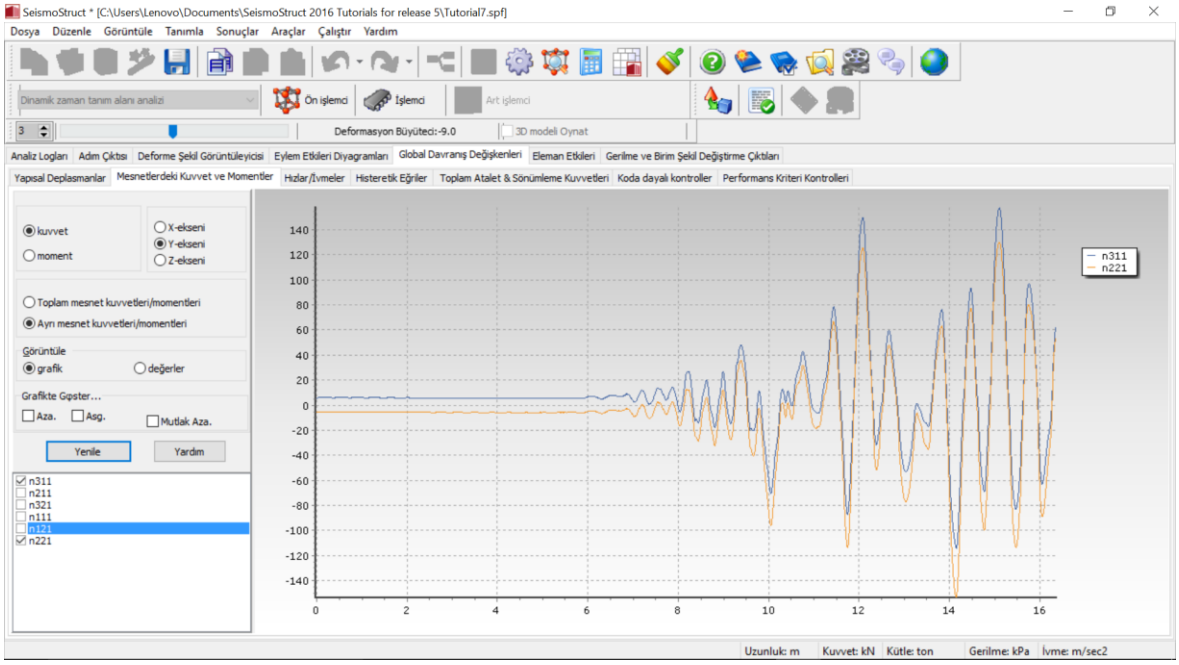
Mesnetlerdeki Kuvvetler ve Momentler

Yapısal deformasyonlara benzer olarak, düğüm noktalarinin tutulu serbestlik derecelerinde etkiyen mesnet tepki kuvvet ve momentleri de elde edilebilir. Ayrıca, her bir mesnetin ayrı tepki değerlerinin yanı sıra, herhangi bir yöndeki toplam etkisini bulmak da mümkündür, bu özellik toplam taban kesme kuvvetininin bulunması gerekmesi gibi durumlarda iş görür.

NOT: Toplam mesnet moment tepkileri, yapının toplam devrilme etkilerini içermez. Bu toplam basitçe mesnetlerdeki aynı yönde etkiyen momentlerin toplamıdır.



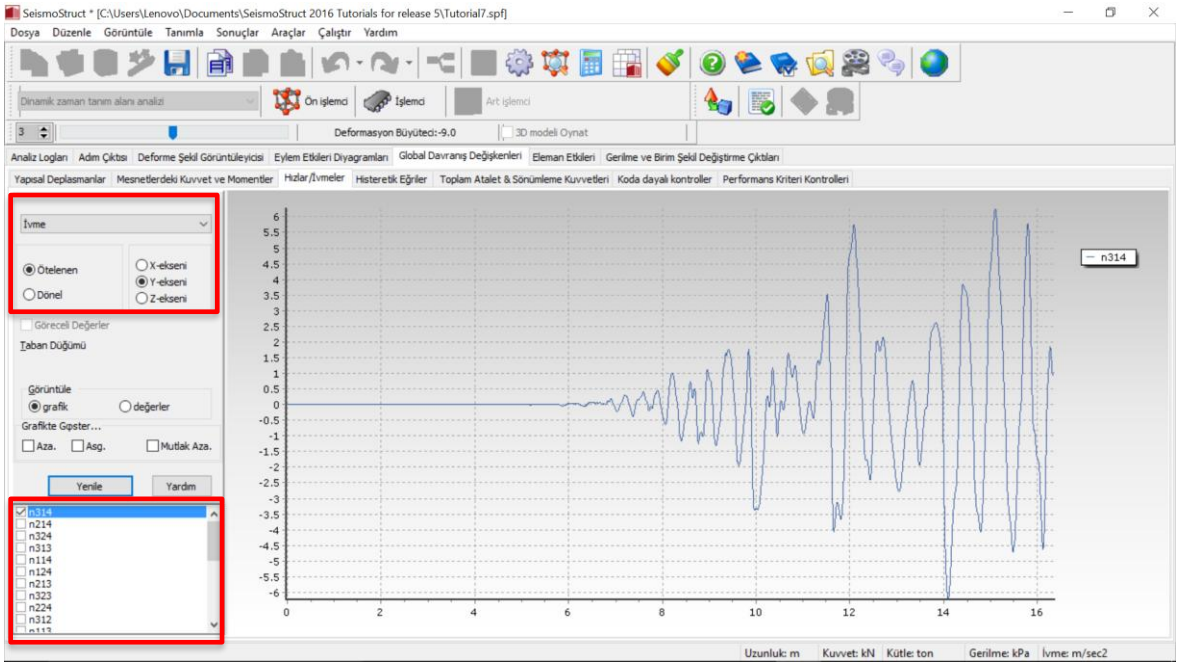
Global Davranış Değişkenleri – Mesnetlerdeki Kuvvetler ve Momentler (toplam)



Global Davranış Değişkenleri – Mesnetlerdeki Kuvvetler ve Momentler (ayrı)

Düğüm Noktaları Hızları ve İvmeleri

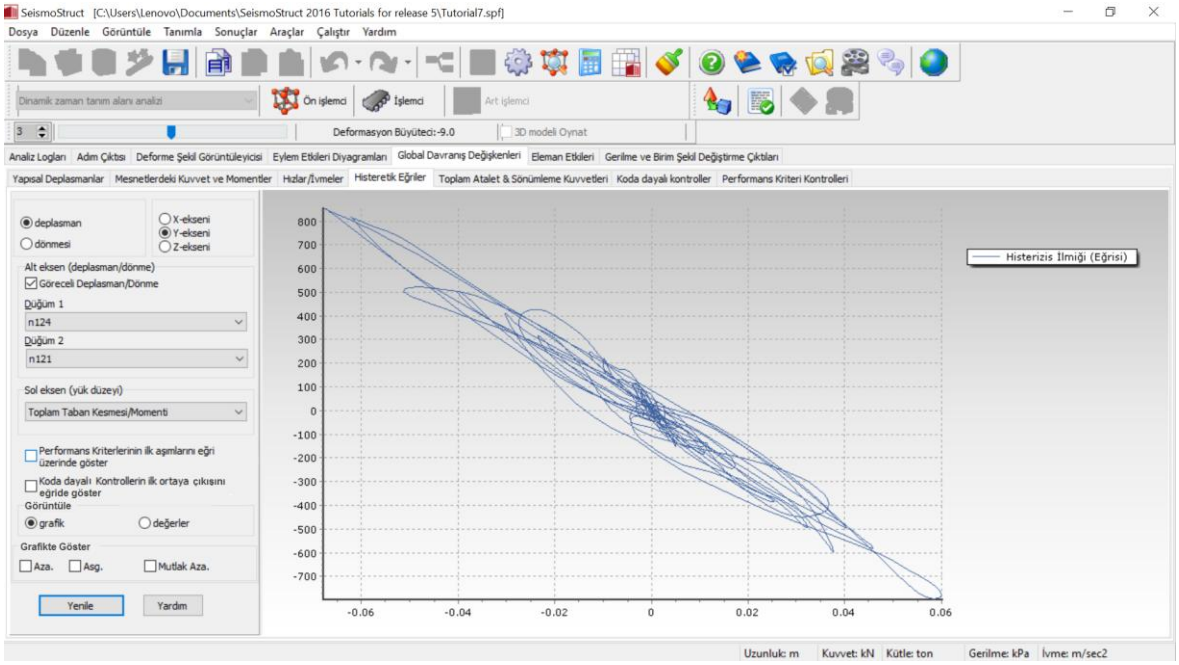
Dinamik zaman tanım alanı analizleri'nde düğüm noktalarının ivme ve hızları da aynı deplasmanlar gibi relatif (göreceli) veya mutlak olarak elde edilebilir. Genellikle ivme sonuçları için mutlak değerler kullanılırken, hız sonuçları için relatif değerler kullanılır.



Global Davranış Değişkenleri – İvmeler/Hızlar

Histeretik Eğriler (İlmikler)

Kullanıcılar herhangi bir ötelenme/dönme serbestlik derecesinin sonuçlarına karşılık toplam taban kesme kuvveti/momenti veya yük faktörü (itme analizi) gibi sonuçları çizdirebilirler. Statik analizlerde, böylesine grafikler 'kapasite eğrisi'ni ifade ederken, zaman tanım alanı analizlerindeyse modelin histeretik davranışını belirtir. Dinamik analiz art-işlemi sırasında yararlı olan göreceli deplasmanları seçmek de mümkündür.



Global Tepki Parametreleri – Histeretik Eğriler

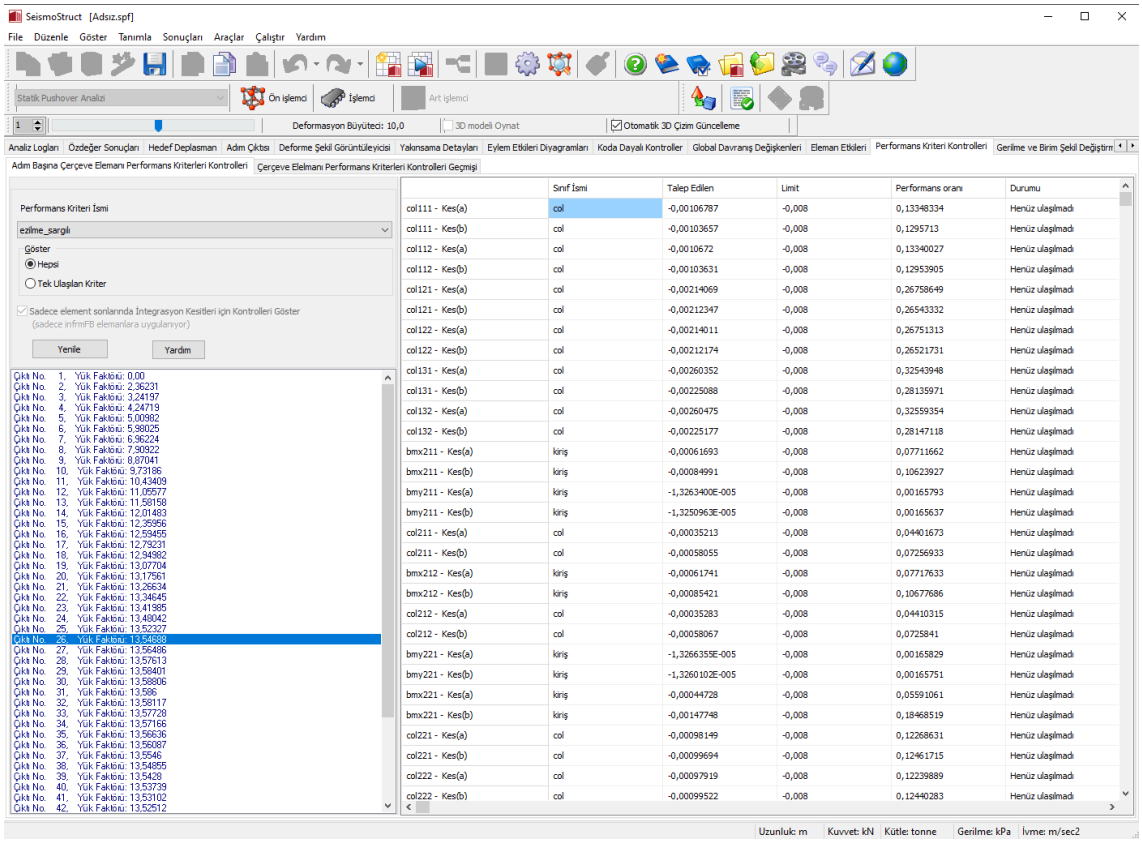
Toplam Atalet ve Sönümleme Kuvvetleri

Buradan dinamik zaman tanım analizleri sırasında herhangi bir dinamik zamanda elde edilen toplam atalet ve sönümleme kuvvetlerine ulaşmak mümkündür. Toplam viskoz sönüm kuvveti (sönüm matrisiyle hız vektörünün çarpımı), toplam eleman tesirleri (rijitlik matrisiyle deplasman vektörünün çarpımı) ile toplam atalet kuvveti (kütle matrisiyle ivme vektörünün çarpımı) arasındaki fark olarak bulunur. Ayrıca, toplam iç kuvvetler de Mesnetlerdeki Kuvvet ve Momentler'e eşit olup sönümün olmadığı durumlarda da toplam atalet kuvvetleri mesnet tepkilerine eşit olur.

PERFORMANS KRİTERLERİ KONTROLLERİ

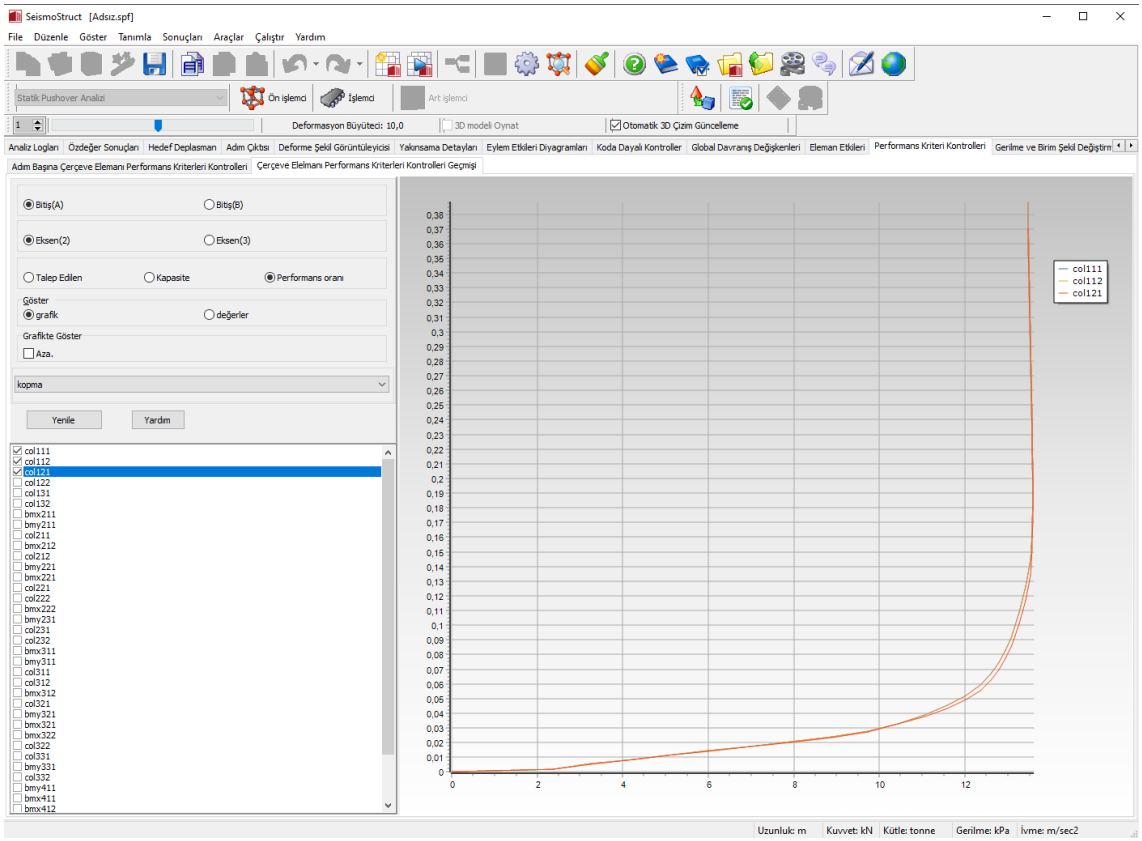
Kullanıcılar, bu modül üzerinden her adım için Performans Kriterleri Kontrolleri'ni gerçekleştirebilirler. Çerçeve, Bağlantı, Dolgu, Duvar ve Kafes elemanları için farklı Performans kriterleri kontrolü (her adım için) sekmeleri mevcuttur. Öncelikle, kullanıcının açılır menüden kod tabanlı kontrol adının seçmesi gerekir.

Sonra, analiz adımını seçmek gerekmektedir. Görünüm seçenekleri ile ilgili olarak, sonuçlar bütün elemanlar için veya sadece seçilen kritere ulaşan elemanlar için görüntülenebilir.



Performans Kriterleri Kontrolleri – Her adımda Performans Kriterleri Kontrolleri

Ayrıca kullanıcı, yapısal elemanların Performans Kriterleri kontrol geçmişini çıkarabilir. Çerçeve, Bağlantı, Dolgu, Duvar ve Performans Kriterleri Kontrolleri Geçmişi için farklı sekmeler mevcuttur. Kullanıcılar, açılır menüden kod tabanlı kontrol adını seçmeli, ardından elemanı seçmeli ve Yenile düğmesine basmalıdır. Sonuçlar bir grafik veya tablo şeklinde görüntülenebilir. Son olarak, seçilen grafikte maksimum değerler görüntülenebilir.



Performans Kriterleri Kontrolleri –Performans Kriterleri Kontrolleri Geçmişi

ELEMAN ETKİLERİ

Yapısal modelde kullanılan eleman tiplerine bağlı olarak, on farklı (dört kategoriye ayrılan) *eleman etki* sonuçları elde edilebilir, bahsedilen etkiler burada açıklanmaktadır.

NOT 1: Belirli bir eksene göre tanımlanan dönme serbestlik derecesi; ilgili eksen doğrultusunda değil, o eksen etrafında etkir. Bu modüldeki tüm dönme/moment sonuçlarının İrdelemeleri, bir önceki tümcede verilmiş olan tanımlamaya göre yapılmalıdır.

NOT 2: Bu modülde tanımlanan eleman dönmeleri, yapısal elemanın ancak tek parça halinde tanımlanması durumunda, kiriş veya kolon dönmelerine denk gelmektedir; aksi geçerli olan bir durumda modelle yapı (tümü veya bazı elemanları) arasında bire-bir ilişki bulunmamaktadır. infrmFB elemanının kullanılması halinde, yapısal eleman tek bir nümerik elemanla modellenebilir dolayısıyla da eleman dönmeleri birbiriyle örtüşür; bu uygunluk sonucunda analiz çıktılarında bulunan eleman dönmeleri sismik kod kontrollerinde direkt olarak kullanılabilir (Eurocode 8,NTC-18, KANEPE, FEMA-356, ATC-40, vb.). Yapısal elemanın birden fazla parçaya bölünmüş olması durumunda, kullanıcıların yapısal eleman dönmelerine ulaşıp ilgili kontrolleri yapabilmeleri için düğüm noktaları dönme/ötelenme sonuçlarını analiz sonrası işlemden geçirmeleri gerekir [Mpampatsikos et al. 2008].

NOT 3: Büyük deplasmanların bulunduğu durumlarda, alt seviyede bulunan elemanlardaki kesme kuvvetleri, mesnet tepkilerinden önemli derecede farklı olabilir. Bu farkın nedeni, eleman lokal eksen sisteminin ciddi miktarda dönmesine karşılık, mesnetlerde hesaplanan kuvvetlerin her zaman sabit global koordinat sisteminde hesaplanmasıdır.

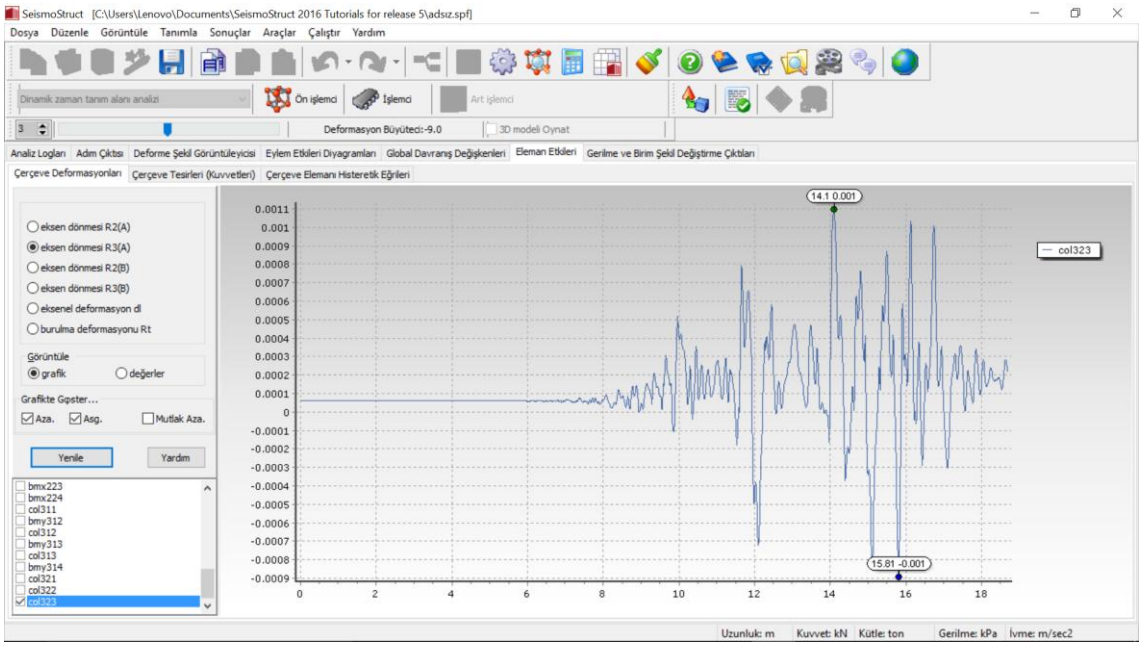
NOT 4: Teorik olarak, dinamik analiz sırasında çerçeve elemanlarında meydana gelen kesit tesirleri, itme analizleri veya el çözümleriyle elde edilen statik kapasitelerini aşmamalıdır. Yine de, bir takım farklar oluşabilir; bu farkların nedenleri aşağıda belirtile etmenlerdir: (i) Donatı çubuklarında pekleşme gerçekleşmesi durumu özellikle el çözümlerine nazaran daha büyük "dinamik eğilme kapasitesi"ne yol açabilir, zira el çözümlerinde çelik pekleşmesi genellikle ihmal edilmektedir. (ii) Eşdeğer viskoz sönümleme tanımlanması durumunda yapısal elemanlar daha az uzayabilir, dolayısıyla daha fazla basınca maruz kalarak daha büyük "dinamik eğilme kapasitesi"ne sahip olabilir. (iii) Elemanların 'yayılı kütle'ye sahip olmaları durumunda, dinamik analiz sırasında elde edilen moment diyagramları, statik analizde elde edilenden farklı olur ve bu durumda da kesme kuvvetleri kontrol edilemez (hala eğilme momentleri birbiriyle kontol edilebilir).

NOT 5: SeismoStruct sönümlenen enerji miktarını otomatik olarak vermez. Kullanıcılar bu bilgiye, kuvvet-deplasman davranışını kullanarak kendileri ulaşabilirler.

NOT 6: SeismoStruct'ta dolgu panel tanımı her bir doğrultuda iki eksenel çubukla yapılır. Toplam etkinin hesaplanması için iki çubuktaki tesirler toplanmalıdır.

Çerçeve elemanları – Deformasyonlar (Birim Şekil Değiştirmeler)

Elastik olmayan (infrm, infrmPH) ve elastik çerçeve elemanlarının (elfrm), lokal referans sistemleri'nde meydana gelen şekil değiştirmeleri burada özetlenir; bu şekil değiştirmeler: uç noktalardaki eleman dönmeleri (Ek A'da tanımlandığı gibi A ve B noktaları), eksenel şekil değiştirme ve burulma dönmesi olarak sıralanabilir.



Eleman Etkileri – Çerçeve Deformasyonları

NOT: Elastik çerçeve elemanlarının (elfrm) adım çıktıları her zaman elastik olmayan (inelastik) çerçeve elemanlarınınkinden (infrm, infrmPH) daha sonra sıralanır (alfabetik sıralama da elastiğin, inelastikten önce gelmesine karşın hala bu sıralama geçerlidir).

Çerçeve Elemanları – Kuvvetler

Elastik olmayan (infrm, infrmPH) ve elastik çerçeve elemanlarının (elfrm), lokal eş rotasyonlu referans sistemleri'nde meydana gelen iç kuvvetler burada özetlenir. Değerler, A ve B olarak adlandırılan, her bir elemanın uç düğümlerinde geliştirilen iç kuvvetleri (eksenel ve kesme) ve momentleri (esneme ve burulma) ifade eder (Ek A'ya bakınız). Kullanıcı bir grup elemanın tepkisini eklemek istediğinde, (ör: belirli bir kattakikesme kuvveti, belirli bir seviyedeki elemanlar için toplam iç kesme kuvveti) her bir elemanın farklı sonuçlarından ziyade kümülatif sonuçlarını elde etme imkanı çok kullanışlı olabilir.

NOTE: Elastik çerçeve elemanlarının (elfrm) adım çıktıları her zaman elastik olmayan (inelastik) çerçeve elemanlarınınkinden (infrm, infrmPH) daha sonra sıralanır.

Çerçeve Elemanları – Histeretik Eğriler

Elastik olmayan (infrm, infrmPH) ve elastik (elfrm) çerçeve elemanlarının lokal referans sistemleri'nde meydana gelen şekil değiştirme (deformasyon) ve iç kuvvetlerin bulunduğu histeretik çizimler burada sağlanır.

Kafes Elemanları – Kuvvetler ve Deformasyonlar

Kafes elemanlarında meydana gelen eksenel şekil değiştirmeler, eksenel kuvvetler ve histeretik çizimler burada bulunmaktadır.

Raf Elemanları – Deformasyonlar

Raf elemanlarının maruz kaldığı deformasyonlar yerel eş-dönüşlü referans sistemlerinde hesaplandığı gibi sağlanır. Değerler, her bir elemanın uç düğümlerindeki (Ek A'da belirtildiği gibi A ve B olarak bahsedilir) deformasyonları, dönüşleri ve eğrilmeyi, eksenel deformasyonu ve burulma dönüşünü ifade eder.

Raf Elemanları – Kuvvetler

Raf elemanlarının, lokal eş rotasyonlu referans sistemleri'nde meydana gelen iç kuvvetler burada özetlenir. Değerler, A ve B olarak adlandırılan, her bir elemanın uç düğümlerinde geliştirilen iç kuvvetleri (eksenel ve kesme), momentleri (esneme ve burulma) ve iki momentleri ifade eder (Ek A'ya bakınız). Kullanıcı bir grup elemanın tepkisini eklemek istediğinde, (ör: belirli bir kattakikesme kuvveti, belirli bir seviyedeki elemanlar için toplam iç kesme kuvveti) her bir elemanın farklı sonuçlarından ziyade kümülatif sonuçlarını elde etme imkanı çok kullanışlı olabilir.

Duvar Elemanları – Deformasyonlar

Duvar elemanlarının maruz kaldığı deformasyonlar yerel eş-dönüşlü referans sistemlerinde hesaplandığı gibi sağlanır. Değerler, her bir elemanın uç düğümlerindeki (Ek A'da belirtildiği gibi A ve B olarak bahsedilir) eleman dönmelerini ve kesme kuvvetlerini, eksenel deformasyonu ve burulma dönüşünü ifade eder.

Duvar Elemanları – Kuvvetler

Duvar elemanlarının, lokal eş rotasyonlu referans sistemleri'nde meydana gelen iç kuvvetler burada özetlenir. Değerler, A ve B olarak adlandırılan, her bir elemanın uç düğümlerinde geliştirilen iç kuvvetleri (eksenel ve kesme), momentleri (esneme ve burulma) ve iki momentleri ifade eder (Ek A'ya bakınız). Kullanıcı bir grup elemanın tepkisini eklemek istediğinde, (ör: belirli bir kattakikesme kuvveti,

belirli bir seviyedeki elemanlar için toplam iç kesme kuvveti) her bir elemanın farklı sonuçlarından ziyade kümülatif sonuçlarını elde etme imkanı çok kullanışlı olabilir.

Duvar Elemanları – Histeretik Eğriler

Duvar elemanları tarafından geliştirilen iç kuvvetlerin deformasyona karşı histeretik grafikleri, lokal eş rotasyonlu referans sistemlerinde hesaplandığı gibi sağlanır.

Bağlantı Elemanları – Deformasyonlar

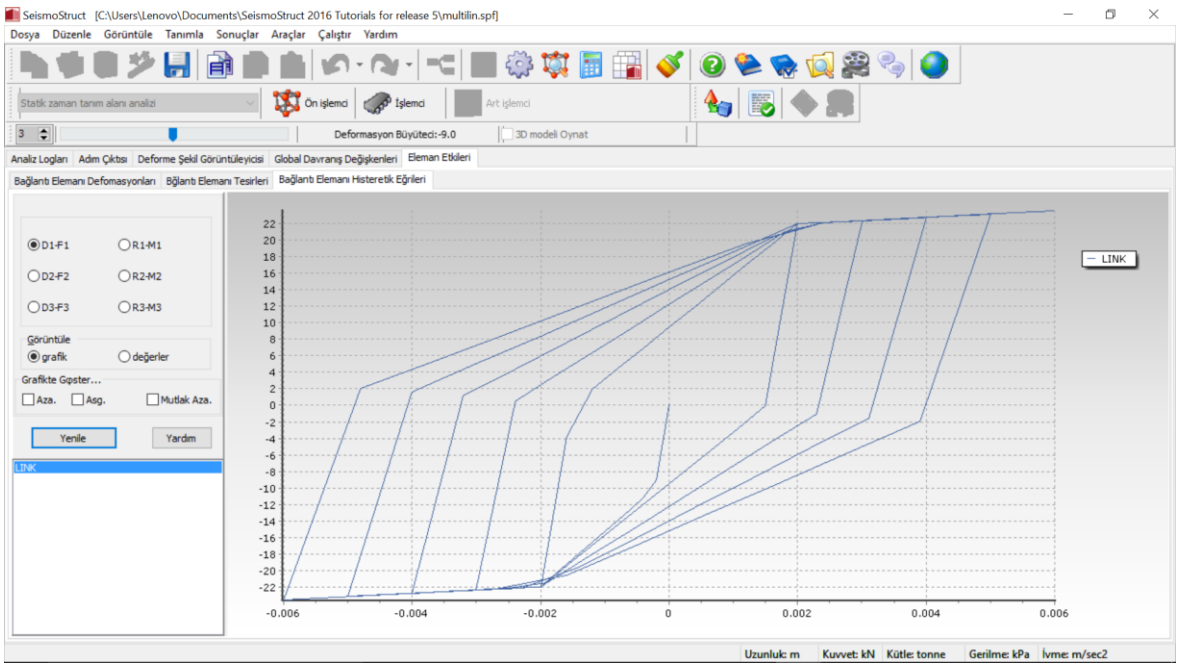
Bağlantı elemanlarında meydana gelen deformasyonlar, buradan elde edilebilir. Bahsi geçen bu deformasyonlar (üç lokal eksene bağlı olan) üçer ötelenme ve dönmedir. Tanım için *Ön İşlemci>Yapısal Geometri>Eleman Bağlantıları* içerisine bakınız.

Bağlantı Elemanları – Kuvvetler

Bağlantı elemenlarında meydana gelen iç kuvvetler, buradan elde edilebilir. Bahsi geçen bu kuvvetler (üç lokal eksene bağlı olan) üçer kuvvet ve momenttir. Tanım için *Ön İşlemci>Yapısal Geometri>Eleman Bağlantıları* içerisine bakınız.

Bağlantı Elemanları – Histeretik Eğriler

Bağlantı elemanlarının lokal serbestlik derecelerinde (*Ön İşlemci>Yapısal Geometri>Eleman Bağlantıları*) meydana gelen şekil değiştirme (deformasyon) ve iç kuvvetlerin bulunduğu histeretik çizimler burada sağlanır.



Eleman Etkileri – Bağlantı Elemanı Histeretik Eğrileri

Dolgu Panel Elemanları – Deformasyonlar

Dolgu panel elemanlarında bulunan 1 ila 4 numaralı çubuklarda meydana gelen eksenel (yani diyagonal) ve 5 ila 6 numaralı çubuklarda meydana gelen kesme şekil değiştirmeleri *Ön İşlemci>Yapısal Geometri>Eleman Bağlantıları*içerisinde gösterilmektedir. Burada da belirtildiği gibi 1, 2, 5 numaralı çubuklar 1. ve 3. düğümleri, 3, 4, 6 numaralı çubuklarsa 2. ve 4. düğümleri birbirine bağlar.

Dolgu Panel Elemanları – Kuvvetler

Eksenel kuvvetler, dolgu panel elemanının 1 ila 4 numaralı çubuklarında hesaplanırken kesme kuvverleriyse 5 ve 6 numaralı çubuklarda hesaplanır. *Ön İşlemci>Eleman Sınıfları* içerisinde de belirtildiği üzere kesme çubukları sadece basınç durumu mevcutken çalışır; zira çubukta oluşan kesme kuvvetleri hep tek taraflıdır (negatif veya pozitif olabilir fakat her ikisi birden olamaz).

Dolgu Panel Elemanları – Histeretik Eğriler

Dolgu panel elemanlarının ilgili çubuklarında meydana gelen şekil değiştirme ve kuvvetlerin histeretik çizimleri buradan yapılmaktadır. 1, 2, 5 numaralı çubukların panelin 1. ve 3. köşelerini (*Ön İşlemci>Yapısal Geometri>Eleman Bağlantıları*); 3, 4, 6 numaralı çubuklarınsa 2. ve 4. köşeleri birbirine bağladığı tekrar belirtilir.

Kabuk elemanları – Deformasyonlar

Kabuk elemanlarında hesaplanan deformasyonlar elde edilebilir. Bunlar, her biri kabuğun üç yerel serbestlik derecesine göre tanımlanan üç yer değiştirme ve üç rotasyondan oluşur; bunların tanımı Ön İşlemci > Yapısal Geometri > Eleman Bağlantısı bölümünde açıklanmıştır. Kafesli bir kabuk elemanı kullanıldığında, iç düğümlerin (kafesin düğümleri) serbestlik derecelerinin katılımıyla tam sertlik matrisi, statik bir yoğunlaştırma prosedürü kullanılarak faktörize edilir. Sonuç olarak sadece dış dört nodun deformasyonları çıktı olarak alınır.

Kabuk elemanları - Kuvvetler

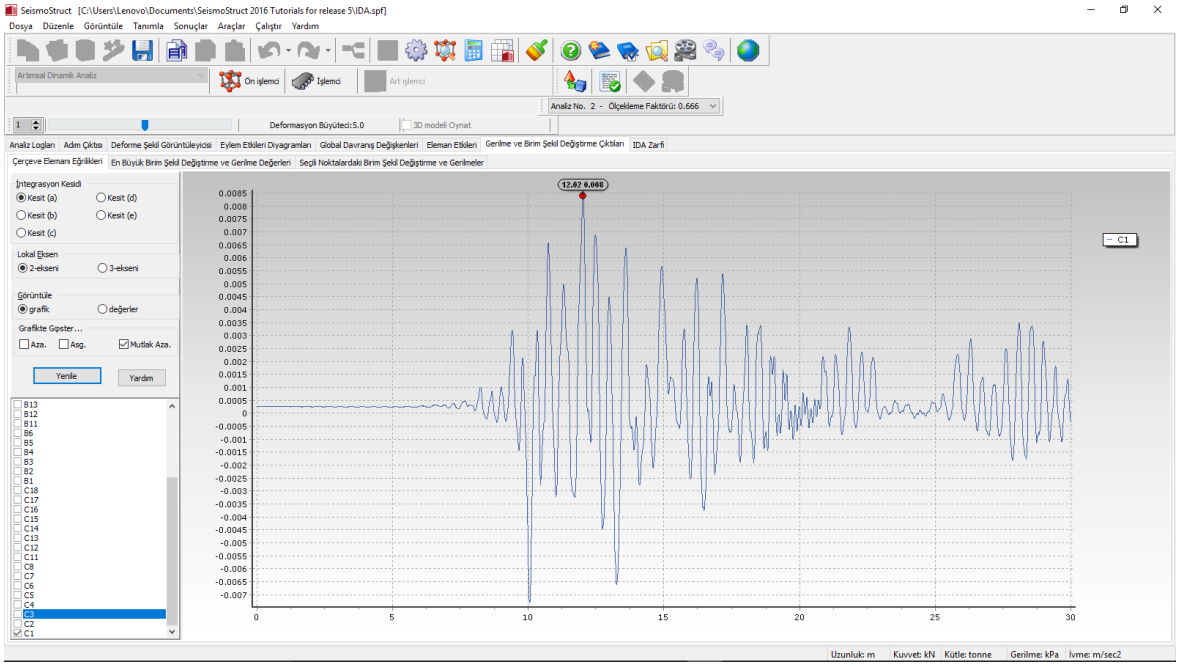
Kabuk elemanlarında geliştirilen iç kuvvetler elde edilebilir. Bunlar, her biri bağlantının üç yerel serbestlik derecesine göre tanımlanan ve tanımı Ön İşlemci > Yapısal Geometri > Eleman Bağlantısı bölümünde açıklanan üç kuvvet ve üç momentten oluşur. Kabuk deformasyonları durumunda belirtildiği gibi, kafesli bir kabuk kullanıldığında sadece elemanın dış dört nodunun kuvvetleri çıktı olarak alınır.

GERİLME VE BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME ÇIKTISI

Her bir elastik olmayan (inelastik) çerçeve elemanı (infrm, infrmPH) için malzeme davranışı çıktıları bu modülden elde edilebilir.

Çerçeve Elemanı Eğrilikleri

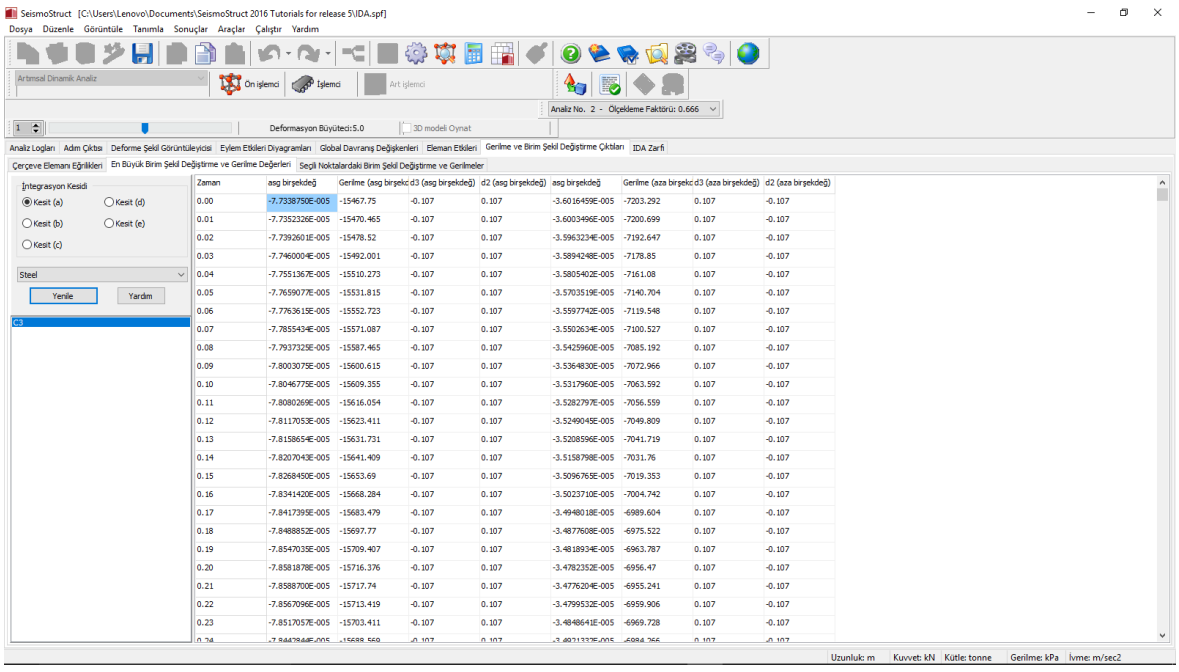
Seçili elemanların her bir integrasyon kesidi'ndeki eğrilikleri gösterilir. Gösterimde *Ön İşlemci>Yapısal Geometri>Eleman Bağlantıları* içerisinde tanımlanan lokal (2) ve (3) eksenleri kullanılır.



Gerilme ve Birim Şekil Değiştirme Çıktıları - Çerçeve Elemanı Eğrilikleri

En Büyük Birim Şekil Değiştirme ve Gerilme Değerleri

Seçilen elemanda hesaplanan en büyük ve en küçük gerilme ve birim şekil değiştirme sonuçları oluştukları lokal koordinatlarla birlikte burada gösterilir. Kullanıcılar ilgilenilen integrasyon kesidi ve malzeme seçiminlerini yapabilirler.

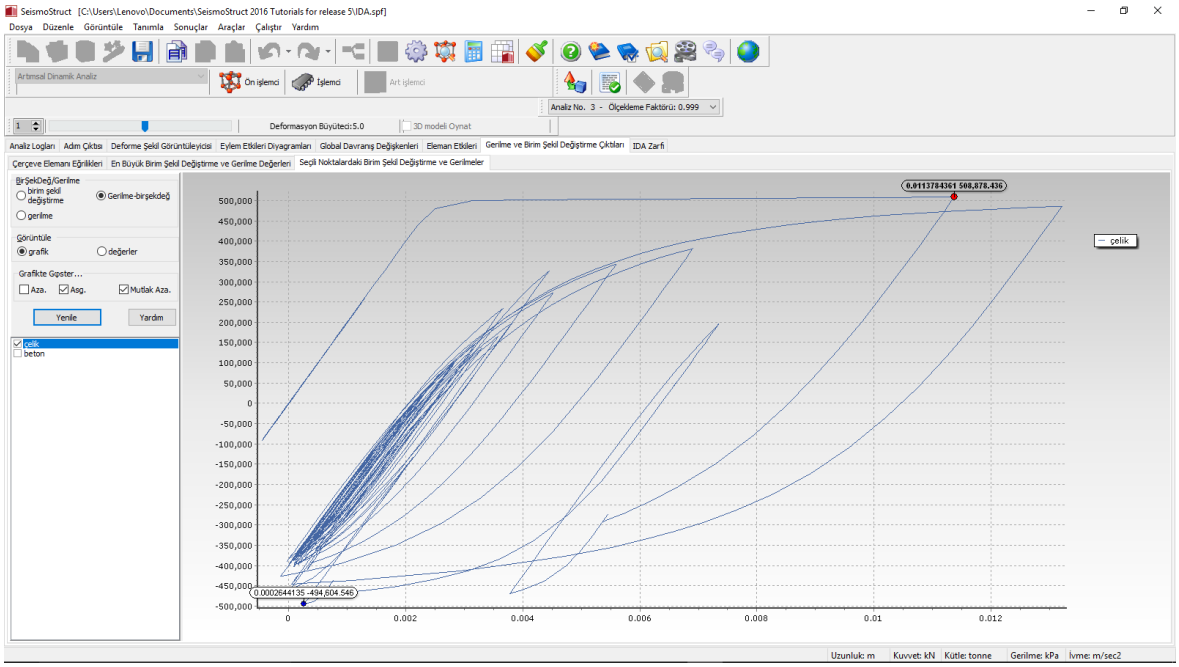


Gerilme ve Birim Şekil Değiştirme Çıktıları – En Büyük Gerilme ve Birim Şekil Değiştirme Değerleri

Seçili noktalardaki Gerilme ve Birim Şekil Değiştirmeler

Analiz Çıktıları modülünde tanımlanan her bir Gerilme Noktası için, analiz boyunca gerçekleşen gerilme-birim şekil değiştirme değerleri elde edilebilir. İstenilen gerilme ve birim şekil değiştirme değerlerinin,

gerçek (dinamik analiz) veya gerçek-benzeri zamana (statik analiz) ve birbirine göre değişimleri çizim veya tablo yoluyla gösterilebilir. Malzeme, kesit koordinatları, kesit tipi ve eleman integrasyon kesidinin, oluşturulan Gerilme Noktası'nda tanımlı olduğu unutulmamalıdır (*Ön İşlemci* > *Analiz Çıktıları*'na bakınız).

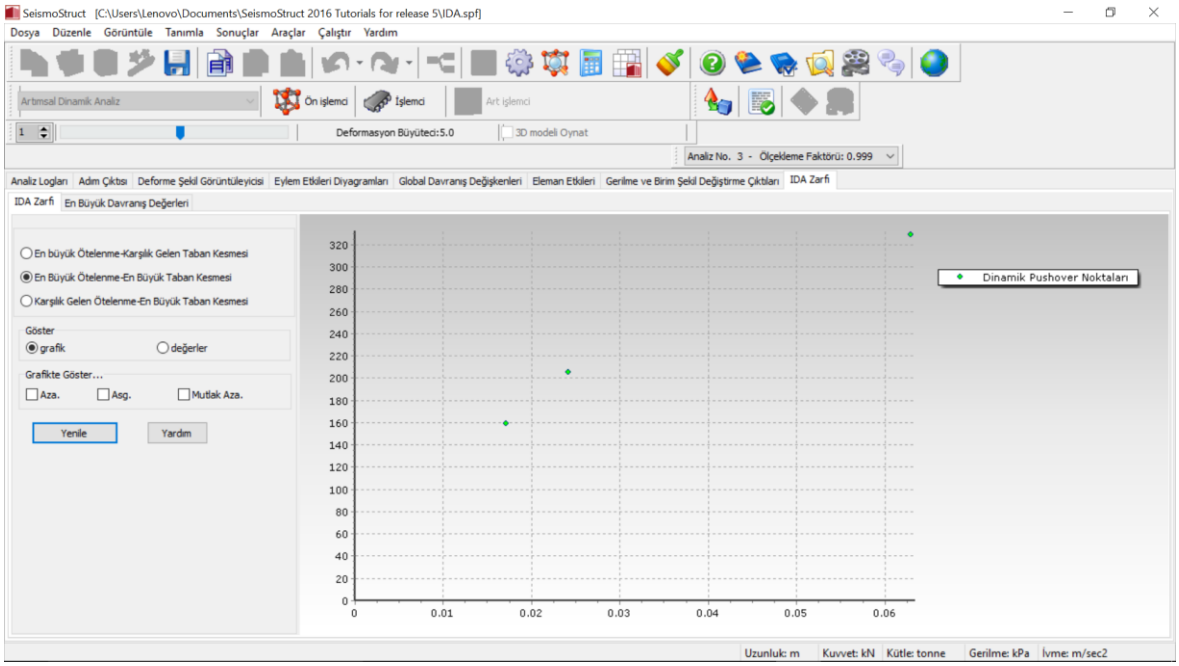


Gerilme ve Birim Şekil Değiştirme Çıktıları– Seçili noktalardaki birim şekil değiştirme ve gerilmeler

IDA Zarf Eğrisi

Bu modül, Artımsal Dinamik Analiz çalıştırıldığı zaman belirir; pik taban kesme kuvvetlerinin kullanıcı tarafından seçilen düğüm noktalarındaki pik göreceli deplasman (ötelenme) sonuçlarının çizimini içerir(bknz. IDA parametreleri). Çizim olarak: (i) en büyük göreceli deplasmana karşı en büyük ötelenmenin elde edildiği zaman pencersindeki en büyük taban kesme kuvveti (Karşılık Gelen Taban Kesme Kuvveti), (ii) en büyük göreceli deplasmana karşı analiz boyunca elde edilmiş olan en büyük taban kesme kuvveti (Karşılık Gelen Taban Kesme Kuvveti), veya (iii) en büyük taban kesme kuvvetine karşı en büyük taban kesme kuvvetinin elde edildiği zaman pencersindeki en büyük göreceli deplasman (Karşılık Gelen Ötelenme) seçilebilir. Zaman penceresi, ön-işlemci de mevcut olan IDA parametreleri modülünde tanımlanır.

Ayrıca, istendiği takdirde, ek davranış niceliklerinin (ör: yer değiştirme (deplasman), hız, ivme, tepki, eleman deformasyonu (şekil değiştirmesi) ve eleman tesirleri değerleri) zarfları da elde edilebilir.



IDA Zarfı – En Büyük Ötelenme-En büyük Taban Kesme Kuvveti

SeismoStruct Batch Servisi

SPF CREATOR İLE YENİ GİRDİ DOSYALARI OLUŞTURMA

Ana menüden (Araçlar > SPF Creator'ı Aç...) veya ilgili araç çubuğu düğmesinden ( ) anında birden fazla SPF dosyası oluşturmak için özel bir olanak mevcuttur.

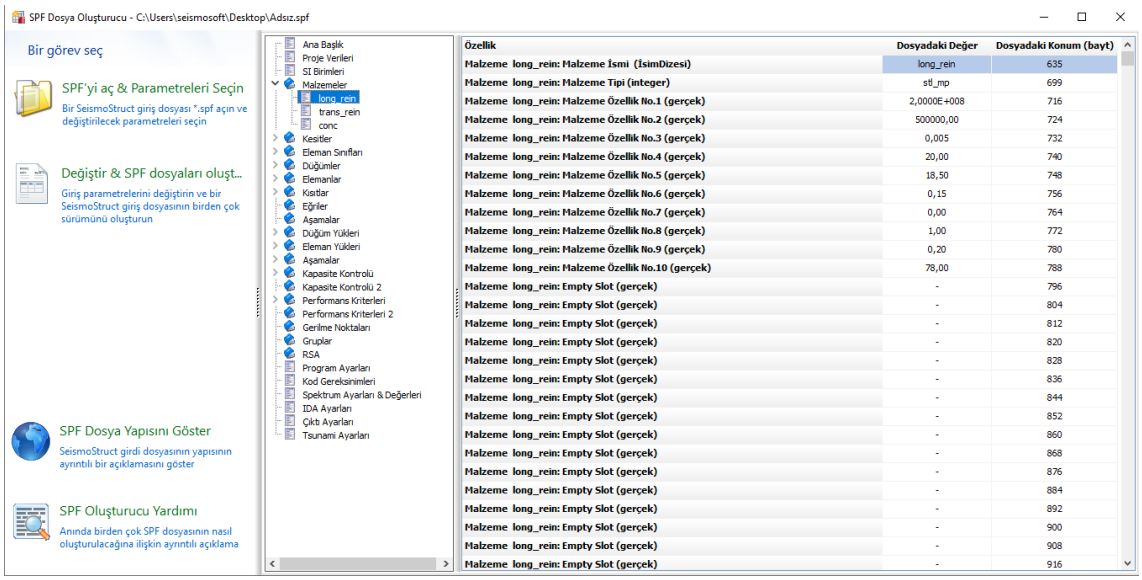
NOT : SPF Creator ayrı bir uygulama olarak geliştirilmiştir ve dolayısıyla, SeismoStruct programını başlatmadan, Windows Başlat menüsü üzerinden de erişilebilir.

SPF Creator tesisi ile kullanıcılar, mevcut bir tanesini uyarlayarak birkaç yeni SeismoStruct girdi dosyasını kolayca ve hızlı bir şekilde oluşturabilirler. Program her şeyi halledip yeni dosyaları otomatik olarak oluşturduğundan, bu işlemler için herhangi bir programlama veya komut dosyası bilgisi gerekmediğine dikkat edilmelidir.

Programı açtıktan sonra SPF Creator Ana Penceresi görünecektir. Kullanıcılar, *SPF'i Aç & Parametreleri Seç* ile tüm yeni SeismoStruct girdi dosyalarını oluşturmak için şablon olarak kullanılacak temel SPF dosyalarını yükleyebilirler.

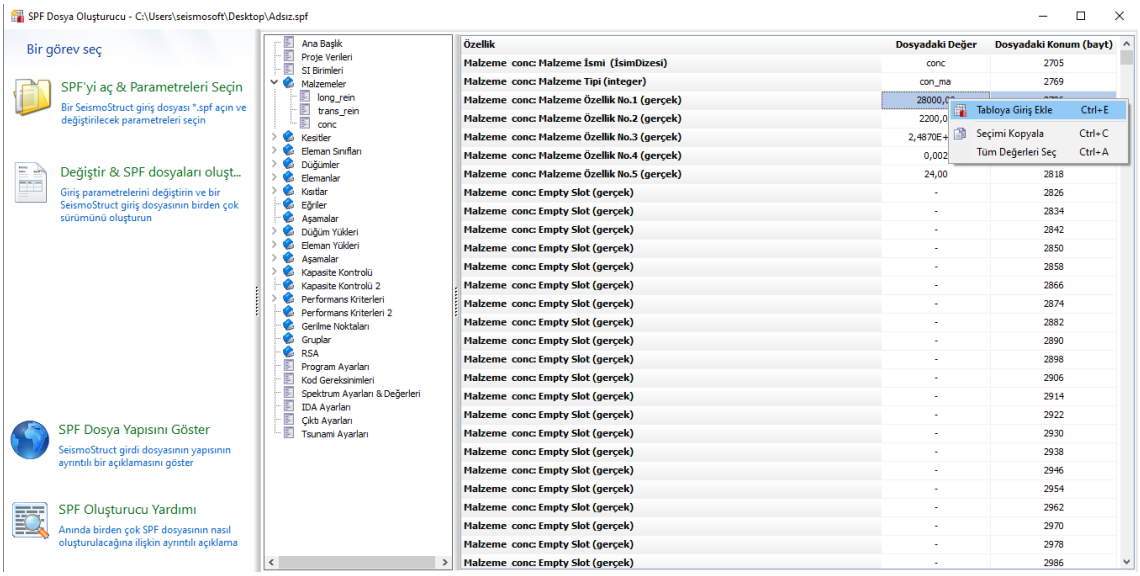
NOT: SeismoStruct girdi dosyaları ikili dosyalardır, yani tüm veri yapılarının bir bayt dizisi olarak depolandığı metin dışı dosyalardır. Dosya biçiminin (*.spf) yapısının ayrıntılı bir açıklaması, *SPF Dosya Yapısını Göster* düğmesini tıklatarak bulunabilir.

Yüklenen girdi dosyasının yapısı, Ana Başlık ve genel Proje Verilerinden başlayarak *Malzeme, Kesitler, Eleman Sınıflarına* ve *Çıktı Ayarları'na* kadar ekranın solunda bir ağaç görünümü olarak görüntülenir. Ağaç görünümünün her bir dalını seçerek, yapısal modelin özelliklerini içeren belirli bir kaydın tüm verileri ekranın sağ tarafında görüntülenir. Bu özellikler daha sonra yeni SPF dosyalarını oluşturmak için okunabilir ve değiştirilebilir.



SPF Creator Ana Penceresi

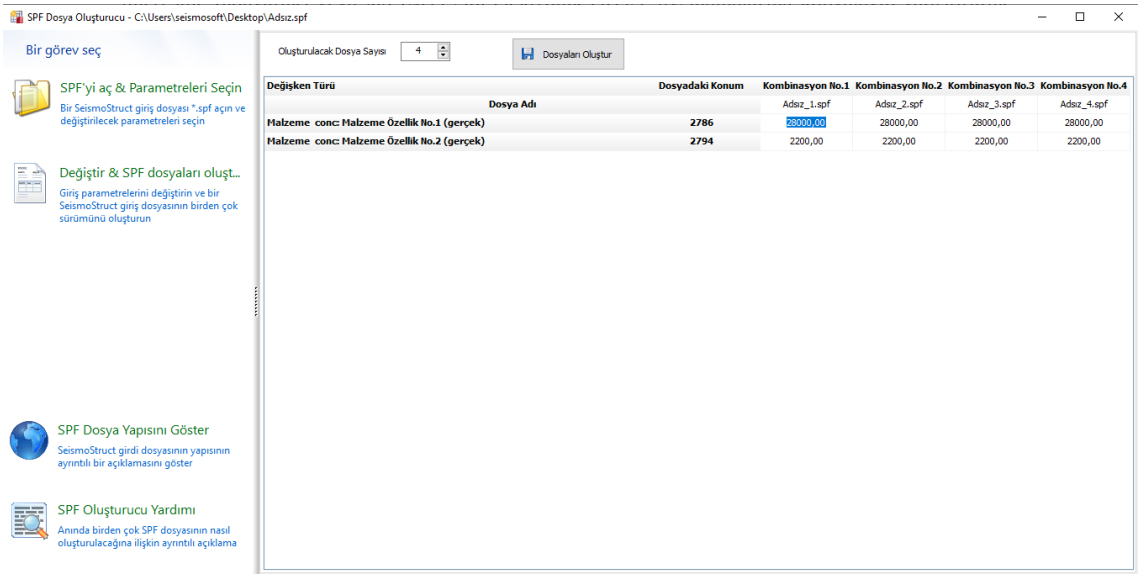
Kullanıcılar, aşağıdaki resimde gösterildiği gibi, her bir değere sağ tıklayıp *Tabloya Girdi Ekle* komutunu seçerek birden fazla değer girilecek özellikleri seçebilirler. Seçilen tüm özellikler, *Değiştir & SPF dosyası Oluştur* sekmesindeki yeni bir tabloya eklenir.



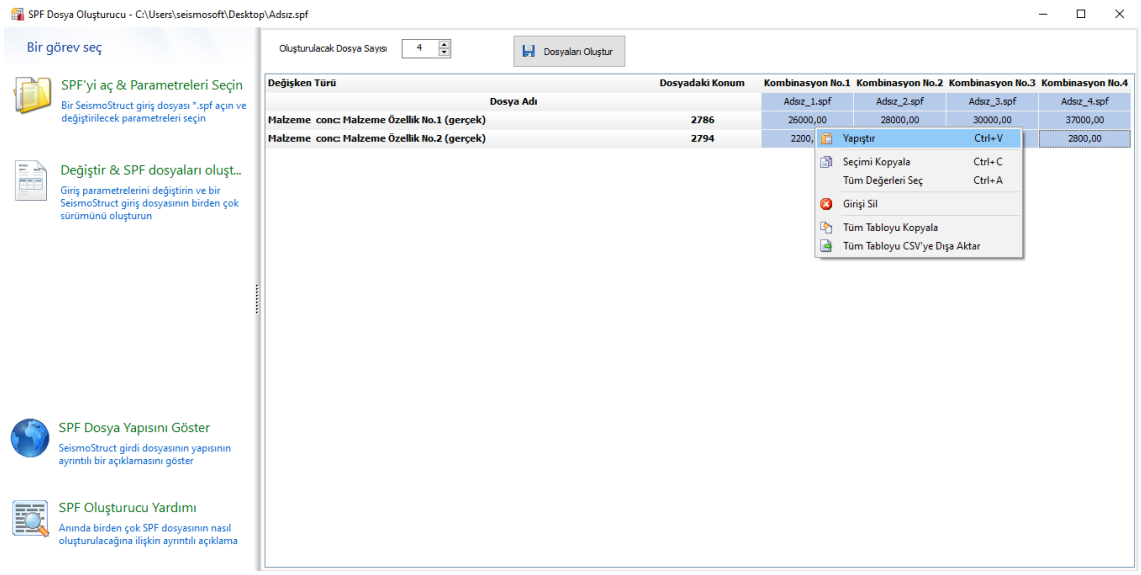
SPF dosyasının özelliklerini *Değiştir & SPF dosyası Oluştur* tablosuna ekleme

Değiştir & SPF dosyası Oluştur sekmesinde, tablo girdileri, doğrudan tablo üzerinde (her bir tablo hücresine tıklayarak) veya MS Excel gibi elektronik çizelge uygulamalarına kopyalayıp yapıştırarak değiştirilebilir. Oluşturulacak dosya sayısı Oluşturulacak Dosya Sayısı parametresi ile belirlenir.

Seçilen özelliklerin değerlerini seçtikten sonra, kullanıcılar *Dosyaları Oluştur* düğmesinden yeni dosyalar oluşturabilirler. Dosyalar, orijinal dosyanın bulunduğu klasörde otomatik olarak oluşturulur.



***Değiştir & SPF dosyası Oluştur* tablosundaki özelliklerin doğrudan değiştirilmesi**



Sağ tıklama komutları ile *Değiştir & SPF dosyası Oluştur* tablosuna verileri kopyalama ve yapıştırma

SeismoBatch

SeısmoBatchÇoklu analizlerin sıra halinde otomatik olarak yaptırılması için SeismoStruct içerisine SeismoBatch isminde özel bir servis eklenmiştir. SeismoBatch'e ana menü üzerinden (Araçlar > SeismoBatch'i Aç...) ya da alakalı araç çubuğu düğmesi ( ) yoluyla ulaşılabilir.

NOT 1: SeismoBatch ayrı bir uygulama olarak geliştirilmiştir ve dolayısıyla, SeismoStruct programını başlatmadan, Windows Başlat menüsü üzerinden de erişilebilir.

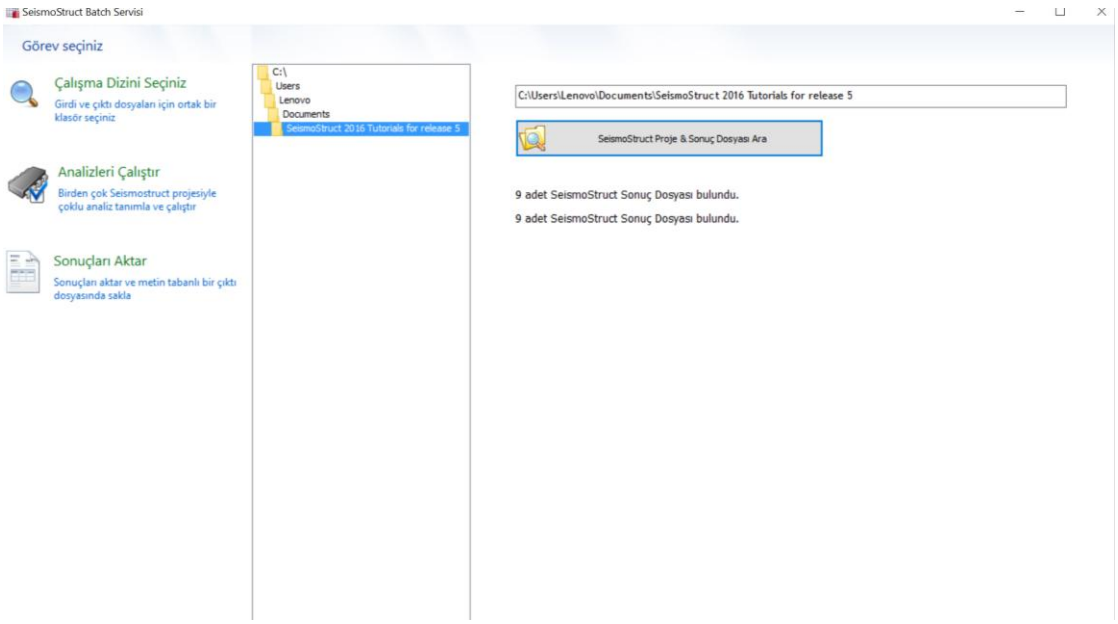
Toplu çalıştırma servisi, üç modülden oluşmaktadır. İlk modül, SeismoStruct veya XML girdi dosyalarının kayıtlı olduğu çalışma dizinini seçer, ikincisi analizleri çalıştırmak için kullanılır, sonuncusuysa kullanıcılara istedikleri sonuçları çıkartma imkanı sağlar. Bir modülden diğerine pencerenin solunda bulunan düğmeler yardımıyla geçilir.

NOT 2: SeismoBatch'ın en önemli özeliklerinden biri, analiz başlangıcında (yürütmenin her zaman gerçekleştirildiği şekilde) uyarı mesajlarını saklayabilmesidir. Bu, kullanıcı olmadan geniş bir analiz dizisi gerçekleştirileceği zaman özellikle önemlidir.Uyarı mesajlarını engelleme, SeismoStruct Proje Ayarları'nın Genel sekmesi içerisinden yapılabilir.

NOT 3: Kullanıcı, analiz başında uyarı mesajlarını görüntülemeyi seçmiş bile olsa, bu mesajlar herhangi yeni bir girdi olmaması durumunda iki dakika sonra kendiliğinden kaybolur. Bu özellik, bilhassa SeismoBatch için yararlıdır çünkü bir uyarı mesajı göründüğündeanalizler durmamaktadır.

SeismoBatch'te Çalışma Dizininin Seçilmesi

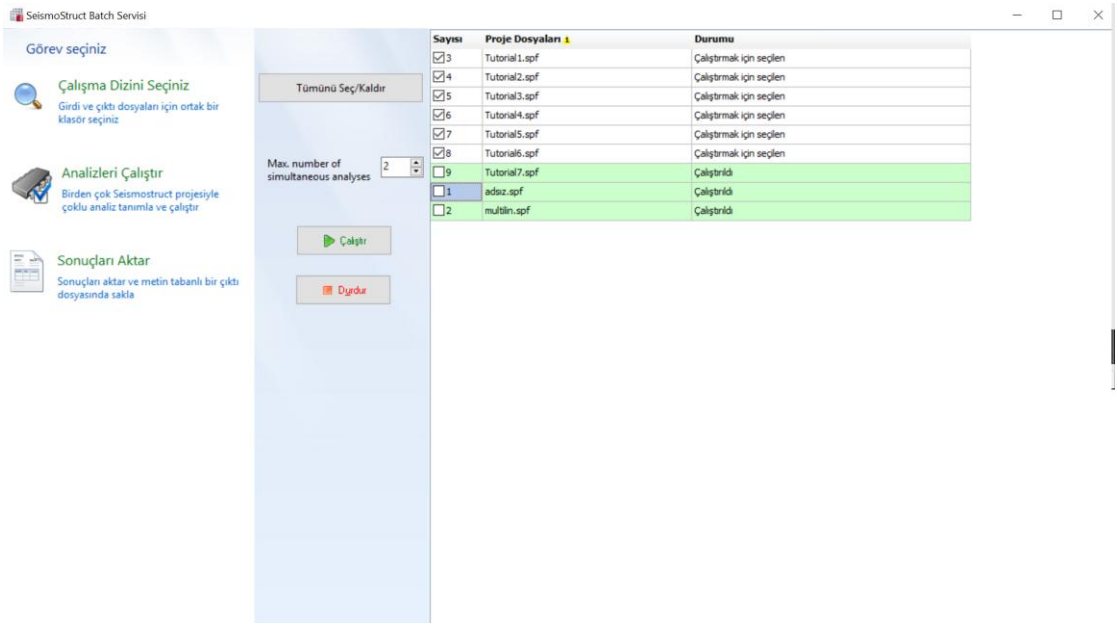
Kullanıcılar, çalışma dizinini ilgili dosya tarayıcıdan ve girdi dosyasının Standart SeismoStruct veya XML dosya formatı olup olmadığını seçebilirler. *SeismoStruct Proje & Sonuç Dosyası Ara* düğmesine tıklandıktan sonra program seçilen dosyadaki proje/XML ve sonuç dosyalarının sayısını veriri.



Çalışma dizininin seçilmesi

SEISMOBATCH'TE ANALİZİN ÇALIŞTIRILMASI

Bu modülde kullanıcılar hangi analizlerin çalıştırılacağını seçer; bu işlem tabloda beliren *.spf proje dosyalarının yanlarındaki onay kutucuklarını işaretleyerek gerçekleştirebilir. Program, herhangi bir sonuç dosyası bulunmayan tüm projeleri otomatik olarak işaretler. Sonuç dosyasına sahip olan proje dosyalarındaysa (bu projelerin çalıştırılmış olduğu anlamına gelir) herhangi bir işaret bulunmaz ve yeşil renkle işaretlenir. Ayrıca, kullanıcılar sonuç dosyasına sahip olmamasına karşın bir analizi çalıştırmak istemezlerse, ilgili kısım griyle işaretlenir, böylelikle daha rahat görüntülenir.



Analiz çalıştırma modülü

Analizlerin çalıştırılması, *Çalıştır* düğmesine tıklanarak gerçekleştirilir. Herhangi bir zamanda çalıştırılan durumda olan analiz kırmızıyla gösterilir, çalıştırılması sonlanmış analizler yeşille

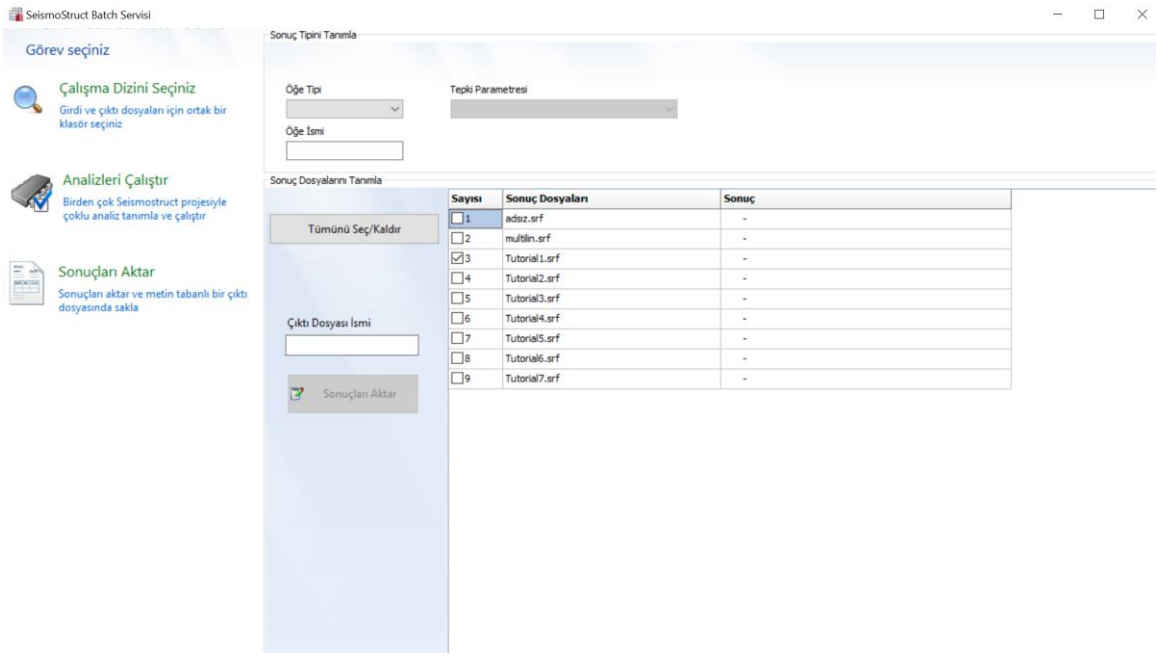
işaretlenirken henüz çalıştırılmamış olanlar beyaz görünür. Çoklu analizleri aynı anda yürütme seçeneği, çok çekirdekli işlemcilerin tam avantajını kullanabilmek için SeismoBatch 2016'da bulunmaktadır.

NOT: Batch servisiyle yapılan analizler SeismoStruct motoruyla yapılır. SeismoStruct motoru, görsel ortama sahip olmayan çözümleyicidir. Dolayısıyla, batch yoluyla çalıştırılan analizler program içerisinden çalıştırılanlara nazaran daha hızlı çalıştırılır (uygulamaya herhangi bir görsel güncelleme yapılmaz ve Windows'la ilgili işlemler de gerçekleştirilmez).

SeismoBatch'ten Sonuçların Dışarı Aktarılması

Kullanıcılar bu modül üzerinden seçili analizlere ait istenilen sonuçları dışarı aktarabilirler. Tanımlanması gereken: (i) nicelik tipi (ör: düğüm veya eleman), (ii) davranış parametresi (ör: göreceli veya mutlak deplasman/dönme) ve (iii) çıktı alınacak doğrultu'dur. Sonuçlar, sütunlardan oluşan metin tabanlı bir çıktı dosyasına yazdırılır (her bir analiz için birer çift veri sütunu, ör: zaman & deplasman).

Çıktı dosyaları herhangi bir metin görüntüleyici veya çizelge uygulamasıyla açılabilir (ör: Microsoft Excel). Ayrıca verilen metin görüntüleyici bir programdan Excel içerisine kopyalanabilir.



Sonuçların aktarılması

Referanslar

Abbasi V., Daudeville L., Kotronis P., Mazars J. [2004] "Using damage mechanics to model a four story RC framed structure submitted to earthquake loading," Proceedings of the Fifth International Conference on Fracture Mechanics of Concrete Structures, Vol. 2, pp. 823-830.

ACI 318-14 [2014] American Concrete Institute: Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318M-14) and Commentary.

ACI 369.1-22 [2023] American Concrete Institute: Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Concrete Buildings-Code and Commentary.

ACI 440.2R-17 [2017] American Concrete Institute: Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures.

Ahmad S.H., Shah S.P. [1982] "Stress-strain curves of concrete confined by spiral reinforcement," Journal of the American Concrete Institute, pp. 484-490.

Allotey N.K., El Naggar M.H. [2005a] "Cyclic Normal Force-Displacement Model for Nonlinear Soil-Structure Interaction Analysis: SeismoStruct Implementation," Research Report No. GEOT-02-05, Geotechnical Research Centre, Department of Civil & Environmental Engineering, University of Western Ontario, London, Ontario, Canada.

Allotey N.K., El Naggar M.H. [2005b] "Cyclic soil-structure interaction model for performance-based design," Proceedings of the Satellite Conference on Recent Developments in Earthquake Geotechnical Engineering, TC4 ISSMGE, Osaka, Japan.

Ameny P., Loov R.E., Shrive N.G. [1983] "Prediction of elastic behaviour of masonry," International Journal of Masonry Construction, Vol. 3, No. 1, pp. 1-9.

Annaki M., Lee K.L.L. [1977] "Equivalent uniform cycle concept for soil dynamics," Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 103, No. GT6, pp. 549-564.

ANSI/AISC 342-22 [2022] American Institute of Steel Construction: Seismic Provisions for Evaluation and Retrofit of Existing Structural Steel Buildings.

Anthes R.J. [1997] "Modified rainflow counting keeping the load sequence," International Journal of Fatigue, Vol. 19, No. 7, pp. 529-535.

Alemdar B.N., White D.W. [2005] "Displacement, flexibility, and mixed beam-column finite element formulations for distributed plasticity analysis," Journal of Structural Engineering, Vol. 131, No. 12, pp. 1811-1819.

Antoniou S., Rovithakis A., Pinho R. [2002] "Development and verification of a fully adaptive pushover procedure," Proceedings of the Twelfth European Conference on Earthquake Engineering, London, UK, Paper No. 822.

Antoniou S., Pinho R. [2004a] "Advantages and Limitations of Force-based Adaptive and Non-Adaptive Pushover Procedures," Journal of Earthquake Engineering, Vol. 8, No. 4, pp. 497-522.

Antoniou S., Pinho R. [2004b] "Development and Verification of a Displacement-based Adaptive Pushover Procedure," Journal of Earthquake Engineering, Vol. 8, No. 5, pp. 643-661.

ASCE 7-16 [2017] American Society of Civil Engineers: Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures, Chapter 6, “Tsunami Loads and Effects”.

ASCE 41-23 [2023] American Society of Civil Engineers: Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings.

Asteris P.G. [2003] "Lateral stiffness of brick masonry infilled plane frames," ASCE Journal of Structural Engineering, Vol. 129, No. 8, pp. 1071-1079.

Atkinson R.H., Amadei B.P., Saeb S., Sture S. [1989] "Response of masonry bed joints in direct shear," ASCE Journal of Structural Division, Vol. 115, No. 9, pp. 2276-2296.

Auricchio F., Sacco E. [1997] "A superelastic shape-memory-alloy beam," Journal of Intelligent Materials and Structures, Vol. 8, pp. 489-501.

Baiguera M., Rossetto T., Robertson I., and Petrone C. [2019] "Towards a tsunami nonlinear static analysis procedure for the ASCE 7 standard", In Proc. Of SECED Conference, 9-10 September 2019, Greenwich, London, UK.

Bathe K.J. [1996] "Finite Element Procedures in Engineering Analysis," 2nd Edition, Prentice Hall.

Beyer, K., Dazio, A., and Priestley, M.J.N. [2008] "Seismic design of torsionallyeccentric buildings with U-shaped RC walls," ROSE School, Pavia, Italy.

Beyer, K., Dazio, A., and Priestley, M.J.N. [2008] "Inelastic Wide-Column Modelsfor U-Shaped Reinforced Concrete Walls,"Journal of Earthquake Engineering 12:Sp1,1-33.

Beyer, K., Dazio, A., and Priestley, M.J.N.[2008] "Elastic and inelastic wide-columnmodels for RC non rectangular walls," Proceedings of the fortieth World Conferenceon Earthquake Engineering, Beijing, China.

Benjamin S.T., Williams H.A. [1958] "The behaviour of one-storey brick shear walls," ASCE Journal of Structural Division, Vol. 84, No.ST4, pp. 30.

Bento R., Pinho R., Bhatt C. [2008] "Nonlinear Static Procedures for the seismic assessment of the 3D irregular SPEAR building," Proceedings of the Workshop on Nonlinear Static Methods for Design/Assessment of 3D Structures, Lisbon, Portugal.

Bernuzzi C., Zandonini R., Zanon P. [1996] "Experimental analysis and modelling of semi-rigid steel joints under cyclic reversal loading," Journal of Constructional Steel Research, Vol. 38, No. 2, pp. 95-123.

Bertoldi S.H., Decanini L.D., Gavarini C. [1993] "Telai tamponati soggetti ad azione sismica, un modello semplificato: confronto sperimentale e numerico," (in Italian) Atti del 6° convegno nazionale ANIDIS, Vol. 2, pp. 815-824, Perugia, Italy.

Bertoldi S.H., Decanini L.D., Santini S., Via G. [1994] "Analytical models in infilled frames," Proceedings of the Tenth European Conference on Earthquake Engineering, Vienna, Austria.

Beyer K, Dazio A., Priestley M.J.N. [2008] "Inelastic wide-column models for U-shaped reinforced concrete wall," Journal of Earthquake Engineering, Vol. 12, No. 1, pp. 1-33.

Binda L., Fontana A., Frigerio G. [1988] "Mechanical behaviour of brick masonries derived from unit and mortar characteristics," Proceedings of the Eighth International Brick and Block Masonry Conference, Dublin, Ireland.

Blandon, C.A. [2005] Implementation of an Infill Masonry Model for Seismic Assessment of Existing Buildings, Individual Study, European School for Advanced Studies in Reduction of Seismic Risk (ROSE School), Pavia, Italy.

Bouc, R. [1967]. "Forced vibration of mechanical systems with hysteresis". Proceedings of the Fourth Conference on Nonlinear Oscillation. Prague, Czechoslovakia. p. 315.

Broderick B.M., Elnashai A.S., Izzuddin B.A. [1994] "Observations on the effect of numerical dissipation on the nonlinear dynamic response of structural systems," Engineering Structures, Vol. 16, No. 1, pp. 51-62.

Butterfield, R., Gottardi, G. [1994] "A complete three-dimensional failure envelope for shallow footings on sand," Géotechnique, Vol. 44, No. 1, pp. 181-184.

Calabrese A., Almeida J.P., Pinho R. [2010] "Numerical issues in distributed inelasticity modelling of RC frame elements for seismic analysis," Journal of Earthquake Engineering, Vol. 14, Special Issue 1, pp. 38-68.

Casarotti C., Pinho R. [2006] "Seismic response of continuous span bridges through fibre-based finite element analysis," Journal of Earthquake Engineering and Engineering Vibration, Vol. 5, No. 1, pp. 119-131.

Casarotti C., Pinho R. [2007] "An Adaptive capacity spectrum method for assessment of bridges subjected to earthquake action," Bulletin of Earthquake Engineering, Vol. 5, No. 3, pp. 377-390.

CEB [1996] RC Frames under Earthquake Loading: State of the Art Report, - Comite Euro-International du Beton, Thomas Telford, London, England.

Celarec D., Dolšek M. [2012] "Practice-oriented probabilistic seismic performance assessment of infilled frames with consideration of shear failure of columns," Earthquake Engineering & Structural Dynamics, Vol. 43, No. 9, pp. 1339-1360.

CEN [2005] European Prestandard ENV 1998: Eurocode 8 - Design provisions for earthquake resistance of structures. ComiteEuropeen de Normalisation, Brussels.

Chang, G.A., Mander, J.B. [1994] "Seismic Energy Based Fatigue Damage Analysis of Bridge Columns: Part 1 – Evaluation of Seismic Capacity," NCEER Technical Report No. NCEER-94-0006,State University of New York, Buffalo, N.Y.

Chege J.K., Matalanga N. [2000] "NDT Application in Structural Integrity Evaluation of Bomb Blast Affected Buildings," Proceedings of the Fifteenth World Conference on Non-Destructive Testing, Rome, Italy.

Chopra A.K. [1995] Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering, Prentice-Hall.

Chopra A.K. &Goel R.K. [2001] A Modal Pushover Analysis Procedure to EstimateSeismic Demands for Buildings:Theory and Preliminary Evaluation, Pacific Earthquake Engineering Research Center, Technical Report PEER No. 2001/03.

Christopoulos C., Tremblay R., Kim H.-J., Lacerte M. [2008] "Self-Centering Energy Dissipative Bracing Systemfor the Seismic Resistance of Structures:Development and Validation", *Journal of Structural Engineering*, Vol. 134, No. 1, pp. 96-107.

Clough R.W., Johnston S.B. [1966] "Effect of Stiffness Degradation on Earthquake Ductility Requirements" Proceedings, Second Japan National Conference on Earthquake Engineering, 1966, pp.227-232.

Clough R.W., Penzien J. [1994] Dynamics of Structures, 2nd Edition, McGraw Hill.

Constantinou, M.C., Tsopelas, P.C., Kasalanati, A., and Wolff, E. [1999], "PropertyModification Factors for Seismic Isolation Bearings," *Report No. MCEER-990012*,Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research, State University of New York, Buffalo, NY.Cook R.D., Malkus D.S., Plesha M.E. [1989] Concepts and Applications of Finite Elements Analysis, John Wiley & Sons.

Correia, A.A., Paolucci, R. [2019] "A 3D coupled nonlinear shallow foundation macro-element for seismic soil-structure interaction analysis," submitted to *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*.

Correia, A.A., Pecker, A. [2019a] "Failure mechanism for laterally loaded flexible piles based on yield design theory," submitted to *Géotechnique*.

Correia, A.A., Pecker, A. [2019b] "Nonlinear pile-head macro-element for the seismic analysis of structures on flexible piles," submitted to *Bulletin of Earthquake Engineering*.

Correia A.A., Virtuoso F.B.E. [2006] "Nonlinear Analysis of Space Frames," Proceedings of the Third European Conference on Computational Mechanics: Solids, Structures and Coupled Problems in Engineering, Mota Soares et al. (Eds.), Lisbon, Portugal.

Cremer C., Pecker A., Davenne L. [2002] "Modelling of non linear dynamic behaviour of a shallow foundation with macro - element," Journal of Earthquake Engineering, Vol. 6, No. 2, pp. 175-212.

Crisafulli F.J. [1997] Seismic Behaviour of Reinforced Concrete Structures with Masonry Infills, PhD Thesis, University of Canterbury, New Zealand.

Crisafulli F.J., Carr A.J., Park R. [2000] "Analytical modelling of infilled frame structures – a general overview," Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering, Vol. 33, No 1.

Crisfield M.A. [1991] Non-linear Finite Element Analysis of Solids and Structures, John Wiley & Sons.

Dawe J.I., Young T.C. [1985] "An investigation of factors influencing the behaviour of masonry infills in steel frames subjected to on-plane shear," Proceedings of the Seventh International Brick Masonry Conference, Melbourne, Australia.

Dawe J. L. and Seah C. K. [1989] "Out-of-plane resistance of concrete masonry infilled panels." Can. J. Civ. Eng., 16(6), 854-856

Decanini L.D., Fantin G.E. [1987] "Modelos Simplificados de la Mamposteria Incluida en Porticos. Caracterísicass de Rigidez y Resistencia Lateral en Estado Limite," Jornadas Argentinas de Ingenieria Estructural, Buenos Aires, Argentina, Vol. 2, pp. 817-836. (in Spanish)

Deierlein G.G., Reinhorn A.M., and Willford M.R. [2010] "Nonlinear structural analysis for seismic design," NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 4, produced by the NEHRP Consultants Joint Venture, a partnership of the Applied Technology Council and the Consortium of Universities for Research in Earthquake Engineering, for the National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, NIST GCR 10-917-5.

Della Corte G., De Matteis G., Landolfo R. [2000] "Influence of connection modelling on seismic response of moment resisting steel frames," in Moment Resistant Connections of Steel Frames in Seismic Areas: Design and Reliability (ed. F.M. Mazzolani), Chapter 7, E&FN Spon, London, New York.

De Martino A., Faella C., Mazzolani F.M. [1984] "Simulation of Beam-to-Column Joint Behaviour under Cyclic Loads," ConstruzioniMetalliche, Vol. 6, pp. 346-356.

De Sortis A., Di Pasquale G., Nasini U. [1999] Criteri di Calcolo per la Progettazione degli Interventi – Terremoto in Umbria e Marche del 1997, Servizio Sismico Nazionale, Rome, Italy. (in Italian)

Dionysis Biskinis and Michael N. Fardis [2013] "Stiffness and cyclic deformation capacity of circular RC columns with or wothout lap-splices and FRP wrapping," Bulletinof Earthquake Engineering11(5)

Dodd L., Restrepo-Posada J. [1995] "Model for Predicting Cyclic Behavior of Reinforcing Steel," Journal of Structural Engineering, Vol. 121, No. 3, pp. 433–445.

Drysdale R.G., Khattab M.M. [1995] "In-plane behaviour of grouted concrete masonry under biaxial tension-compression," American Concrete Institute Journal, Vol. 92, No. 6, pp. 653-664.

EC8 – Part 5 [2003] *Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 5: Foundations, retaining structures and geotechnical aspects*, EN 1998-5:2004, European Committee for Standardization (CEN), Belgium.

Elnashai A.S., Elghazouli A.Y. [1993] "Performance of composite steel/concrete members under earthquake loading, Part I: Analytical model," Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 22, pp. 315-345.

Emori K., Schnobrich W.C. [1978] Analysis of Reinforced Concrete Frame-Wall Structures for Strong Motion Earthquakes, Structural Research Series No. 434, Civil Engineering Studies, University of Illinois at Urbana-Champaign.

EN 1998-1 (2004) (English): Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings.

EN 1998-3 (English) [2004]: Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance -Part 3: Assessment and retrofitting of buildings.

Felippa C.A. [2001] "Nonlinear Finite Element Methods," Lecture Notes, Centre for Aerospace Structure, College of Engineering, University of Colorado, USA. Available from URL: http://www.colorado.edu/engineering/CAS/courses.d/NFEM.d/Home.html.

Felippa C.A. [2004] "Introduction to Finite Element Methods," Lecture Notes, Centre for Aerospace Structure, College of Engineering, University of Colorado, USA. Available from URL: http://www.colorado.edu/engineering/CAS/courses.d/IFEM.d/Home.html.

Ferracuti B., Savoia M. [2005] "Cyclic behaviour of FRP-wrapped columns under axial and flexural loadings," Proceedings of the International Conference on Fracture, Turin, Italy.

Ferracuti B., Pinho R., Savoia M., Francia R. [2009] "Verification of Displacement-based Adaptive Pushover through multi-ground motion incremental dynamic analyses," Engineering Structures, Vol. 31, pp. 1789-1799.

FIB [2001] "Externally Bonded FRP Reinforcement for RC Structures," FIB Bulletin n. 14, Federation Internationale du Beton, pp. 138.

FIB [2006] Retrofitting of Concrete Structures by Externally Bonded FRPS, with Emphasis on Seismic Applications, FIB Bulletin n. 35, Federation Internationale du Beton, pp. 220.

Filippou F.C., Popov E.P., Bertero V.V. [1983] "Effects of bond deterioration on hysteretic behaviour of reinforced concrete joints," Report EERC 83-19, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley.

Filippou F.C., Fenves G.L. [2004] "Methods of analysis for earthquake-resistant structures", Chapter 6 in 'Earthquake Engineering - From Engineering Seismology to Performance-Based Engineering', eds. Y. Bozorgnia and V.V. Bertero, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.

Fiorato A.E., Sozen M.A., Gamble W.L. [1970] An Investigation of the Interaction of Reinforced Concrete Frames with Masonry Filler Walls, Report UILU-ENG-70-100, Department of Civil Engineering, University of Illinois, Urbana-Champaign IL, USA.

Foster A.S.J., Rossetto T., and Allsop W. [2017] “An experimentally validated approach for evaluating tsunami inundation forces on rectangular buildings”, Coastal Engineering, Vol. 128, pp. 44-57.

Fragiadakis M., Pinho R., Antoniou S. [2008] "Modelling inelastic buckling of reinforcing bars under earthquake loading," in Progress in Computational Dynamics and Earthquake Engineering, Eds. M. Papadrakakis, D.C. Charmpis, N.D. Lagaros and Y. Tsompanakis, A.A. Balkema Publishers – Taylor & Francis, The Netherlands.

Fragiadakis M., Papadrakakis M. [2008] "Modeling, analysis and reliability of seismically excited structures: computational issues," International Journal of Computational Methods, Vol. 5, No. 4, pp. 483-511.

Freitas J.A.T., Almeida J.P.M., Pereira E.M.B.R. [1999] "Non-conventional formulations for the finite element method," Computational Mechanics, Vol. 23, pp. 488-501.

Fugazza D. [2003] Shape-memory Alloy Devices in Earthquake Engineering: Mechanical Properties, Constitutive Modelling and Numerical Simulations, MSc Dissertation, European School for Advanced Studies in Reduction of Seismic Risk (ROSE School), Pavia, Italy.

Gazetas, G. [1991] “Foundation vibrations,” *Foundation Engineering Handbook*, 2nd Ed., Fang, H.Y. (Ed.), pp. 553-593, Van Nostrand Reinhold, New York, USA.

Gere J.M., Timoshenko S.P. [1997] Mechanics of Materials, 4th Edition.

Giannakas A., Patronis D., Fardis M. [1987] "The influence of the position and the size of openings to the elastic rigidity of infill walls," Proceedings of Eighth Hellenic Concrete Conference, Xanthi-Kavala, Greece. (in Greek)

Giberson, M.F. [1967] “The Response of Nonlinear Multi-Story Structures subjected to Earthquake Excitation,” Doctoral Dissertation, California Institute of Technology, Pasadena, CA., May 1967, 232pp.

Giberson, M.F. [1969] “Two Nonlinear Beams with Definition of Ductility,” Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 95, No. 2, pp. 137-157.

Gostic S., Zarnic R. [1985] "Cyclic lateral response of masonry infilled R/C frames and confined masonry walls," Proceedings of the Eighth North-American Masonry Conference, Austin, Texas, USA.

Hall J.F. [2006] "Problems encountered from the use (or misuse) of Rayleigh damping," Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 35, No. 5, pp. 525-545.

Hamburger R.O. [1993] "Methodology for seismic capacity evaluation of steel-frame buildings with infill unreinforced masonry," Proceedings of the US National Conference on Earthquake Engineering, Memphis, Tennesse, USA.

Hamburger R.O., Foutch D.A., Cornell C.A. [2000] "Performance basis of guidelines for evaluation, upgrade and design of moment-resisting steel frames," Proceedings of the Twelfth World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand, paper No. 2543.

Han T.-S., Feenstra P.H., Billington S.L. [2003] "Simulation of Highly Ductile Fiber-Reinforced Cement-Based Composite Components Under Cyclic Loading , Vol. 100, No. 6, pp. 749-757

Hellesland J., Scordelis A. [1981] "Analysis of RC bridge columns under imposed deformations," IABSE Colloquium, Delft, pp. 545-559.

Hendry A.W. [1990] Structural Masonry, Macmillan Education Ltd, London, England.

Hilber H.M., Hughes T.J.R., Taylor R.L. [1977] "Improved numerical dissipation for time integration algorithms in structural dynamics," Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 5, No. 3, pp. 283-292.

Holmes M. [1961] "Steel Frames with Brickwork and Concrete Infilling," Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Vol. 19, pp. 473-478.

Hughes T.J.R. [1987] The Finite Element Method, Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis, Prentice-Hall.

Hyodo M., Yamamoto Y., Sugyiama M. [1994] "Undrained cyclic shear behavior of normally consolidated clay subjected to initial static shear stresses," Soils and Foundations, Vol. 34, No. 4, pp. 1-11.

Ibarra L.F., Medina R.A., Krawinkler H. [2005] "Hysteretic Models that Incorporate Stiffness and Strength Deterioration." Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 34 pp. 1489-1511.

Irons B.M. [1970] "A frontal solution program for finite element analysis," International Journal for Numerical Methods in Engineering, Vol. 2, pp. 5-32.

Izzuddin B.A. [1991] Nonlinear Dynamic Analysis of Framed Structures, PhD Thesis, Imperial College, University of London, London, UK

Kaldjian M.J. [1967] "Moment-curvature of beams as Ramberg-Osgood functions," Journal of Structural Division, ASCE, Vol. 93, No. ST5, pp. 53-65.

KANEPE [2022] Earthquake Planning and Protection Organisation of Greece: Code for Structural Interventions, 3rd revision.

Kappos A., Konstantinidis D. [1999] "Statistical analysis of confined high strength concrete," Materials and Structures, Vol. 32, pp. 734-748.

Karsan I.D., Jirsa J.O. [1969] "Behavior of concrete under compressive loading.", Journal of the Structural Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol. 95, Issue 12, pp. 2543-2564

KentD.C., ParkR. [1971] "Flexural members with confined concrete.", Journal of the Structural Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol. 97, Issue 7, pp. 1969-1990

Kunnath S.K. [2004] "Identification of modal combination for nonlinear static analysis of building structures," Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, Vol. 19, pp. 246-259.

Law K.H. and Mackay D.R.[1992]. A parallel row-oriented sparse solution method for finite element structural analysis. Manuscript NA-92-10. Computer Science Department, Stanford University. August 1992.

Liauw T.C., Lee S.W. [1977] "On the behaviour and the analysis of multi-storey infilled frames subjected to lateral loading," Proceedings of Institution of Civil Engineers, Part 2, Vol. 63, pp. 641-656.

Liauw T.C., Kwan K.H. [1984] "Nonlinear behaviour of non-integral infilled frames," Computer and Structures, Vol. 18, No. 3, pp. 551-560.

Lignos D.G.,Krawinkler H. [2011] "Deterioration Modeling of Steel Components in Support of Collapse Prediction of Steel Moment Frames under Earthquake Loading." Journal of Structural Engineering, Vol. 137, No. 11, pp. 1291-1302.

Lignos, D.G., Krawinkler, H. [2012]. "Development and Utilization of Structural Component Databases for Performance-Based Earthquake Engineering", Journal of Structural Engineering, ASCE.

Liu, J. W. H. [1986]. A compact row storage scheme for Cholesky factors using elimination trees. ACM Trans. Math. Software 12, 127-148 (1986).

Lopez-Menjivar MA. [2004] Verification of a Displacement-Based Adaptive Pushover Method for Assessment of 2D RC Buildings. PhD Thesis, European School for Advanced Studies in Reduction of Seismic Risk (ROSE School), University of Pavia, Italy.

Mackay D. R., Law K. H., and Raefsky A. [1991] "An implementation of a generalized sparse/profile finite element solution method." Comput. Struct., 41, 723–737.

Madas P. [1993] "Advanced Modelling of Composite Frames Subjected to Earthquake Loading," PhD Thesis, Imperial College, University of London, London, UK.

Madas P. and Elnashai A.S. [1992] "A new passive confinement model for transient analysis of reinforced concrete structures," Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 21, pp. 409-431.

Mahin SA, Bertero VV.[1976] "Nonlinear seismic response of a coupled wall system." ASCE Journal of the Structural Division Vol.102:1759–1980.

Mainstone R.J. [1971] "On the Stiffnesses and Strength of Infilled Panels," Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Supplement IV, pp. 57-90.

Mainstone R.J., Weeks G.A. [1970] "The influence of Bounding Frame on the Racking Stiffness and Strength of Brick Walls," Proceedings of the Second International Brick Masonry Conference, Stoke-on-Trent, United Kingdom.

Mallick D.V., Garg R.P. [1971] "Effect of openings on the lateral stiffness of infilled frames," Proceedings of the Institution of Civil Engineering, Vol. 49, pp. 193-209.

Mander J.B., Priestley M.J.N., Park R. [1988] "Theoretical stress-strain model for confined concrete," Journal of Structural Engineering, Vol. 114, No. 8, pp. 1804-1826.

Mann W., Muller H. [1982] "Failure of shear-stresses masonry - an enlarged theory, tests and application to shear walls, " Proceedings of the British Ceramic Society, Vol. 30, pp. 139-149.

Mari A., Scordelis A. [1984] "Nonlinear geometric material and time dependent analysis of three dimensional reinforced and prestressed concrete frames," SESM Report 82-12, Department of Civil Engineering, University of California, Berkeley.

Martinez-Rueda J.E. [1997] Energy Dissipation Devices for Seismic Upgrading of RC Structures, PhD Thesis, Imperial College, University of London, London, UK.

Martinez-Rueda J.E., Elnashai A.S. [1997] "Confined concrete model under cyclic load," Materials and Structures, Vol. 30, No. 197, pp. 139-147.

Menegotto M., Pinto P.E. [1973] "Method of analysis for cyclically loaded R.C. plane frames including changes in geometry and non-elastic behaviour of elements under combined normal force and bending," Symposium on the Resistance and Ultimate Deformability of Structures Acted on by Well Defined Repeated Loads, International Association for Bridge and Structural Engineering, Zurich, Switzerland, pp. 15-22.

Mirza S.A. [1989] "Parametric study of composite column strength variability," Journal of Construction Steel Research, Vol. 14, pp. 121-137.

Monti G., Nuti C. [1992] "Nonlinear cyclic behaviour of reinforcing bars including buckling," Journal of Structural Engineering, Vol. 118, No. 12, pp. 3268-3284.

Monti, G., Nuti, C., Santini, S. [1996] CYRUS - Cyclic Response of Upgraded Sections, Report No. 96-2, University of Chieti, Italy.

Mosalam K.M., White R.N., Gergely P. [1997] "Static response of infilled frames using quasi-static experimentation," ASCE Journal of Structural Engineering, Vol. 123, No. 11, pp. 1462-1469.

Mpampatsikos V., Nascimbene R., Petrini L. [2008] "A critical review of the R.C. frame existing building assessment procedure according to Eurocode 8 and Italian Seismic Code," Journal of Earthquake Engineering, Vol. 12, Issue SP1, pp. 52-58.

Muthukumar S. and DesRoches R. [2006] "Elastoplastic A Hertz contact model with non-linear dampingfor pounding simulation", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 35, pp. 811-828

Nagashima T., Sugano S., Kimura H., Ichikawa A. [1992] "Monotonic axial compression tests on ultra high strength concrete tied columns," Proceedings of the Tenth World Conference on Earthquake Engineering, Madrid, Spain, pp. 2983-2988.

Neuenhofer A., Filippou F.C. [1997] "Evaluation of nonlinear frame finite-element models," Journal of Structural Engineering, Vol. 123, No. 7, pp. 958-966.

Newmark N.M. [1959] "A method of computation for structural dynamics," Journal of the Engineering Mechanics Division, ASCE, Vol. 85, No. EM3, pp. 67-94.

Nogueiro P., Simoes da Silva L., Bento R., Simoes R. [2005a] "Numerical implementation and calibration of a hysteretic model with pinching for the cyclic response of steel and composite joints," Proceedings of the Fourth International Conference on Advances in Steel Structures, Shangai, China, Paper no. ISP-45.

Nogueiro P., Simoes da Silva L., Bento R., Simoes R. [2005b] "Influence of joint slippage on the seismic response of steel frames," Proceedings of the EuroSteel Conference on Steel and Composite Structures, Maastricht, Nederlands, Paper no. 314.

NTC 2018, D.M. Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018 (G.U. 20 febbraio 2018 n. 8 - Suppl. Ord.). "Norme tecniche per le Costruzioni" (NTC18).

Oran C. [1973] "Tangentstiffness in space frames," Journal of the StructuralDivision, ASCE, Vol. 99, No. ST6, pp. 987-1001.

Otani, S. [1974] SAKE, A Computer Program for Inelastic Response of R/C Frames to Earthquakes, Report UILU-Eng-74-2029, Civil Engineering Studies, University of Illinois at Urbana-Champaign, USA.

Otani S. [1981] "Hysteresis Models of Reinforced Concrete for earthquake Response Analysis," Journal of Faculty of Engineering, University of Tokyo, Vol. XXXVI, No2, 1981 pp 407-441.

Papia M. [1988] "Analysis of infilled frames using a coupled finite element and boundary element solution scheme," International Journal for Numerical Methods in Engineering, Vol. 26, pp. 731-742.

Park R., Paulay T. [1975] Reinforced Concrete Structures, John Wiley & Sons, New York.

Park Y. J., Wen Y. K., Ang H-S. [1986] "Random Vibration of Hysteretic Systems under Bi- Directional Ground Motions" *Earthquake Engi neering and Structural Dynamics*, Vol. 14, No 4, pp. 543-557.

Paulay T., Priestley M.J.N. [1992] Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings, John Wiley & Sons Inc., New York.

Pegon P. [1996] "Derivation of consistent proportional viscous damping matrices," JRC Research Report No I.96.49, Ispra, Italy.

Penelis G.G., Kappos A.J. [1997] Earthquake-resistant Concrete Structures, E & FN Spon, London, UK.

Petrone C., Rossetto T., and Goda K. [2017] "Fragility Assessment of a RC Structure under Tsunami Actions Via Nonlinear Static and Dynamic Analyses", Engineering Structures, Vol. 136, pp. 36–53.

Pietra D., Pinho R. and Antoniou S. [2006] "Verification of displacement-based adaptive pushover for seismic assessment of high-rise steel buildings," Proceedings of the First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Geneva, Switzerland, Paper no. 956.

Pilkey W.D. [1994] Formulas for Stress, Strain, and Structural Matrices, John Wiley & Sons, New York.

Pinho R., Antoniou S. [2005] "A displacement-based adaptive pushover algorithm for assessment of vertically irregular frames," Proceedings of the Fourth European Workshop on the Seismic Behaviour of Irregular and Complex Structures, Thessaloniki, Greece.

Pinho R., Casarotti C., Antoniou S. [2007] "A comparison of single-run pushover analysis techniques for seismic assessment of bridges," Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 36, No. 10, pp. 1347–1362.

Pinho R., Bhatt C., Antoniou S., Bento R. [2008a] "Modelling of the horizontal slab of a 3D irregular building for nonlinear static assessment," Proceedings of the Fourteenth World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China, Paper no. 05-01-0159.

Pinho R., Marques M., Monteiro R., Casarotti C. [2008b] "Using the Adaptive Capacity Spectrum Method for seismic assessment of irregular frames," Proceedings of the Fifth European Workshop on the Seismic Behaviour of Irregular and Complex Structures, Catania, Italy, Paper no. 21.

Pinho R., Monteiro R., Casarotti C., Delgado R. [2009] "Assessment of continuous span bridges through Nonlinear Static Procedures," Earthquake Spectra, Vol. 25, No. 1, pp. 143-159.

Priestley M.J.N. [2003] Myths and Fallacies in Earthquake Engineering, Revisited. The Mallet Milne Lecture, IUSS Press, Pavia, Italy.

Priestley M.J.N., Grant D.N. [2005] "Viscous damping in seismic design and analysis," Journal of Earthquake Engineering, Vol. 9, Special Issue 1, pp. 229-255.

Priestley M.J.N., Seible F., Calvi G.M. [1996] Seismic Design and Retrofit of Bridges, John Wiley & Sons Inc., New York.

Prota A., Cicco F., Cosenza E. [2009] "Cyclic behavior of smooth steel reinforcing bars: experimental analysis and modeling issues," Journal of Earthquake Engineering, Vol. 13, No. 4, pp. 500–519.

Przemieniecki J.S. [1968] Theory of Matrix Structural Analysis, McGraw Hill.

Qi Z.X., Eames I., Johnson E.R. [2014], "Force Acting on a Square Cylinder Fixed in a Free-Surface Channel Flow", Journal of Fluid Mechanics, Vol. 756, pp. 716–727.

Ramberg W., Osgood W.R. [1943] Description of Stress-Strain Curves by Three Parameters, National Advisory Committee on Aeronautics, Technical Note 902.

Repapis C. [2000] Study of Different Approaches for Nonlinear Dynamic Analysis of RC Frames, MSc Dissertation, Dept. of Civil Engineering, Imperial College, London, UK.

Ribeiro F.L.A., Barbosa A.R., Scott M.H., Neves L.C. [2014] "Deterioration Modeling of Steel Moment Resisting Frames Using Finite-Length Plastic Hinge Force-Based Beam-Column Elements." Journal of Structural Engineering, Vol. 141, No. 2, pp. 04014112.

Richard R.M., Abbott B.J. [1975] "Versatile Elastic Plastic Stress-Strain Formula," Journal of Engineering Mechanics, ASCE, Vol. 101, No. 4, pp. 511-515.

Riddington J.R., Ghazali M.Z. [1988] "Shear strength of masonry walls," Proceedings of the Eighth International Brick and Block Masonry Conference, Dublin, Ireland.

Rosenblueth, E.[1951]*A basis for a Seismic Design*, PhD Thesis, University of Illinois, Urbana, USA..

Sahlin S. [1971] Structural Masonry, Prentice-Hall Inc., New Jersey, USA.

San Bartolome A.[1990] Collecisσn del Ingeniero Civil, Libro No. 4, Colegio de Ingenierios del Peru, Peru. (in Spanish)

Sattar S. and Liel A.B. [2010] "Seismic Performance of Reinforced Concrete Frame Structures with and without Masonry Infill Walls". 9th U.S. National and 10th Canadian Conference on Earthquake Engineering, Toronto, Canada.

Scott B.D., Park R., Priestley M.J.N. [1982] "Stress-strain behaviour of concrete confined by overlapping hoops at low and high strain rates," ACI Journal, Vol. 79, No. 1, pp. 13-27.

Scott M.H., Fenves G.L. [2006] "Plastic hinge integration methods for force-based beam–column elements," ASCE Journal of Structural Engineering, Vol. 132, No. 2, pp. 244-252.

Seed H.B., Idriss I.M., Makdisi F., Banerjee N. [1975] "Representation of irregular stress time-histories by equivalent uniform stress series in liquefaction analysis," Report No. UCB/EERC 75-29, University of California, Berkeley, USA.

Sheikh S.A., Uzumeri S.M. [1982] "Analytical model for concrete confined in tied columns," Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 108, No. ST12, pp. 2703-2722.

Simo J.C., Hughes T.J.R. [1998] "Computational Inelasticity", Springer-Verlag New York, USA.

Simoes R., Simoes da Silva L., Cruz P. [2001] "Behaviour of end-plate beam-to-column composite joints under cyclic loading," International Journal of Steel and Composite Structures, Vol. 1, No. 3, pp. 355-376.

Sivaselvan M., Reinhorn A.M. [1999] "Hysteretic models for cyclic behavior of deteriorating inelastic structures," Report MCEER-99-0018, MCEER/SUNY/Buffalo.

Sivaselvan M., Reinhorn A.M. [2001] "Hysteretic models for deteriorating inelastic structures," Journal of Engineering Mechanics, ASCE, Vol. 126, No. 6, pp. 633-640, with discussion by Wang and Foliente and closure in Vol. 127, No. 11.

Smyrou E., Blandon C.A., Antoniou S., Pinho R., Crisafulli F. [2011] "Implementation and verification of a masonry panel model for nonlinear dynamic analysis of infilled RC frames," Bullettin of Earthquake Engineering, DOI 10.1007/s10518-011-9262-6.

Spacone E., Ciampi V., Filippou F.C. [1996] "Mixed formulation of nonlinear beam finite element," Computers & Structures, Vol. 58, No. 1, pp. 71-83.

Spoelstra M., Monti G. [1999] "FRP-confined concrete model," Journal of Composites for Construction, ASCE, Vol. 3, pp. 143-150.

Shrive N.G. [1991] "Materials and material properties," in Reinforced and Prestressed Masonry, Longman Scientific and Technical, London, England.

Stafford-Smith B. [1966] "Behaviour of square infilled frames," Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Journal of Structural Division, Vol. 92, No. ST1, pp. 381-403.

Stafford-Smith B. and Carter C. [1969]. "A method for the analysis of infilled frames", Proc. Instn. Civ. Engrs., 44, 31–48.

Stockl S., Hofmann P. [1988] "Tests on the shear bond behaviour in the bed-joints of masonry," Proceedings of the Eighth International Brick and Block Masonry Conference, Dublin, Ireland.

Takeda T., Sozen M.A., Nielsen N.N. [1970] "Reinforced concrete response to simulated earthquakes," Journal of Structural Division, ASCE, Vol. 96, No. ST12, pp. 2557-2573.

TBDY [2018]: Turkish Seismic Building Regulations.

Thiruvengadam H. [1980] "On the natural frequencies of infilled frames," Journal of Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 13, pp. 507-526.

Triantafillou T.C. [2006] "Seismic Retrofitting using Externally Bonded Fibre Reinforced Polymers (FRP)," (To appear in Chapter 5 of the fib bulletin "Seismic Assessment & Retrofit of RC Buildings")

Trueb U. [1983] Stability Problems of Elasto-Plastic Plates and Shells by Finite Elements, PhD Thesis, Imperial College, University of London, London.

TS500 [2000]: Requirements for Design and Construction of Reinforced Concrete Structures.

Utku B. [1980] "Stress magnifications in walls with openings," Proceedings of the Seventh World Conference on Earthquake Engineering, Istanbul, Turkey.

Vamvatsikos D., Cornell C.A. [2002] "Incremental dynamic analysis," Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 31, No. 3, pp. 491-514.

Varum H.S.A. [2003] Seismic Assessment, Strengthening and Repair of Existing Buildings, PhD Thesis, University of Aveiro, Portugal.

Wen Y.K. [1976] "Method for Random Vibration of Hysteretic Systems," *Jou nal of the Engineering Mechanics Division*, ASCE, Vol. 102, Issue 2, Pg. 249-263.

Wilson E. [2001] Static and Dynamic Analysis of Structures, Computers and Structures Inc, Berkeley, California. (available at URL: http://www.edwilson.org/book/book.htm)

Wakabayashi M. [1986] Design of earthquake-resistant buildings, McGraw-Hill, USA.

Wan Q., Yi W. [1986] "The shear strength of masonry walls under combined stresses," Proceedings of the Fourth Canadian Masonry Symposium, University of New Brunswick, Canada.

Wolf J.P. [1994] Foundation Vibration Analysis Using Simple Physical Models, Prentice Hall, New Jersey, USA.

Yassin M.H.M. [1994] Nonlinear analysis of prestressed concrete structures under monotonic and cyclic loads, PhD Thesis, University of California, Berkeley, USA.

Yankelevsky D.Z., Reinhardt H.W. [1989] "Uniaxial behavior of concrete in cyclic tension," Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 115, No. 1, pp. 166-182.

Zienkiewicz O.C., Taylor R.L. [1991] The Finite Element Method, 4th Edition, McGraw Hill.

Zona A. and Dall'Asta A. [2012] "Elastoplastic model for Steel buckling-restrained braces",Journal of Constructional Steel Research , Vol. 68, pp. 118-125

Ek A -Genel Teori ve Modelleme Varsayımları

Bu ekte SeismoStruct'ın kullandığı teorik temel ve modelleme varsayımları anlatılacaktır. Ayrıca, kullanıcıların daha derin ve geniş bilgiye sahip olabilmesi için çok sayıda makaleye de referans verilmektedir.

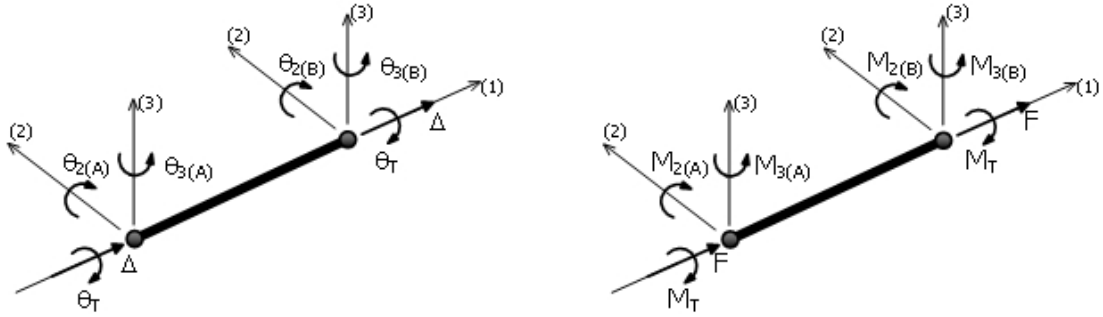
GEOMETRİK NONLİNEERİTE

SeismoStruct içerisinde büyük deplasmanlar/dönmeler ile eleman eksenine göreceli olarak büyük bağımsız şekil değiştirmeler (ikinci mertebe etki ya da P-Delta olarak da bilinir) Correia ve Virtuoso [2006]tarafından geliştirilen ve kodlanan bir formulasyonla hesaba katılır.

Uyarlanan formulasyon, kolon ve kiriş elemanlarında büyük yer değiştirmeler ve üç boyutlu dönmelerin kinematik olarak dönüştürülmesi esasına dayanır. Dolayısıyla, böyle bir formulasyon elemanların bağımsız davranışlarını ve geometrik nonlineeritenin rijitlik matrisine olan doğal etkisini doğru ve kesin olarak modeller.

Genel anlamda anlatılması gerekirse, uyarlanan formulasyon; eleman eksenine göre küçük şekil değiştirmelerin düğümlerde oluşan büyük yer değiştirme ve dönmelere karşı gelemeyeceğini varsayar.

Kiriş ve kolon elemanlarının lokal koordinatlarındaki altı temel serbestlik derecesi ($\theta_{2(A)}$, $\theta_{3(A)}$, $\theta_{2(B)}$, $\theta_{3(B)}$, Δ, θ_T) ve bunlara karşılık gelen kesit tesitleri ($M_{2(A)}$, $M_{3(A)}$, $M_{2(B)}$, $M_{3(B)}$, F, M_T) şeklinde tanımlanır ve aşağıdaki figürde gösterildiği gibidir:



Lokal koordinat sisteminde gösterilen kiriş-kolon elemanı

NOT 1: Kolonveyakirişelemanlarının bağlı oldukları uç düğüm noktalarına göreceli olarak büyük şekil değiştirmeleri beklendiği durumlarda, bu etkiyi hesaba katabilmek için genellikle eleman başına 2-3 parça yeterli gelmektedir; bu sayı bir çok durum için yeterli olmaktadır.

NOT 2: Tekilayaklarınanalizindetarafsız eksenin ağırlık merkeziyle çakışık olmadığı durumlarda geometric nonlineerite de eklenirse gerçekçi olmayan eksenel yük düzeyleri elde edilebilir.

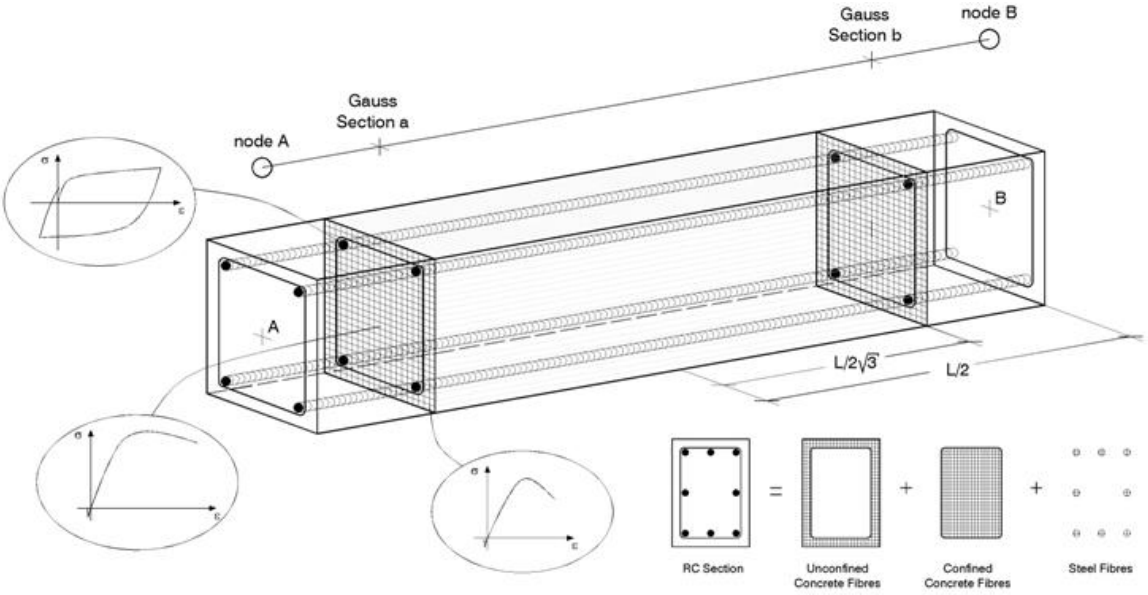
MALZEME İNELASTİSİTESİ

Deprem mühendisliğinde yayılı inelastik elemanların önemi, gerek araştırma gerekse uygulamada gittikçe artmaktadır. Detaylı bilgi için; bu elemanların geçmişten günümüze gelişimleri, göreceli olarak daha basit yığılı plastisite modellerine göre üstünlükleri ve mevcut sınırlılıkları Filippou F.C. ve Fenves

G.L. [2004] veya Fragiadakis ve Papadrakakis [2008] makalesinde bulunabilir. Belirli bir yükleme altında yapılan çerçeve modellerinde yığılı plastik modellerin aksine, yayılı inelastisite elemanlarının ampirik davranış parametreleri herhangi(en azından doğrudan) bir kalibrasyon gerektirmemektedir.

SeismoStruct'ta kesit ve eleman davranışı fiber elemanlar yoluyla modellenmekte olup, her fiber elemana tek eksenli gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisi tanımlıdır. Daha sonra kesitlerdeki gerilme-birim şekil değiştirme davranışı içerdiği tüm fiberlerin (ortalama 100-150 adet) doğrusal olmayan tek eksenli davranışlarının toplanmasıyla elde edilir. Örnek bir betonarme kiriş kesidi ve içerdiği fiber elemanlar aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.

Yayılı inelastisite modeli (ya da fiber yaklaşımı), herhangi bir kesit için moment-eğrilik analizi veya herhangi bir mafsal için histeretik davranış öntanımlaması gerektirmemekte olup; eksenel yük eğilme momenti etkileşimi (rijitlik ve mukavemet), çift eksenli yükleme (eğilme) ve eğilme mukavemetinin dik doğrultularda etkileşimini doğrudan modelleme avantajını sağlamaktadır.



Tipik bir betonarme elemanının fiberlerine (liflerine) ayrılması

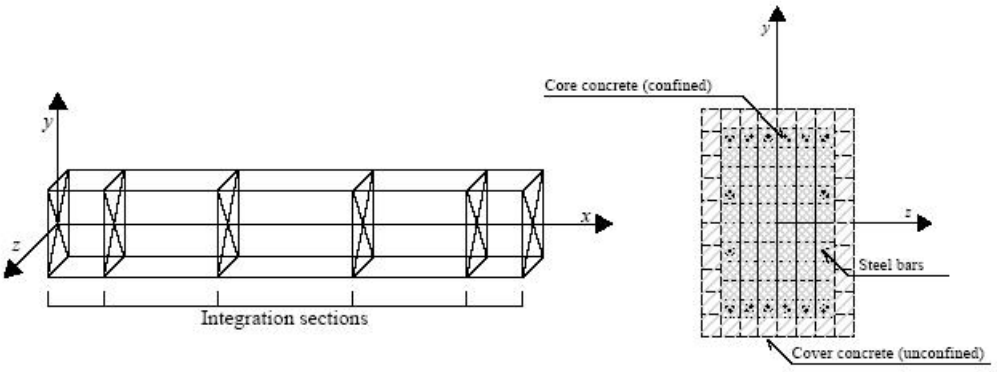
Yayılı inelastisite çerçeve elemanları iki farklı sonlu elemanlar formulasyonuyla tanımlanabilir: klasik deplasmana dayalı (DB) [ör. Hellesland ve Scordelis 1981; Mari ve Scordelis 1984] ve daha güncel olan kuvvete dayalı (FB) [ör. Spacone et al. 1996; Neuenhofer ve Filippou 1997].

DB formulasyonunda elemana yer değiştirme şekli tanımlanırken; FB formulasyonunda denge koşulları sağlanmakta olup, inelastik şekil değiştirmelerin oluştuğu sınırlayan herhangi bir kısıtlama da bulunmamaktadır; Alemdar ve White [2005] ve Freitas et al. [1999]. Deplasmana dayalı formulasyonda, deplasman şekil fonksiyonları kullanılır (örneğin: eleman boyunca eğriliğin doğrusal değişmesi).

Öte yandan, kuvvete dayalı (FB) elemanlarda doğrusal eğilme momenti değişimi kullanılır. Sadece düğümlerinde yükleme bulunan doğrusal elastik elemanlarda, her iki yöntem de aynı sonucu verir. Buna karşın, malzeme inelastisitesinin bulunduğu durumlarda yer değiştirme şeklinin varsayılması özellikle eğrilik dağılımının son çok non-lineerite gösterdiği durumlarda gerçek yerdeğiştirme şekliyle aynı olmayabilir. Böyle durumlarda deplasmana dayalı formulasyonun kullanarak düğümlerde kuvvet ve yer değiştirmeleri hesaplayabilmek için, non-lineerite göstermesi beklenen elemanlar daha küçük parçalara bölünmelidir (genellike 4-5). Bu yolla, eğrilik dağılımı bu elemanlarda parçalı doğrusal olacaktır, yine de kullanıcıların her bir fiberdeki gerilme-birim şekil değiştirme ve eğrilik değerlerine itimat etmemelidir.

Kuvvete dayalı formulasyon ise kesit için herhangi bir gerilme-birim şekil değiştirme bağıntısı tanımlanmadığı için verdiği çözümler her zaman "kesin"dir ve bir varsayıma dayanmaz. Aslında, sonuçlarında sahip olduğu "kesin"liğin bir diğer açıklaması da kuvvete bağlı formulasyonun elemanın deplasman şeklini herhangi bir şekilde kısıtlamamasından kaynaklanmaktadır; bu formulasyonda

kullanılan tek varsayım nümerik integral alırken kullanılmak üzere tanımlanan kontrol kesitlerinin sonlu sayısıdır. İntegral alırkenki hatayı engellemek için en az 3 Gauss-Lobatto kesidi yeterlidir. Öte yandan, 3 Gauss-Lobatto kesidi genellikle inelastisitenin yayılmasını düzgün olarak modelleyememektedir; bu nedenle önerilen integral noktası sayısı 4 olup genelde 5-7 kullanılmaktadır (aşağıdaki şekle bakınız). Yeterli kadar integrasyon kesidi seçilince bu yöntem yoluyla tek bir nümerik elemanla yapısal elemanlar (kiriş ve kolonlar) arasında bire-bir uygunluk sağlanabilir. Diğer bir deyişle, kesit alanının eleman boyunca benzerlik göstermediği durumlarda bile teorik olarak olarak herhangi bir parçalama gerekmemektedir. Bunun nedeni kuvvet dağılımının, inelastisite düzeyine bağlı olmaksızın her zaman kesin olmasıdır.



Gauss-Lobatto integrasyon kesitleri

Bahsi geçen DB ve FB elemanları SeismoStruct'a kodlanmıştır; herhangi bir parçalama işlemi gerektirmedikleri nedeninden dolayı da FB elemanların kullanılması önerilmektedir. Bu yolla oluşturulacak olan modeller daha az düğüm noktasına sahip olacak ve çok daha hızlı analiz edilecektir. Parçalanmama kuralına tek istisna bölgesel plastikleşmenin meydana gelmesi ihtimalidir, bu durumlarda özel önlemler gereklidir; Calabrese et al. [2010]. Bu durumlarda 3 (en fazla 4) integrasyon kesidi sayısı integrasyon hatalarının önüne geçebilir; aksi takdirde yakınsama sorunları (ve gereksiz uzun analizler) ortaya çıkabilir.

Tüm değinilen noktalara ek olarak tek elemanın tanımlanması durumunda; kullanıcılar sismik kodlarda (Eurocode 8, FEMA-356, ATC-40, vb.) bahsi geçen eleman dönme değerleri kontrollerini gerçekleştirebilirler. Elemanların birden fazla parçaya bölünmeleri durumunda (DB elemanlarda gerektirdiği gibi), kullanıcılar eleman mafsal dönme değerlerine ulaşabilmek için düğümlerde meydana gelen yer değiştirme ve dönme değerlerini bir art işlemden geçirmek durumundadırlar [örn: Mpampatsikos et al. 2008].

Kullanıcı tarafından iki veya üç integrasyon kesidi seçilen durumlarda daha yüksek hassasiyet sağlayabilmek için Gauss quadrature tekniği (DB elemanlar için yalnızca ilki mümkündür), dört ila on integrasyon kesidi seçilen durumlardaysa Lobatto integrasyon tekniği tercih edilmektedir. Kullanıcılar ilgili nümerik teknikler için literatürü araştırabilirler (veya Yardım Sistemi'nde belirtilen çevirimiçi kaynağa başvurabilirler). İntegral kesitleri arasında kalan eleman uzunluklarının yaklaşık değerleri aşağıda verilmiştir.

- 2 integrasyon kesidiiçin: [-0.577 0.577] x L/2
- 3 integrasyon kesidi için: [-1 0.01] x L/2
- 4 integrasyon kesidi için: [-1 -0.447 0.447 1] x L/2
- 5 integrasyon kesidi için: [-1 -0.655 0.0 0.655 1] x L/2
- 6 integrasyon kesidi için: [-1 -0.765 -0.285 0.285 0.765 1] x L/2
- 7 integrasyon kesidi için: [-1 -0.830 -0.469 0.0 0.469 0.830 1] x L/2
- 8 integrasyon kesidi için: [-1 -0.872 -0.592 -0.209 0.209 0.592 0.872 1] x L/2
- 9 integrasyon kesidi için: [-1 -0.900 -0.677 -0.363 0.0 0.363 0.677 0.900 1] x L/2
- 10 integrasyon kesidi için: [-1 -0.920 -0.739 -0.478 -0.165 0.165 0.478 0.739 0.920 1] x L/2

NOT 1: FB formulasyonlardaelemanınüzerineyayılı olan yükler direkt olarak hesaba katılır, aynısı DB formulasyonunda geçerli değildir ve yayılı olan yüklerin düğümlere etkiyen eşdeğer yük ve momentlere dönüştürülmesi gerekmektedir (daha sonra da uzun bir prosedür olan gerilme iyileştirme uygulanmalıdır).

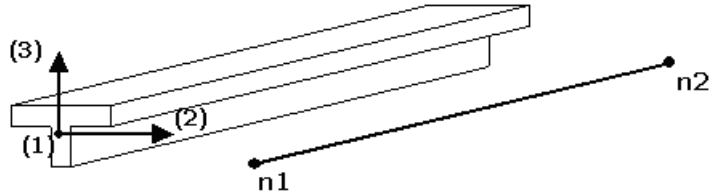
NOT 2: Eğer istenilmesi durumunda, kullanıcılar hala yığılı plastisite yaklaşımını SeismoStruct içerisinde kullanabilirler. Bunu gerçekleştirmek için, yapısal kiriş ve kolon elemanlarını(elfrm) doğrusal elastik olarak tanımlamalı ve uç düğümlerine de doğrusal olmaya bağlantılar eklemenmelidir (ya da alternatif olarak plastik mafsal elemanı (infrmFBPH) da kullanılabilir; bu eleman yayılı inelastisite yaklaşımını kuvvete bağlı formulasyonla modeller fakat tüm plastisiteyi sonlu bir uzunluğa yığar). Böyle bir modelleme tekniği, davranış eğrileri'nin kalibrasyonunda ortaya çıkabilecek herhangi bir tecrübe yetersizliğin, bağlantı elemanlarının tanımlanmasında ve onların sahip olduğu bağıntılı olmayan serbestlik derecelerinin doğaları gereği moment-eksenel yük etkileşimini modellemeye izin vermeyişi gibi nedenler sonucunda analizin doğruluğu tehlikeye atılabilir.

NOT 3: Diğer taraftan, daha önce de belirtildiği üzere yayılı inelastisite modeli herhangi bir ön deneyim gerektirmemektedir; ve bu modelde kullanıcılardan yalnızca yapısal elemanlara ait geometrik ve malzeme özelliklerini tanımlamaları istenir. Bu nedenden dolayı da, kullanımı büyük ölçüde tavsiye edilir ve sonucunda da analiz sonucunda yapının nonlineer davranışı doğru olarak modellenebilir.

NOT 4: Kullanıcılara,doğrusal olmayan modellemenin güzelce ele alındığı NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 4 (i.e. Deierlein G.G., Reinhorn A.M., and Willford M.R. [2010]) dökümanını okumaları tavsiye edilir.

GLOBAL VE LOKAL (YEREL) EKSEN SİSTEMLERİ

SeismoStruct'ta sabit bir kartezyen (X-Y-Z) global eksen sistemi kullanılmakta olup, tüm yapısal modellerin boy (X), derinlik (Y) ve yükseklik (Z) değerlerinin tanılanmasında kullanılır. Bunun yanı sıra SeismoStruct aynı zamanda lokal 1-2-3 koordinat sistemini de tüm elemanlara ayrı ayrı atanmış durumda kullanır, böylelikle elemanların uzaydaki duruş pozisyonları bilinir. Lokal koordinat sisteminde (1) yönü elemanın boyuna olan eksenini tanımlarken, (2) ve (3) doğrultularıysa kesidi ve onun duruş pozisyonunu belirler. Lokal eksen olan (2) ve (3)'ün tanımlanmasında herhangi bir sınırlandırma olmamasına karşın, kullanıcılar genellikle (2) yönünü kesit "zayıf", (3) yönünüyse "güçlü" eksen olarak atamaktadırlar (aşağıdaki şekle bakınız). Benzer tanımlama tanımlama aynı şekilde, SeismoStruct'un kesitler kısmında tüm şekillerde de baz alınmıştır.



T-kesitli bir kiriş elemanının tanımlanması (Lokal (1) ekseni eleman boyunca konumlanır)

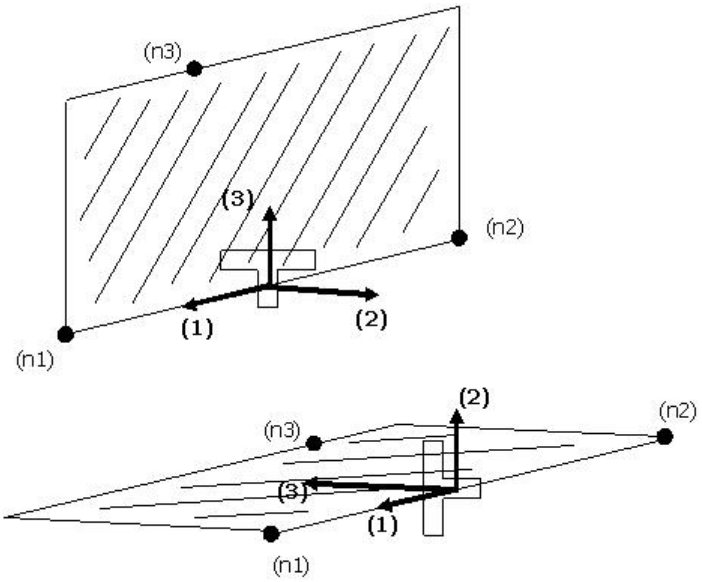
Lokal vektör (1)'in doğrultusu değişmez şekilde elemanın iki uç düğüm noktasını birleştiren doğru yönünde olurken (pozitif yön n1'den n2'ye doğrudur), kalan diğer iki lokal ekseninin ve dolayısıyla kesidin duruş pozisyonunun tanımlanması için bir 'duruş tanımlama nesnesi' gereklidir. Programın 6. sürümünde elemanların duruş pozisyonları iki farklı şekilde tanımlanabilir:

1. **döndürme açısı** tanımlayarak (varsayılan ayar), öntanımlı olarak 0'a eşittir (Sihirbaz yoluyla yapılan modeller bu kuralı takip eder), veya

2. isimleri '**duruş pozisyonu düğümü**' olan ek düğüm noktaları tanımlayarak. Eğer 'varsayılan' nesne seçilirse, elemanın duruş pozisyonu program tarafından otomatik olarak hesaplanır, aksi takdirde seçili düğümün pozisyonuna bağlı olur.

NOT: Döndürmeaçısının 0'a eşit olması genelde (3) ekseninin düşey olması anlamına gelir. Düşey elemanlarsa özel durumlardır; onlarda (1) ekseni düşeydir, açının 0 olması da (3) ekseninin global X-ekseni yönünde olduğunu belirtir.

Duruş pozisyonu düğümü her zaman (3) vektörünün içerisinde kaldığı (1-3) düzlemini tanımlar. Doğrultusu (1)'e dik ve (3) yönündedir (şekile bakınız). Daha sonra lokal vektör (2), (1) ve (3)'ün vektörel çarpımları sonucu bulunur, ve pozitif yönü de sağ el kuralı'na uyacak şekildedir.



T-kesitli bir kiriş elemanının duruş pozisyonu (n3'ün pozisyonuna bağlıdır)

SeismoStruct'ta modellenen yapıların birçoğu düzlemsel çerçevelerdir ve simetrik kesitlere sahip düşey elemanlar (ör: kolonlar, duvarlar) ile (2) eksenleri etrafında simetrik olmayan yatay T-kirişler içerir. Dolayısıyla, 'varsayılan' nesne olarak 'üçüncü nodu' seçmek avantajlı olabilir.

DOĞRUSAL OLMAYAN (NONLINEER) ÇÖZÜM PROSEDÜRÜ

Gerçek yapısal davranış doğrusal değildir (nonlineerdir) ve yerdeğiştirmelerin kuvvete olan orantısızlığıyla (nonlineerite) karakterize edilir. Böylesine bir durum özellikle büyük yer değiştirmelerin ve/veya malzeme nonlineeriteleri'nin bulunduğu durumlarda baskındır. SeismoStruct içerisinde (Eigenvalue-Özdeğer prosedürleri dışında) tüm analizler nonlineer kabul edilir ve artırımsal iteratif çözüm prosedürünü takip eder.

Artırımsal iteratif algoritma

Çözüm algoritması, Newton-Raphson (NR), modifiye edilmiş Newton-Raphson (mNR) veya NR-mNR hibrid çözüm prosedürlerinin kullanımına izin verdiği için gayet esnektir. Açıkça anlaşılabileceği gibi NR yerine mNR tekniğinin kullanılması halinde, rijitlik matrisinin oluşturulmasında, bir araya getirilmesinde ve nümerik işlemlerden geçirilmesinde hesaplama açısından tasarruf sağlanacaktır. Diğer taraftan, mNR tekniğinde gerekli yakınsama gerçekleştirilirken NR tekniğine nazaran daha fazla iterasyon sayısı gereklidir. Bu nedenden dolayı, rijitlik matrisinin sadece ilk bir kaç iterasyon adımında güncellendiği hibrid yaklaşım genelde optimum seçenek olarak ortaya çıkmaktadır.

İteratif prosedür, nonlineer analizlerde uygulanan sıradan tertipleri takip eder; daha açık anlatılması gerekirse herhangi bir yer değiştirmeye karşılık gelen eleman kesit tesirleri hesaplanır ve yakınsama kontrol edilir. Herhangi bir yakınsamanın sağlanamaması durumunda, dengede olmayan kuvvetler (uygulanan yük vektörüyle dengelenmiş kesit tesirleri arasındaki fark) yapıya etkir, ve yeni yerdeğiştirme artırımı bulunur. Bu döngü yakınsama gerçekleşene kadar (log mesajında Converg) veya kullanıcı tarafından tanımlanan azami iterasyon sayısına ulaşılana kadar (log mesajında Max_Ite) devam eder.

Tanımlanmış olan algoritmalar hakkında daha fazla bilgi ve detay için kullanıcıların ilgili literatür referanslarına danışmaları önemle önerilir. Literatürde bir çok ilgili referans bulunmasına karşın; Cook et al. [1988], Crisfield [1991], Zienkiewicz ve Taylor [1991], Bathe [1996] ve Felippa [2002], bunlardan birkaçı olarak verilebilir.

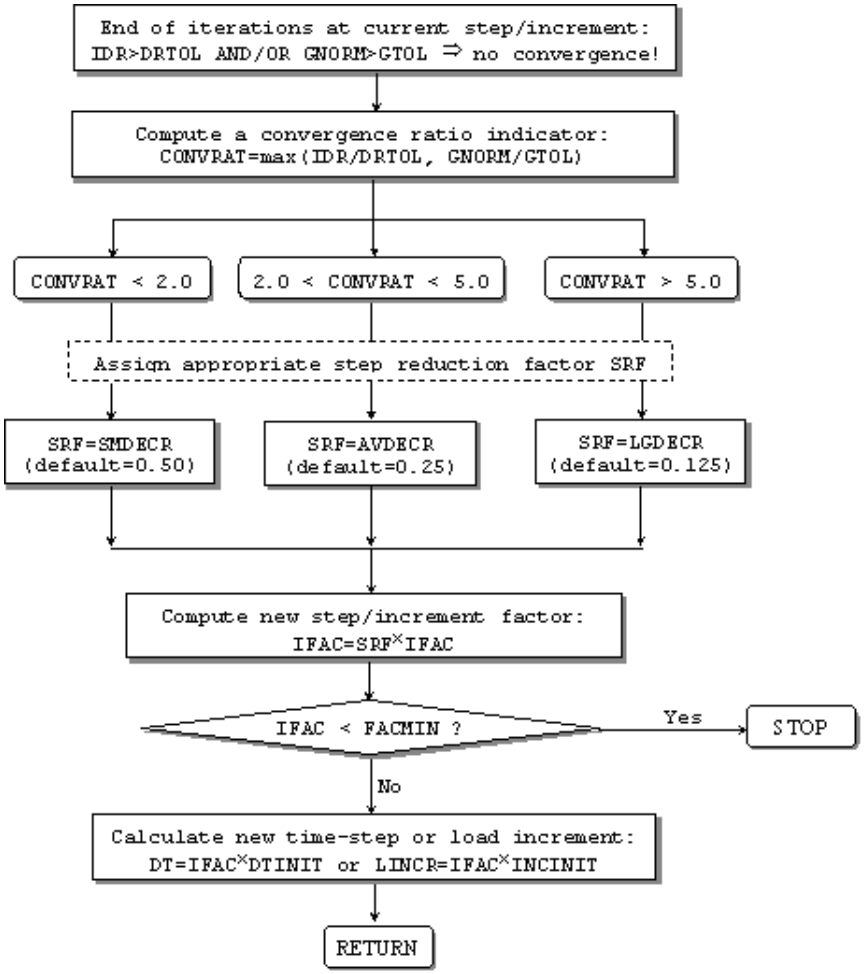
NOT: Bazı eleman tipleri (infrmFB, infrmFBPH, infrmDBPH, yığma) kendi içerisinde dengeye kavuşabilmek için belirli bir sayıda adıma ihtiyaç duyar. Bazı durumlarda, eleman içersinde denge sağlanamayabilir ve log mesajı olarak fbd_inv ve fbd_ite mesajları belirir. Lütfen bu konuda daha fazla bilgi için *Genel>Proje Ayarları >Eleman Iteratif Strateji* kısmına başvurunuz.

Yük artırımının ve zaman adımının otomatik olarak ayarlanması

Bir önceki paragrafta da tartışıldığı üzere, yakınsama'nın sağlanabilmesi için her bir artırımda bir çok sayıda iterasyon gerçekleştirilir. Yakınsamanın tanımlı olan azami iterasyon sayısında sağlanamadığı durumlarda, yük artırımı (veya zaman adımı) azaltılarak analiz en son dengenin sağlandığı adımdan tekrar başlatılır (bu da bir önceki artırım veya zaman adımı sonuna tekabül eder). Adımdaki bu azaltma, her zaman aynı olmanın aksine yakınsamama durumunun düzeyine göre düzenlenir.

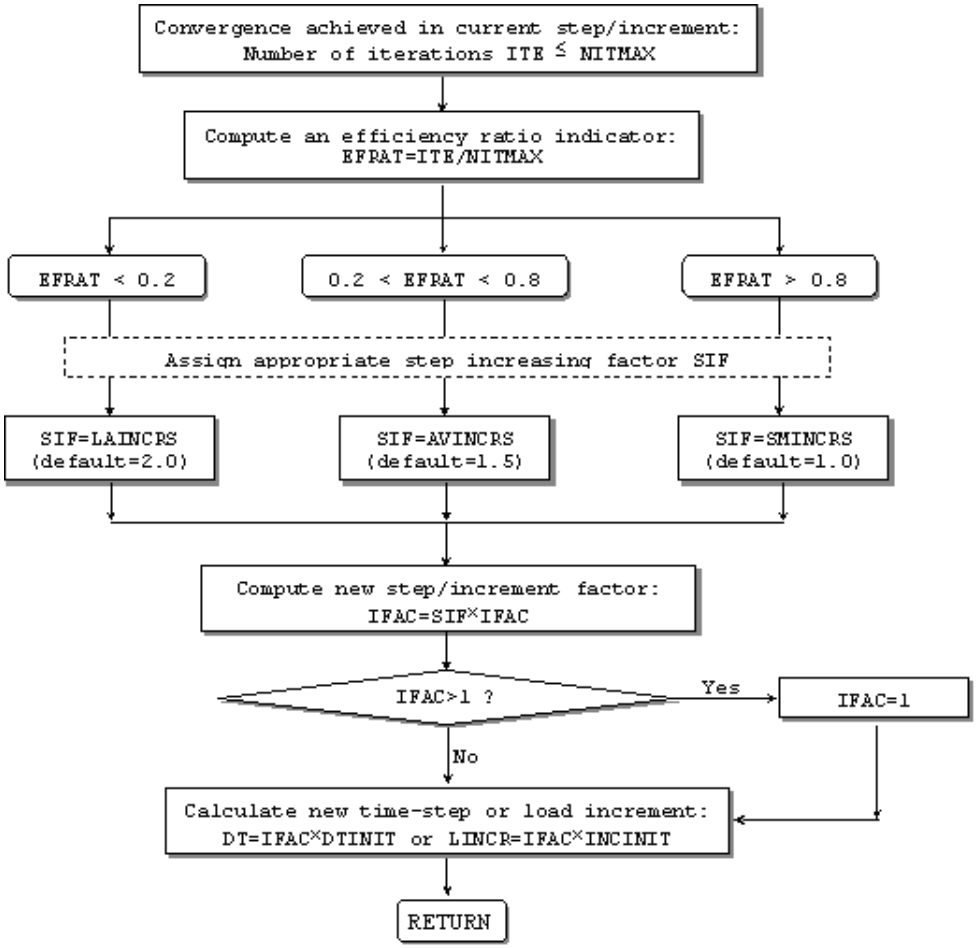
Aşağıda da gösterildiği üzere, her çözüm adımının veya artırımın sonunda bir yakınsama oranı belirleyicisi (convrat) hesaplanır. Bu oran ulaşılan ve hedeflenen yer değiştirme/kuvvet yakınsama oranlarının büyüğü olarak tanımlanır (bkz. yakınsama). Bu aşamadan sonra, çözümün yakınsamaya olan mesafesine göre (convrat = 1); küçük, ortalama veya büyük bir adım azaltma katsayısı (srf) seçilir ve yeni adım katsayısının (ifac) hesabında kullanılır. Bu katsayının, kullanıcı tarafından tanımlanmış olan ilk zaman adımı veya yük artırımıyla çarpılması sonucu bir sonraki adımda kullanılacak olan azaltılmış değerler bulunur.

Hiç bir zaman yakınsanamayan, kötü tanımlı analizlerin durmaksızın hesaplanmasını önlemek için kullanıcı tarafından asgari adım katsayısı (facmin) tanımlanır. Eğer ifac, facmin'den daha küçük bir değere sahip olursa analiz durdururulur.



Analiz zamanını en aza indirebilmek için, elbette yakınsama sağlandıktan sonra, yük artırımı ve zaman adımı kademeli olarak artırılır. Bu amaca hizmet etmek için, verimlilik oranı göstergesi (efrat), yakınsamaya kadar yapılmış olan iterasyon sayısı (ite) ile izin verilen azami iterasyon sayısının (nitmax) birbirine olan oranı olarak tanımlanır. Analizin 'verimililiğine' göre (efrat > 0.8), küçük, ortalama veya büyük bir adım artırma katsayısı (sif) bulunur ve yeni adım katsayısının (ifac) hesaplanmasında kullanılır. Adım artırma katsayısıyla, kullanıcı tarafından tanımlanmış olan ilk zaman adımı veya yük artırımıyla çarpılması sonucu bir sonraki adımda kullanılacak olan artırılımış değerler bulunur.

Adım katsayısının üst sınırı 1 olarak hesaplanır, başka bir deyişle, hiç bir zaman artırılmış zaman adımı veya yük artırımı kullanıcı tarafından öntanımlı olan zaman adımı veya yük artırımından daha büyük olamaz. Bu kurala tek istisna, Otomatik Davranış Kontrollü yükleme/çözüm algoritmasının seçili olduğu durumlarda yapılan itme analizleridir. Bu analizlerde, kullanıcılar nihai denge sonuca önem verirler ve nihai sonuca ulaşırken izlenilen yol ikincil bir önem taşır.



Yakınsama Kriterleri

SeismoStruct'ta iki ayrı kriteri (yer değiştirme/dönme ve kuvvet/moment) esas alan dört farklı yakınsama tertibi mevcuttur. Her iterasyon adımının sonunda kontrol edilen bu tertipler aşağıda belirtildiği gibidir.

- Yer Değiştirme (Deplasman)/Dönme'ye dayalı tertip
- Kuvvet/Moment'e dayalı tertip
- Yer Değiştirme (Deplasman)/Dönme VE Kuvvet/Moment'e dayalı tertip
- Yer Değiştirme (Deplasman)/Dönme VEYA Kuvvet/Moment'e dayalı tertip

Burada bütün dört tertipte de kullanılan iki kriterin formulasyonu verilmektedir. İkinci kriterin uygulanılabilirliği ise farklı bir yerde tartışılmaktadır.

Yer değiştirme/dönme kriteri, yapıdaki her serbestlik derecesinde mevcut iterasyondaki yer değiştirme/dönme değerinin kulanıcı tanımlı toleranstan küçük veya eşit olma kontrolünü yapar. Başka bir deyişle, çözüm ancak tüm serbestlik derecelerinde bulunan dengede olmayan kuvvet vektörünün öntanımlı tölaranstan küçük olduğu iterasyon adımında yakınsanmıştır. Bu konsept matematiksel olarak aşağıda belirtildiği gibi açıklanabilir:

$$\max\left[\left|\frac{\delta d_i}{d_{tol}}\right|_{i=1}^{n_d}, \left|\frac{\delta \theta_j}{\theta_{tol}}\right|_{j=1}^{n_\theta}\right] \leq 1 \Rightarrow \text{convergence}$$

burada,

- δd_i= ötelenme serbestlik derecesi "i"ye ait iteratif deplasman
- $\delta \theta_j$= dönel serbestlik derecesi "j"ye ait dönme
- n_d= ötelenme serbestlik dereceleri sayısı
- n_θ= dönel serbestlik dereceleri sayısı
- d_{tol}= deplasman toleransı (varsayılan değer = 10^{-2} mm)
- θ_{tol}= dönme toleransı (varsayılan değer = 10^{-4} rad)

Diğer taraftan, **kuvvet/moment** kriteri iteratif dengede olmayan (adımsal yüklere normalize edilmiş halde olan) kuvvet vektörünün Euclidian (Öklityen) normunun hesaplanmasını ve kullanıcı tanımlı tolerans faktörüyle karşılaştırılmasını içerir. Bu neden dolayı da bu global bir yakınsama teyididir (zira yakınsama yer değiştirme/dönme riterinde olduğu gibi her bir serbestlik derecesinde kontrol edilmez) ve çözümün yakınsanmasının genel bir görüntüsünü çizer. Matematiksel olarak da aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$G_{norm} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1..n} \left[\frac{G_i}{V_{REF}}\right]^2}}{n} \leq 1 \Rightarrow \text{yakınsama}$$

burada,

- G_{norm}=dengede olmayan kuvvet vektörünün Euclidian (Öklityen) normu;
- G_i= "i" serbestlik derecesindeki iteratif dengede olmayan kuvvet
- V_{REF} = Kuvvetler (i=1,2,3) ve momentler (i=3,4,5) için referans tolerans değer
- N = Serbestlik derecesi sayısı

NOT: Global kuvvet/moment kriterininkullanımı, lokal kriterin aksine, daha kullanışlı olabilir. Bunun nedeni, SeismoStruct'ta yük vektörlerinin farklı düğüm noktalarında faklı mertebelere sahip olabilmesidir. Bahsi geçen mertebe farkları özellikle bağlantıların çok rijit bağlantı elemenlarıyla modellendiği durumlarda kritik hale gelir. Böylesine bir düğümde, lokal olarak yer değiştirme/dönme kriterinin yapılması çok zor sağlanabilen ve haddinden daha fazla güvenli bir yakınsama sağlar.

Nümerik kararsızlık, ıraksama ve iterasyon tahmini

Herhangi bir iterasyon adımının sonunda, yakınsama doğrulamasının yanı sıra üç farklı kontrol daha yapılabilir, bunlar: nümerik instabilite (kararsızlık), çözüm ıraksaması ve iterasyon tahmini'dir. Kuvvet ve moment doğasında olan tüm bu kriterlerin amacı yakınsamanın gerçekleşmeyeceği açık olan durumlarda gereksiz yere denge iterasyonlarının sağlanmamasıdır, böylelikle analiz zamanı kısaltılabilir.

Nümerik kararsızlık (instabilite)

Çözümün nümerik olarak dengesiz olup olmadığı kontrolü her iterasyonun sonunda dengede olmayan kuvvetlerin Euclidian (Öklityen) normunun karşılaştırılmasıyla yapılır. Dengede olmayan kuvvetlerin Euclidian normuna, G_{norm};ön tanımlı olarak bir azami tolerans tanımlanır (varsayılan=1.0E+20), bu değer etkiyen kuvvet vektöründen bir kaç mertebe daha büyüktür. Eğer G_{norm} tanımlanan toleransı geçerse, çözüm nümerik olarak kararsız olarak kabul edilir ve bu toleransın aşıldığı aşamada analiz durur, log mesajı olarak Max_Tol çıkar.

Son derece kararsız olan modellerde, dengede olmayan kuvvetler aniden azami toleransın bir kaç mertebe üzerine çıkabilir. Bu bir Çözüm Problemi'dir (örn: analiz "iyi anlamda" çöker), bu gibi durumlarda iterasyonlar o adımda durur, ve log mesajında Sol_Prb çıkar.

Çözümün ıraksanması

Çözümün ıraksanma kontrolü, mevcut iterasyon adımında hesaplanan G_{norm} değerinin bir önceki adımdakiyle karşılaştırılması sonucunda ede edilir. G_{norm} değerinin arttığı durumlarda analizin ıraksandığı belirlenir ve iterasyon o adımda durdurulur; log mesajında Diverge (Iraksanma) yazar.

İterasyon tahmini

Şimdiye kadar değinilmeyen son kontrol logaritmik yakınsama hızının kontrolüdür. Bu kontrol yardımıyla yakınsamanın sağlanması için gerekli olan iterasyon sayısı (itepred) bulunur. itepred' in kullanıcı tarafından tanımlanan azami iterasyon sayısından büyük olduğu durumlarda, çözümün yakınsanamayacağı varsayılır ve o adımda analiz durdurulur; log mesajında Prd_Ite belirir. itepred değerinin hesabında aşağıda belirtilen denklem kullanılır; burada ite mevcut iterasyon sayısı ve Gtol kuvvet/moment toleransıdır:

$$\text{itepred} = \text{ite} + \frac{\log\left(G_{tol} / G_{norm}^{ite}\right)}{\log\left(G_{norm}^{ite} / G_{norm}^{ite-1}\right)}$$

Belirtilen bu üç kontrol de SeismoStruct içerisinde genellikle sorunsuz ve efektif olarak gerçekleştirilir. Dikkat edilmesi gereken husus, bu kontrollerin analizin tam stabil olmadığı ilk iterasyonlarında yapılmaması gerektiğidir. Bu durum, daha sonra iteratif strateji kısmında ilgili bütün kullanıcı tanımlı parametreleriyle birlikte daha detaylı bir şekilde tartışılacaktır.

NOT: Bazı eleman tipleri (infrmFB, infrmFBPH, infrmDBPH, yığma)kendi içerisinde dengeye kavuşabilmek için belirli bir sayıda adıma ihtiyaç duyar. Bazı durumlarda, eleman içersinde denge sağlanamayabilir ve log mesajı olarak fbd_inv ve fbd_ite mesajları belirir. Lütfen bu konuda daha fazla bilgi için *Proje Ayarları > Elemanlar* menüsüne başvurunuz.

SeismoStruct Yakınsama/Iraksama Belirteçlerinin Listesi

Burada, ıraksanan analizlerde SeismoStruct çözümleyicisi tarafından gösterilen mesajların tam listesi bulunmaktadır. İlgili uyarı mesajarında, analizde yakınsama sağlanabilmesi için kullanıcılar tarafından alınabilecek olası önlemler de belirtilmektedir.

Converg: Bu mesaj, mevcut yük adımında ilgili analizin yakınsandığını belirtir, ardından program bir sonraki analiz adımının hesabına geçer.

Max_Ite: Bu mesaj, mevcut yükleme adımında azami iterasyon sayısına ulaşılmasına karşın yakınsamanın sağlanamadığı durumlarda belirir. Bu durumlarda: (i) azami iterasyon sayısı artırılabilir (*Proje Ayarları >Global İteratif Strateji*), (ii) yakınsama kriter değerleri artırılabilir (*Proje Ayarları>Yakınsama Kriterleri*), (iii) daha gevşek bir yakınsama kontrol yöntemi tercih edilebilir (ör: *Yer değiştirme/Dönme VE Kuvvete/Momente dayalı tertip* yerine *Yer değiştirme/Dönmeye dayalı tertibin* seçilmesi) veya (iv) yükleme adım aralığı azaltılabilir. Son madde itme (pushover) analizinde *Yükleme Aşamaları* modülünden yük adımı sayısını artırıp, adım aralığını düşürmek suretiyle gerçekleştirilebilir. Benzer bir şekilde, zaman tanım alanlı analizlerdeyse zaman adımı küçültülebilir (*Yük Eğrileri modülü > Zaman tanım Aşamaları > Adım Sayısı*).

NOT: Rijit kısıtların (ör: rijit bağlantı elemanları veya rijit diyaframlar) tanımlandığı modellerde, kullanıcıların Kuvvet/Momente dayalı bir tertip kullanmamaları önerilir. Bu öneri özellikle kısıt modellerinde ceza fonksiyonlarının kullanıldığı durumlarda daha büyük önem teşkil eder. Bu gibi durumlarda, Yer değiştirme/Dönme'ye dayalı daha bir yakınsama tertibinin göreceli olarak daha sıkı deplasman ve dönme toleranslarıyla birlikte kullanılmalıdır.

Prd_Ite: Bu belirteç, Max_Ite mesajına benzerlik göstermekle birlikte, farkıysa çözümleyicinin azami iterasyon sayısına ulaşılmadan önce modelde nümerik yakınsamaya ulaşılması için beklenen iterasyon

sayısını tahmin etmesidir (bu tahmin iteratif çözümün yakısama şekline göre yapılır, ör: dengede olmayan kuvvetler ve yakınsama toleransına ulaşılma hızı). Her bir analiz adımında, tahmin edilen iterasyon sayısının kullanıcı tarafından belirtilen azami iterasyon sayısından büyük olduğu durumlarda, Prd_Ite mesajı belirir ve analiz ıraksar. Böyle durumlarda, Bu gibi durumlarda, ya Maksimum yineleme sayısı artırılır (*Proje Ayarları>Global İteratif Strateji*) ya da daha büyük yakınsama toleranslarına sahip daha gevşek bir yakınsama kriterleri şeması seçilir (*Proje Ayarları>Yakınsama Kriterleri*) veya Max_Ite mesajında olduğu gibi yükleme adımını azaltılabilir. Prd_Ite mesajı en çok rastlanılan ıraksama mesajıdır.

Diverge: Bu belirteç, mevcut analiz adımında çözümün ıraksandığını belirtir. Bu kontrol, kullanıcıların *Proje Ayarları>Global İteratif Strateji* içerisinde tanımladıkları Iraksama İterasyonu (Divergence Iteration) değerine göre yapılır. İlgili kontrol çözüm prosedürleri, genel olarak, ilk 3-4 analiz adımında kararsızlık gösterir ve ardından aşamalı olarak yakınsıyor olma durumundan dolayı yapılmaktadır. Bu mesajın çıkması durumunda, kullanıcılara *Proje Ayarları>Global İteratif Strateji*'de bulunan (i) Iraksama İterasyonu'nu veya (ii) Azami İterasyon Sayısı'nı artırmaları, (iii) *Yakınsama Kriterleri*'nden daha esnek bir yakınsama kriteri tercih etmeleri ya da (iv) yük/zaman adımını azaltmaları tavsiye edilir.

elm_Ite: Bu mesaj, ilgili elemanların (infrmFB, infrmFBPH, infrmDBPH, yığma) içsel döngülerinde azami iterasyon sayısına (varsayılan= 300) ulaşılmasına karşın ilgili elemanlarda denge koşullarının sağlanamadığı durumlarda belirir. Bu durumlarda, kullanıcılara (i) azami iterasyon sayısını artırmaları veya (ii) *Proje Ayarları>Eleman İteratif Strateji* sekmesinde yer alan yakınsama toleransını artırmaları tavsiye olunur. Alternatif olarak, ' *elm_itedurumunda dengede olmayan kuvvetlerine izin verme*' seçeneğindeki işaret de kaldırılabilir. Son olarak, global düzeyde bir önlem alınabilir, örneğin analiz yük adımı düşürülebilir (analiz yük faktör/zaman adım sayısının artırılması) veya global yakınsama kriterleri artırılabilir. Kullanıcılara, kuvvete dayalı elemanlarda takip edilen içsel döngülere daha derin bir bilgiye sahip olmaları için ilgili özel dökümanlara başvurmaları tavsiye edilir [ör: Spacone et al. 1996; Neuenhofer and Filippou 1997].

elm_Inv: Bu mesaj, ilgili elemanların içsel döngüleri sırasında rijitlik matrislerinin tersinin alınamadığı durumlarda belirir. Bu durumlarda, (i) *Proje Ayarları>Eleman İteratif Strateji* sekmesinde bulunan elemanlara ait yakınsama toleransı artırılabilir, (ii) global analiz yük adım aralığı düşürülebilir veya (iii) global yakınsama toleransları gevşetilebilir.

elm_Tol: Bu mesaj, *Proje Ayarları>Global İteratif Strateji* sayfasında bulunan azami tolerans değerinin kuvvete dayalı elemanların içsel döngüleri sırasında geçildiği durumlarda belirir. elm_Inv mesajı çıkması durumunda alınması gereken önlemler alınmalıdır.

Max_Tol: Bu belirteç, çözümün bir hayli kararsız olduğunu gösterir. Belirdiği esnada; dengede olmayan kuvvetler, *Proje Ayarları>Global İteratif Strateji* sayfasında bulunan Azami Tolerans (varsayılan= 1.0E+20) değerini aşmıştır. Kullanıcılara (i) yükleme adımını küçültmeleri veya (ii) daha esnek bir yakınsama kriteri kullanmaları önerilir. Alternatif olarak Azami Tolerans değeri de artırılabilir, fakat değeri 1.0E+35-1.0E+40 mertebelerini geçmemelidir (önemle belirtilmelidir ki 1.0E+40 değeri çok nadir durumlarda kararlı analiz çözümüyle sonuçlanmaktadır). Max_Tol mesajının analizin ilk 2-3 adımında belirmesi durumunda, eleman bağlantılarının doğru yapılıp yapılmadığını kontrol etmek için Özdeğer Analizi yapılması tavsiye edilmektedir.

Sol_Prb: Bu mesaj, mevcut iterasyon adımında herhangi bir çözüme ulaşılmadığı durumlarda çıkar. Bunun gerçekleşebilmesi için birden çok neden mevcuttur (ör: dengede olmayan kuvvetlerin çok büyük olması veya sıfır çapraz rijitlik değerleri). Max_Tol belirtecinde alınması gereken önlemler alınmalıdır.

Yakınsama Sorunlarının Çözülmesi İçin İpuçları

Ortaya çıkabilecek yakınsama problemlerini çözmek için önerilen birkaç adım aşağıda sıralanmıştır:

- Programın Proje Ayarlarının Yakınsama Kriterleri sekmesindeki normların otomatik olarak uyarlanmasını sağlayın.
- Proje Ayarları > Yakınsama kriterleri sekmesi aracılığıyla art-işlemcide Yakınsama sorunlarını göz atın. Yapı içerisindeki yakınsama zorluklarının ortaya çıktığı (eleman veya düğümlerin) konumlarının görselleştirilmesi, ıraksamanın nedenlerinin belirlenmesi için önemli geri

bildirim sağlar (örneğin, yerçekimi yüklerini kaldıramayan yetersiz güçlendirilmiş kirişler, çok yüksek deformasyon gerektiren elemanlar,kısa kolonlar veya bağlantı kirişleri gibi).

- Proje Ayarlarının Eleman İteratif Stratejisi sekmesinde hem kuvvetedayalı çerçeve (infrmFB & infrmFBPH) hem de yığma eleman türleri için 'Elm_Ite durumunda dengesiz kuvvetlere izin verme' seçeneğinin işaretini kaldırın.
- Genel olarak maksimum itme yer değiştirmesini %2 ile sınırlandırın. Bu değer, yüksek binalar ve geniş perde duvarlı rijit binalar için % 1.0-1.2 değer bandını geçmemelidir.
- Genel olarak, itme analiz adım sayısı olarak 50-100 arasında bir sayı atayın.Zorlu yükleme durumlarında bu değer artırılmalıdır.
- Malzemeler modülünde tanımlı olan çelik malzemelere ait kopma/burkulma gerilmesini çok büyük bir değerle (örn. 1) değiştirin. İlgili değere ulaşıldığında, donatı devre dışı kalır ve yapı mukavemetinde ani bir düşüşe ve yakınsama zorluklarına sebep olur. Bağlantı kirişleri gibi deformasyonların çok büyük olduğu durumlar mevcuttur. Azami gerilme seviyesine ulaşılırsa, donatıların devre dışı kalması nedeniyle (koptuğu varsayılır) kirişlerin üzerlerinde etkiyen yerçekimi yüküne dayanamamasından ötürü, yakınsamaya ulaşılamaması çok muhtemeldir.
- Eleman Sınıfları modülüne gidin ve tüm kısa elemanların eleman tipilerini (örn. Kısa sütunlar ve bağlantı kirişleri) infrmFBPH veya infrmFB'den infrmDB'ye değiştirin. InfrmDB formulasyonu genellikle yalnızca kısa elemanlar için kabul edilebilir doğruluk sağlar. Bu nedenle, kısa elemanlar için uygulandığında, analitik sonuçları etkilenmez ve analizin yakınsamasında ve genel kararlılığında olumlu gelişmelerevesile olur.
- Proje Ayarları'nda İteratif Strateji sekmesinde Azami İterasyon Sayısını 70, Rijitlik Güncellemesi Sayısını 60 ve Iraksama İterasyon Sayısını 60'a yükseltin.
- Yakınsama sorunlarına neden olan bağlantı kirişleri için elastik çerçeve elemanı tipini kullanın. Bu gibi durumlarda, plastik mafsal oluşumunun etkisini hesaba katmak için, Eleman Bağlantıları modülündeki elemanın özellikler penceresinden M2a, M3a, M2b ve M3b serbestlik dereceleri için ilgili onay kutuları seçilerek kiriş uçlarındaki momentler serbest bırakılmalıdır.
- Program ait Proje Ayarları'ndaki Yakınsama Kriterleri sekmesinden yakınsama normlarının değerlerini artırın/gevşetin.
- Proje Ayarlarının Kısıtlamalar sekmesinden, diyaframların rijitlik değerlerini 1.0E + 13'e yükseltin.
- Analizin ıraksama mesajları çoğunlukla Max_Tol veya elm_tol ise, Proje Ayarların'da İteratif Strateji sekmesinde Azami Tolerans değerini 1e40'a yükseltin.
- Eleman Sınıfları modülündeki üyelerin Eleman Sınıf Özellikleri penceresinden duvarlar için kullanılmakta olan fiber sayısını artırın.
- Yüksek binalar için Proje Ayarları'nın Analiz sekmesindeki Geometrik Nonlineeriteleri Dahil Et onay kutusunun işaretini kaldırın.

Yukarıdakilere ilaveten:

- Kullanıcılara, sapmanın nedenlerini anlamak ve çözmek için analizin son 1-3 adımını ilgili yakınsama problemleriyle birlikte kontrol etmeleri tavsiye edilir.Bu gibi durumlarda, Art-işlemcinin Yakınsama Sorunları sayfasına göz atılmalıdır.Ayrıca, aynı modelle bir Özdeğer analizi çalıştırmak, soruna farklı bir bakış açısı sağlayabilir (örneğin, yanlışlıkla bitişik sütuna bağlanmayan ve bir konsol gibi davranan, yerçekimi yükünü kaldıramayan bir kirişin mevcudiyeti saptanabilir);
- Iraksama sorunlarına neden olan elemanlar, her zaman yatay yük taşıyıcı elemanları olmadığına dikkat edilmelidir. Esasında, genel olarak, bu durumun nedeni deformasyon nedeniyle iç kuvvet yeniden dağılımı sırasında teğetsel rijitlik değişimiyle karşı karşıya kalan elemanlardır. Bazen, sorunlu elemanlar, bitişiğinde olan elemanların yüklerinin de artmasına neden olabilir, bu da onları yakınsama sorunlarıyla baş başa bırakır;
- Yapı Modelleyicisi içerisinde Yapı Modelleme Ayarları'nda bulunan 'Etkili Genişliği Dahil Et' seçeneğinin kaldırılması yoluyla kirişlerdeki etkili genişliğin hesaba dahil etmeyin.T-şeklindeki kirişlerin yerine dikdörtgen kirişlerin eklenmesi bazen daha kararlı çözümlere yol açar, ancak döşemenin etkili genişliğinin kaldırılmasının kirişleri zayıflattığı ve az donatılı kirişlerin yerçekimi yüklerini kaldıramaz hale getirebileceği ve dolayısıylayeni yakınsama sorunlarına yol açabileceğini de göz önünde tutunuz.

Ek B - Analiz Tipleri

Bu ekte, analiz tipleri hakkında detaylı bilgi verilmektedir.

ÖZDEĞER (EİGENVALUE) ANALİZİ

Yapının doğal frekans ve mod şekillerinin hesaplanmasında kullanılan varsayılan etkili algoritma **Lanczos algoritması**dır [Hughes, 1987]. Bununla birlikte, kullanıcı proje ayarları menüsünden **Ritz dönüştürmeli Jacobi algoritması**nı da seçebilir. Elbette ki, her hangi bir yük tanımı yapılmaz.

Malzeme özellikleri tüm hesap süresince sabit tutulduğundan özdeğer analizi saf olarak elastik yapı analizidir. Sonuç olarak, yapısal modelin oluşturulmasında elastik çubuk elemanların (elfrm) kullanılması doğaldır. *Ön İşlemci>Eleman Sınıfları> elfrm* içerisinde de belirtildiği üzere, bu tür elemanlar, elastik olmayan karşılıklarında da olduğu gibi, malzeme ve kesit tiplerinin tanımında kullanılmak yerine müteakip kesitsel mekanik özelliklerin degerleri ile tamamen tarif edilebilirler: kesit, atalet momenti, burulma sabiti, elestik modülü ve rijitlik modülü [örn. Pilkey, 1994]. Böylelikle, yapının çatlama durumuna, çatlamama durumu karşıtı, karşılık gelen titreşim periyodunun tahmini kolon ve kirişlerin atalet momentlerine uygulanan azaltma faktörleri ile kolayca elde edilebilir, Paulay and Priestley [1992] ve diğerleri. Bu faktörler, elemana (kolon, kiriş), yükleme özelliklerine ve yapısal konfigürasyona bağlı olarak 0.3'ten 0.8'e kadar değer alabilir. Kullanıcılara bu konu hakkında eksiksiz bir calışma için Priestley [2003] referansı tavsiye edilir.

Fakat, eğer kullanıcı sadece özdeğer analizi değil diğer analiz tiplerini de uygulamak isterse, mümkün olduğunca inelastik malzeme davranışı alanında, o zaman sadece bir yapı modelinde elastik çerçeve elemanlar yerine inelastik olanlarını kullanmayı tercih edebilir ve özdeğer analizi de olmak üzere tüm analizlerde bu kullanılır. Bu nedenle elemanların kullanıcı tarafından tanımlanmayan, ancak program tarafından dahili olarak belirlenen kesitsel mekanik özelliklerinin tanımında, yapısal mekaniğin temelleri ile ilgili herhangi bir kitap veya yayında [örn. Gere ve Timoshenko, 1997; Pilkey, 1994] bulunabilecek klasik formüller kullanılarak farklı malzeme ve kesit türleri kullanılmaktadır. Sonuç olarak, bu durum çatlama etkisi hesaplanacak kesitlerin ikincil alan momentinin (veya atalet momentini) kullanıcı tarafından direkt olarak degiştirilmesini mümkünsüz kılar. Bu nedenle, çatlama sebebiyle elemanların rijitliklerindeki azalma beton malzemesinin elastik modülünün değiştirilmesi ile simule edilmelidir (elastisite modülünün aynı çatlama faktörüyle azaltılması yoluyla yapılır).

NOT 1: Özdeğer analizinde inelastik elemanların kullanımı, kullanıcıyı her eleman tipi için kesit mekanik özelliklerini boyuna donatıları dikkate alarak hesaplama külfetinden muaf kılar.

NOT 2: Beton sargılama malzemenin basınç dayanımını ve dolayısıyla elemanın rijitliğini artırarak daha kısa titreşim periyotlarına yol açar.

NOT 3: Lanczos algoritması kullanılarak çalıştırılan analizlerde bazı durumlarda "bütün Lanczos vektörleri yeniden ortogonalize edilemedi" mesajı belirebilir. Bu mesajın anlamı Lanczos algoritmasının bazı titreşim modlarını hesaplayamamış olduğudur. Bu hata (i) bağlantı hatalarının bulunduğu modellerde (ör. bağlanmamış düğümler/elemanlar) veya (ii) bağlantı elemanlarının/mafsalların bulunduğu karmaşık modellerde çıkar. Kullanıcıların modellerini dikkatlice araştırıp herhangi bir modelleme hatası bulamadığı durumlarda, modelleri karmaşıklaştıran öğeleri kaldırılarak "basitleştirme" yoluna gidilmelidir. Ancak bu yolla, sorunun nederen kaynaklandığı anlaşılabilir ve akabinde nasıl bir yol takip edileceği anlaşılabilir. Mevcut hata çok fazla titreşim modunun hesaplanmasının istediği durumlarda (ör. 24 SD'nin bulunduğu bir modelde 30 titreşim modunun hesaplanmasının istenmesi) veya özdeğer çözücünün çok fazla moda ulaşamadığı (SD sayısı > mod sayısı koşulunun sağlandığı) durumlarda da belirir.

STATİK ANALİZ (DEĞİŞKEN OLMAYAN YÜKLEME)

Bu tip analiz genel olarak yapıya uygulanan ve genelde akma-öncesi elastik davranışa yol açan kalıcı yükleri (örn. zati ağırlık, temel oturması) modellemekte kullanılır. Eğer uygulanan yük yapıyı hafifçe inelastik davranışa zorluyorsa, program yakınsamaya ulaşıncaya kadar denge iterasyonları uygular.

Nispeten daha yüksek nonlineerite olduğu ve tek artırımla çözüm bulunamadığı durumlarda, yük otomatik olarak daha küçük adımlara bölünür ve kullanıcının müdehalesi olmaksızın program tarafından artımsal iterasyon çözümü elde edilir. Fakat, böyle durumlarda kullanıcıya analizi çalıştırmakta ve sonuçları değerlendirmekte daha çok esneklik sağladığı için statik itme analizinin kullanımı tavsiye edilir.

STATİK İTME ANALİZİ

Geleneksel (adaptif olmayan) itme analizi dinamik davranışı, oluşan deformasyonlar seviyeleri ile belirgin ölçüde etkilenmeyen yapıların yatay kapasitesini tahmin etmekte kullanılır (diğer bir deyişle, dinamik davranışı simüle etmesi gereken yatay yük modelinin şekli sabit olarak farzedilebilir).

Uygulanan artımsal yük P, kullanıcı tarafından başlangıçta tanımlanan nominal yük dağılımı (P°) ile orantılıdır: $P = \lambda(P°)$. Yük faktörü λ; program tarafından kullanıcı-tanımlı limite veya sayısal bir hataya ulaşılıncaya kadar otomatik olarak artırılır. Yük faktörünün artırımı için farklı stratejiler uygulanabilir. Şu anda, üç tip kontrol vardır: yük, davranış ve otomatik davranış.

Yük Kontrolü

Yük faktörü doğrudan artırılır ve global yapı deplasmanları her yük faktörü düzeyinde belirlenir

Davranış Kontrolü

Bir düğüm noktasındaki global deplasmanlar doğrudan artırılır ve bu deplasmanlara karşılık gelen yük faktörü hesaplanır.

Otomatik Davranış Kontrolü

Yük artırımı SeismoStruct tarafından bir önceki adımdaki yakınsama şartlarına göre otomatik olarak ayarlanır.

İtme analizinde kullanılan bu üç kontrol tipinin daha detaylı açıklaması Yükleme Sırası'nda verilmiştir.

NOT: Gelenekselitmeanalizi; (özellikle yüksek şiddetli deprem yüklemesine maruz kalan) yapıların kademeli rijitlik düşüşünün, dinamik davranış özelliklerine ve sonuç olarak itme analizinde uygulanan eşdeğer statik yük dağılımlarına etkilerini hesaba katmakta yetersizlik gösterir. Aslında, yapıya uygulanan yük dağılımının sabit doğası gerçek bir dinamik davranış sırasında itme analizinin bir şekilde türetmeye çalıştığı yüklerin yeniden dağılımını göz ardı eder. Sonuç olarak, yapının modal özelliklerinde meydana gelen değişiklikler (genellikle periyod uzaması) ve dinamik davranış amplifikasyonunun buna bağlı değişimi hesaba katılmaz. Bu da, özellikle yüksek modların etkileri önemli olduğu durumlarda, göz ardı edilmeyecek yanlışlıklar doğurabilir. Bahsi geçen etkiler ancak Adaptif İtme ile hesaba katılabilir.

STATİK ADAPTİF İTME ANALİZİ

Adaptif itme analizi, yapının deformasyonu ve tanımlanan yer hareketinin frekans içeriğinin yapının dinamik davranış özelliklerine olan etkilerini tamamıyla dikkate alarak, yapının yatay kapasitelerini tahmin etmekte kullanılır. Hem binaların [Antoniou et al. 2002; Antoniou and Pinho 2004a; Ferracuti et al. 2009], hem köprülerin [Pinho et al. 2007; Casarotti and Pinho 2007; Pinho et al. 2009] değerlendirilmesinde kullanılabilir.

Adaptif itme analizi yaklaşımında, yatay yük dağılımı sabit tutulmak yerine, analiz boyunca her adımda gerçekleştirilen özdeğer (eigenvalue) analizlerinden elde edilen mod şekilleri ve katılım faktörlerine göre güncellenmektedir. Bu yöntem tamamıyla çok-modludur ve yapının yumuşaması, periyodun uzaması, spektral amplifikasyona bağlı olarak atalet kuvvetlerinin değişmesi (sahaya uygun spektrum uygulanmasıyla) gibi etmenleri dikkate almaktadır.

Yük dağılımları dışında, adaptif itme ile şekil değiştirme profilleri etkin bir biçimde elde edilebilir [Antoniou ve Pinho 2004b; Pinho ve Antoniou 2005]. Yatay yük dağılımlarını sürekli olarak değişen sistem modal özellikleri göre güncelleyebilme özelliği sayesinde, sabit dağılımlı deplasman itmenin (displacement pushover) içkin zayıflığının üstesinden gelmekte ve özellikle mukavemet ve rijitlik düzensizliklerinin olduğu ve/veya yüksek mod etkilerinin dinamik davranışta önemli bir rol oynadığı yapılarda, varolan geleneksel yöntemlerden daha iyi davranış tahminlerinde bulunarak yapı değerlendirmesi için daha doğru olan, performans-odaklı bir araç saglamaktadır [Pietra et al. 2006; Bento et al. 2008; Pinho et al. 2008b].

SeismoStruct'ta uygulanan adaptif algoritma oldukça esnektir ve her özel projenin spesifik gereksinimlerine uyacak şekilde farklı parametrelerin tanımlanmasına izin verir. Örneğin, SRSS ve CQC modal kombinasyon metodlarının her ikisi de [Clough ve Penzien, 1993; Chopra, 1995] desteklenmekte ve hesaba katılacak mod sayısı açıkça tanımlanmaktadır. Ayrıca, kullanıcılar her adımda uygulanacak yük artımını veya işlem süresince varolan noktaya kadar halihazırda uygulanmış toplam yükü güncellenmeyi de seçebilirler (bkz. Adaptif Parametreler).

Adaptif itme durumu için varolan yük kontrol tipleri, girdi ve işlevsellik olarak geleneksel itme için olanlarla benzerdir: adaptif yük kontrol, adaptif davranış kontrol ve otomatik davranış kontrol. Daha fazla bilgi için, kullanıcılar Adaptif Parametreler sayfasına ve yukarıda belirtilmiş olan bu konu hakkındaki diğer yayınlara başvurmalıdır.

STATİK ZAMAN-TANIM ALANI ANALİZİ

Statik zaman-tanım alanı analizinde, uygulanan yükler (deplasman, kuvvet veya ikisinin kombinasyonu) öngörülen bir yük şablonuna göre zaman-benzeri (pseudo-time) alanda bağımsız olarak değişebilir. i düğüm noktasına uygulanan yük P_i, $P_i = \lambda_i(t)P_i°$ olarak hesaplanır. Diğer bir deyişle, zamana-bağlı yük faktörü, $\lambda_i(t)$ ve nominal yükün,$P_i°$ bir fonksiyondur. Bu analiz tipi genellikle değişik yükler ve yer değiştirme şablonları altında (örn. tekrarlı yükleme) yapıların statik modellemesi için kullanılır.

DİNAMİK ZAMAN-TANIM ALANI ANALİZİ

Dinamik analiz deprem yüklerine maruz kalmış bir yapının doğrusal olmayan inelastik davranışını tahmin etmekte yaygın olarak kullanılır (bittabi, elastik elemanlar ve düşük şiddetli tanımlı deprem hareketi söz konusu ise doğrusal elastik dinamik davranış da modellenebilir). Hareket denklemlerinin direkt integrali, sayısal sönümlü -integral algoritması [Hilber et al., 1977] veya bunun daha özel bir durumu olan, herkesçe bilinen Newmark tertibinin [Newmark, 1959] kullanılmasıyla alınır; optimum doğruluk ve verimlilik ise otomatik zaman adımının ayarlanması ile sağlanmaktadır (bkz. Yük artırımının veya zaman adımının otomatik olarak ayarlanması).

Sismik etkilerin modellenmesi, mesnetlere ivme yük eğrilerinin (ivme kayıtları) tanımlanması ile sağlanır. Ayrıca, her mesnete farklı eğriler tanımlanabilmekte ve böylelikle eşzamanlı olmayan yer hareketlerinin temsiline izin verilmektedir.

Bunlara ek olarak, dinamik analiz ani vuruş yükleme durumları (örneğin, patlama, darbe vb.) için de kullanılabilir. Bu durumlarda, mesnetlerde ivme zaman-tanım alanı yerine, uygun düğüm noktalarına geçici yük tanımlaması için her hangi bir şekle sahip (dikdörtgen, üçgen, parabol gibi) ani vuruş yük fonksiyonları kullanılabilir.

ARTIMSAL DİNAMİK ANALİZ - IDA

Artımsal Dinamik Analiz'de [Hamburger et al., 2000; Vamvatsikos and Cornell, 2002], yapı bir seri artan şiddetli doğrusal olmayan zaman-tanım alanı analizine maruz kalır (örn. maksimum yer ivmesi artımsal bir şekilde düşük bir elastik davranış değerinden daha önce tanımlanmış akma-sonrası hedef limit durumunun sağlanmasına kadar ölçeklendirilir). Daha sonra, her bir dinamik analiz sonucu, taban kesme kuvveti azami değerleri ile onlara karşılık gelen en üst deplasman değerleri alınarak, dinamik itme veya IDA zarf adı verilen eğriler elde edilir.

TEPKİ SPEKTRUMU ANALİZİ – RSA

Tepki spektrumu analizi (ing: Response Spectrum analysis, bundan dolayı kısaltması RSA olarak kullanılmaktadır) [Rosenblueth, 1951; Chopra, 2001; EN 1998-1, 2004], deprem etkisi altındaki bir yapıya ait tepki niceliklerinin (ör: eleman tesir ve ivme, hız, deplasmanları) doğrusal elastik statik-dinamik benzeri bir istatistik analiz yöntemidir. Analizin dinamik-benzeri olarak adlandırılmasının sebebi tepki parametrelerinin pik değerlerinin, herhangi zaman-tanım alanlı bir dinamik analize gerek duyulmadan, doğrudan yer hareketinin tepki spektrumu yoluyla elde edilmesidir. Analiz kapsamında, yapının mesnetlerinden etkiyen zaman-tanım alanlı ivme kaydının etkisi, yapının tüm tutulu olmayan SD'lerine (serbestlik derecelerine) etkiyen ve yapının tüm modlarının etkisini muhteva eden eşdeğer statik yüklemeler ile değiştirilir. Bahsi geçen eşdeğer yükler, her bir mod için iki niceliğin çarpımı olarak elde edilir: (1) o moda ait atalet kuvvetlerinin dağılımı (bu nedenle Özdeğer Analizine ihtiyaç duyulur), ve (2) o moda denk gelen ivme-benzeri tepki (tepki spektrumundan elde edilir). Her bir anlam ifade eden mod için, statik analiz takip edilerek, o analize ait en büyük (pik) tepki değerleri elde edilir.

Genel olarak, modlara ait tepki nicelikleri farklı zamanlarda gerçekleştiği için, analiz sonucunda gerçek pik değerlere ulaşılması mümkün değildir. Bu sebepten ötürü, yapıya ait modlar birleştirilirken belirli istatistiki yaklaşımlardan biri tercih edilir: mutlak toplam (ABSSUM), karelerin toplamının karekökü (SRSS) veya tam karesel birleştirme (CQC). Birbirleriyle ilintili modların (açıklama: çapraz korelasyon olan modların) periyotların yakın olduğu durumlarda CQC yönteminin kullanılması tavsiye edilir. SRSS yöntemi ilgili periyotların %10'dan daha uzak olduğu durumlarda tercih edilebilirken, ABSSUM ise üst limit için kullanılabilir bir birleştirme yöntemidir. Belirtilen prosedür, her bir istenen sismik doğrultu boyunca aynı veya farklı tepki spektrumları kullanılarak takip edilir. RSA, yapı tipi seçimini dinamik performansa bağladığı için, alışılagelmiş olarak tasarıma ait karar alınma aşamasında kullanılır. Periyorları düşük olan yapılar daha büyük ivmelere, periyotu büyük yapılarsa daha büyük deplasmanlara maruz kalırlar. Tasarım aşamasında, üç doğrultudaki sismik yüklemenin bileşeninin (EX, EY, EZ), yerçekimine ait statik yüklemeyle (G+Q) ile birlikte kullanılması tavsiye edilir.

Kullanıcılardan tepki spektrumunu tanımlamaları ve ilgili analizin takip edileceği ve sonuçlarının elde edileceği sismik yükleme kombinasyonlarını tanımlamaları istenmektedir. Tepki spektrumu doğrudan

tanımlanabileceği gibi alternatif olarak sağlanan belirli bir ivme kaydından da elde edilebilir. Tanımlanan tepki spektrumu, iki yatay doğrultu (EX, EY) ve düşey doğrultu (EZ) için kullanılır. Ayrıca, yük kombinasyonları modülünde yatay ve düşey için farklı tepki spekturumu faktörleri de kullanılabilir. Ek olarak, mod birleştirme yöntemi (ABSSUM, SRSS, CQC) ve hedet toplam modal kütle yoluyla hangi modların (ilk kaç modun) birleştirileceği de belirtilmelidir.

Son olarak, kullanıcılardan her bir yük kombinasyonu için (G+Q±E) kullanılacak olan statik yerçekimi yüklemesi faktörü (f_{G+Q}) ve sismik yükleme katsayısının (fE) belirlenmesi beklenmektedir. Sismik yükleme doğrultuları yön başına farklı katsayılarla (fEX, fEY, fEZ) doğrusal olarak (E=±EX±EY±EZ) veya SRSS kuralı yoluyla ($E = \pm\sqrt{EX^2+EY^2+EZ^2}$) birleştirilebilir. Yerçekimi yüklerini tanımlı bir işarete sahip olurken, sismik yükleme her bir doğrultuda her iki işaret de dikkate alınır. Ardından, RSA analiz sonuçları tepki nicelik zarfları olarak görüntülenir.

Burkulma Analizi

Genel olarak, kararlı bir yapıdan kararsız yapıya geçişi tanıyan sınır noktasını belirlemek için artımlı bir analiz yapılmalıdır.Artımlı analiz, hem geometrik hem de malzemeyle ilintili doğrusal olmayan davranışı dikkate alır.Bazı durumlarda, (örn. narin çelik yapılar) stabilite geometrik doğrusal olmayan unsurlar tarafından kontrol edilir.Bu nedenle, doğrusal olmayan malzeme davranışını ihmal ederek, dolayısıyla uygulanan yükün her mertebedeiç kuvvetlerce eşit olarak dağılacağını kabul ederek, bir artırımlı analiz yerine burkulma analizi yapılabilir.Bu iki varsayımın yanı sıra, eleman geometrik rijitlik matrisleri eleman uç kuvvetlerinin doğrusal fonksiyonlarındandır. Yapılmış olan bu varsayımlar, global rijitlik matrisinin genelleştirilmiş özdeğer (eigenvalue) problemi olarak yazılabilmesini sağlar. Bu denklem, kritik durumda aşağıda belirtildiği gibidir.

$$[K_E + \lambda_i K_G]d_i = 0$$

K_E: elastic rijitlikmatrisi, K_G: artan yüke bağlı olarak değişen rijitliği simgeleyen geometric rijitlik matrisi. Bu değer, ön yüklerle birlikte yapının temel durumunu temsil eden referans Pref yükleme şablonuna göre hesaplanır. λ_i: Pref'e karşılık gelen yük faktörleri vektörü, di: burkulmamoduna ait şekil, i: burkulma mod sayısı. Enküçük$\lambda_i$elastikkritikyükvektörüneeğitolur (λ_{min}). Genel olarak, bu tür bir problem çözüm stratejisi, artımsal analize nazaran daha kolaydır.

Doğrusal Olmayan Tsunami Analizi

ASCE 7-16, performansa dayalı kriterlerin ve doğrusal olmayan yöntemlerin kullanılmasına izin vererek yapıların Tsunami Yüküne karşı kapasitesini değerlendirmek için bir çerçeve oluşturmuştur. Petrone ve diğerleri [2017] ve Baiguera ve diğerleri [2019] tarafından yapılan çalışmaları içeren bir dizi makale, Seismostruct'ta uygulanan ASCE 7-16 hükümlerini takiben binaların tsunami değerlendirmesi için doğrusal olmayan analizi içeren bir metodoloji sunmuştur.

Analizin performansı için, her bir zaman geçmişi adımında binaya uygulanan Toplam Tsunami Kuvvetini hesaplamak adına önceden tanımlanmış taşkın derinliği ve hızı, zaman geçmişleri kullanılır. Kullanılacak zaman geçmişleri, ASCE 7-16 tarafından sağlananlar veya Seismostruct içinde mevcut olan farklı olabilir. Her adımdaki Toplam Tsunami Kuvveti, ASCE 7-16'da veya Petrone ve diğerleri [2017] ve Foster ve diğerleri [2017] tarafından yapılan çalışmalarda sağlanan ilişkiler kullanılarak hesaplanabilir. Doğrusal Olmayan Tsunami Analizi iki aşamada gerçekleştirilebilir:

İlk aşama, her adımda Toplam Tsunami Kuvvetinin binanın Tsunamiden etkilenen alanının yüksekliği ve genişliği boyunca dağıtıldığı Değişken Derinlikli İtme (VDPO) Analizini içerir. Bina tepkisi, doğrusal olmayan bir zaman serisi analizine benzer şekilde her adımda hesaplanır. VDPO aşaması bittiğinde (analiz adımlarının sonunda veya sapma nedeniyle) analiz isteğe bağlı olarak Sabit Derinlikli İtme (CDPO) Analizi olan ikinci aşamaya geçebilir. CDPO aşaması sırasında, Tsunami derinliği sabit tutulur ve yanal yükler, VDPO analizinin sonunda bina yer değiştirmenin belirli bir yüzdesi olarak tanımlanan belirli bir yer değiştirmeye ulaşana kadar monoton olarak arttırılır. CDPO analizi, tepki kontrollü Statik İtme Analizi'ne benzer. Doğrusal Olmayan Tsunami Analizi sırasındaki prosedürlerin ayrıntılı bir sunumu için kullanıcılar Petrone ve diğerleri [2017] ve Baiguera ve diğerleri [2019] tarafından yapılan çalışmaya yönlendirilir.

Ek C - Malzemeler

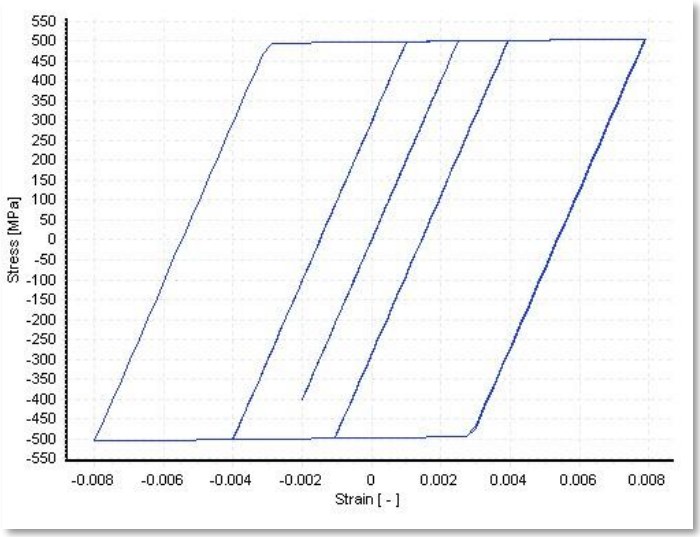
Bu ekte, kullanılabilen malzeme tipleri hakkında detaylı bilgi verilmektedir.

ÇELİK MALZEMELERİ

İki doğrulu çelik modeli - stl_bl

NOT: Bu model, çok basit olan formulasyonu nedeniyle ciddi yük tersininimlerinin söz konusu olduğu karmaşık yüklemelere maruz kalan betonarme yapılarda kullanılmamalıdır; yerine stl_mp ya da stl_mn tercih edilmelidir.

Bu model tek eksenli, iki doğrulu, kinematik pekleşmeli (elastik kısım değişik yükleme aşamalarında aynı kalır, akma durumundan sonraysa pekleşme kuralı akma yüzeyi birim plastik deformasyon artırımıyla doğrusal orantılı olarak kabul edilir) gerilme-birim şekil değiştirme modelidir. Bu temel model, kolaylıkla ayarlanabilen değişkenleri ve hesaplama verimliliğiyle de tanınır. Yumuşak çeliğin ("mild steel") kullanıldığı çelik yapılarda olduğu gibi işlenmiş donatı çeliğinin kullanıldığı betonarme yapılarda da kullanılabilir.



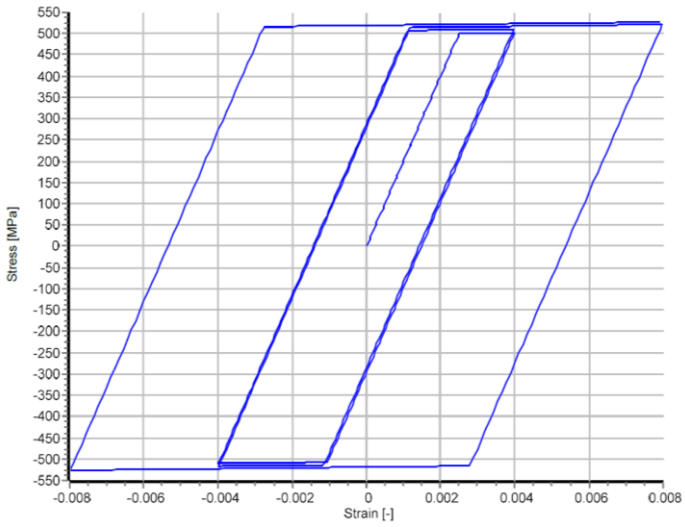
İki doğrulu çelik modeli

Malzemenin mekanik özelliklerini tam olarak tanımlamak için beş adet model kalibrasyon parametresi tanımlanmalıdır:

Malzeme Özellikleri	Tipik değerleri	Varsayılan değerler
Elastisite modülü – E_s	2,00E+08 – 2,10E+08 (kPa)	2,00E+08 (kPa)
Akma mukavemeti– f_y	230000 - 650000 (kPa)	500000 (kPa)
Pekleşme değişkeni– μ	0,005 – 0,015 (-)	0,005 (-)
Kopma/burkulma birim şekil değiştirmesi $-\varepsilon_{ult}$		0,1 (-)
Özağırlık– γ	78 (kN/m^3)	78 (kN/m^3)

İzotropik gerinim pekleşmeli iki doğrulu çelik modeli -stl_bl2

Bu, doğrusal bir kinematik sertleştirme kuralı ve doğrusal olmayan bir kuralla açıklanan izotropik sertleştirmenin isteğe bağlı bir özelliği ile karakterize edilen tek eksenli iki doğrulu bir gerilme-gerinim modelidir.



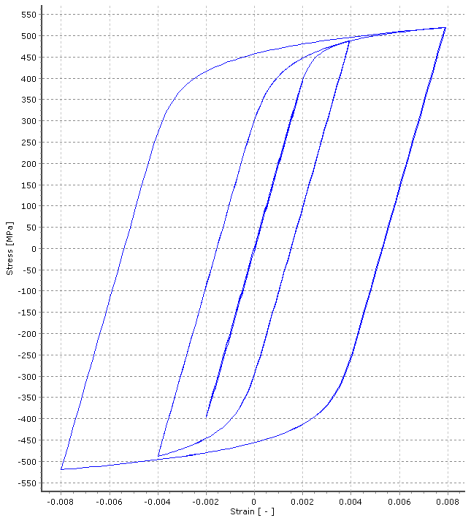
İzotropik gerinim pekleşmeli iki doğrulu çelik modeli

Malzemenin mekanik özelliklerini tam olarak tanımlamak için dokuz adet model kalibrasyon parametresi tanımlanmalıdır:

Malzeme Özellikleri	Tipik değerleri	Varsayılan değerler
Elastisite modülü – $\mathbf{E_s}$	2.00E+08 - 2.10E+08 (kPa)	2.00E+08 (kPa)
Akma mukavemeti– $\mathbf{f_y}$	230000 - 650000 (kPa)	500000 (kPa)
Pekleşme değişkeni– $\boldsymbol{\mu}$	0 - 0.03 (-)	0.005 (-)
Sıkıştırma Parametresinde İzotropik Sertleşme – **A1**	-0.5 - 0.5 (-) (sıkıştırmada izotropik sertleşme olmaması için 0 olarak ayarlayın)	0.1 (-)
Sıkıştırma Parametresinde İzotropik Sertleşme – **A2**	1 - 7 (-)	7 (-)
Gerilim Parametresinde İzotropik Sertleşme – **A3**	-0.5 - 0.5 (-) (gerilimde izotropik sertleşme olmaması için 0 olarak ayarlayın)	0.1 (-)
Gerilim Parametresinde İzotropik Sertleşme – **A4**	1 - 7 (-)	7 (-)
Kopma/burkulma birim şekil değiştirmesi -$\boldsymbol{\varepsilon_{ult}}$		0.1 (-)
Özağırlık– $\boldsymbol{\gamma}$	78.00 (KN/m³)	78.00 (KN/m³)

Ramberg-Osgood çelik modeli - stl_ro

Bu, Kaldjian'ın [1967] çalışmasında tarif edilen Ramberg-Osgood gerilme-birim şekil değiştirme modelidir [Ramberg ve Osgood, 1943]. İlk olarak Otani [1981] tarafından programlanmıştır.



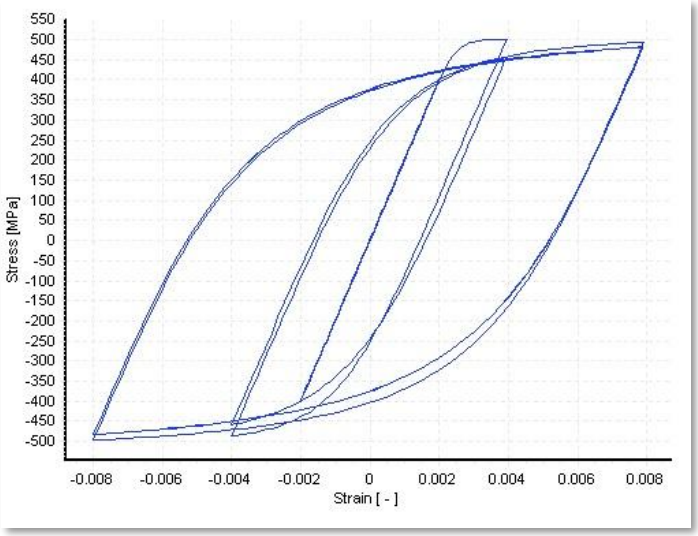
Ramberg-Osgood çelik modeli

Malzemenin mekanik özelliklerini tam olarak tanımlamak için altı adet model kalibrasyon parametresi tanımlanmalıdır:

Malzeme Özellikleri	Tipik değerleri	Varsayılan değerler
Akma mukavemeti– f_y	230000 - 650000 (kPa)	500000.00 (kPa)
Akma birim şekil değiştirmesi		0.0025
Ramberg Osgood Parametresi- γ	10.00- 30.00 (-)	20.00 (-)
Newton-Raphson prosedürü için yakınsama limiti – β_1	1.00E-02 - 1.00E-04 (-)	0.001 (-)
Kopma/burkulma birim şekil değiştirmesi		0.10 (-)
Özağırlık	78.00 (KN/m³)	78.00 (KN/m³)

Menegotto-Pinto çelik modeli - stl_mp

Bu tek eksenli çelik modeli ilk defa, basit ama etkili bir model olan Menegotto ve Pinto [1973] modelinin Filippou et al. [1983] tarafından tanımlanan izotropik pekleşme kurallarıyla birleştirilmesi yoluyla Yassin [1994] tarafından programlanmıştır. Mevcut uygulama Monti et al. [1996] çalışmasında belirtildiği gibidir. Uygulaması betonarme yapılarla sınırlı olup, yük tersinimlerinin mevcut olduğu karmaşık yükleme geçmişlerine sahip olunan durumları modelleyebilme kapasitesine sahiptir. Esasında nervürlü betonarme çeliği düşünülerek geliştirilmiş olan bu model, Prota et al. [2009] çalışmasında da belirtildiği gibi parametrelerinin doğru kalibrasyonu durumunda düz betonarme çeliğini de modelleyebilir.



Menegotto-Pinto çelik modeli

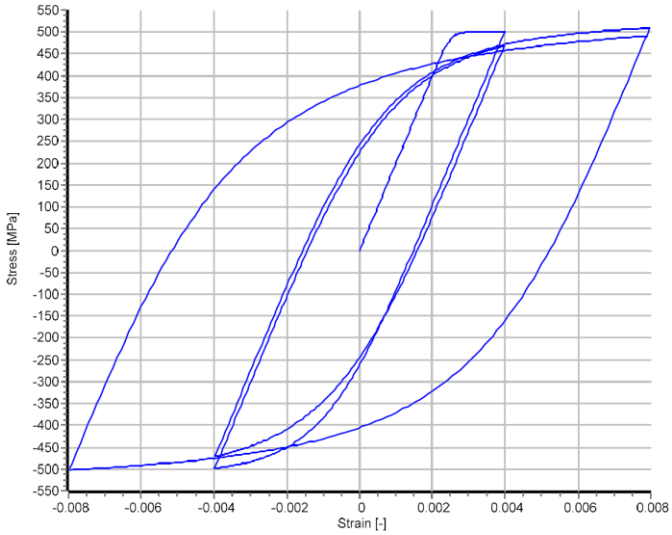
Malzemenin mekanik özelliklerini tam olarak tanımlamak için on adet model kalibrasyon parametresi tanımlanmalıdır:

Malzeme Özellikleri	Tipik değerleri	Varsayılan değerler
Elastisite modülü– E_s	2,00E+08 – 2,10E+08 (kPa)	2,00E+08 (kPa)
Akma mukavemeti– f_y	230000 - 650000 (kPa)	500000 (kPa)
Pekleşme değişkeni– μ	0,005 – 0,015 (-)	0,005 (-)
Geçiş eğrisinin ilk şekil değişkeni – R_0	20 (-)	20 (-)
Geçiş eğrisinin şekil kalibrasyon değişkeni– **A1**	18,5 (-)	18,5 (-)
Geçiş eğrisinin şekil kalibrasyon değişkeni– **A2**	0,05 – 0,15 (-)	0,15 (-)
İzotropik pekleşmenin kalibrasyon değişkeni– **A3**	0,01 – 0,025 (-)	0 (-)
İzotropik pekleşmenin kalibrasyon değişkeni– **A4**	2 - 7 (-)	1 (-)
Kopma/burkulma birim şekil değiştirmesi -ε_{ult}		0,1 (-)
Özağırlık – γ	78 (kN/m^3)	78 (kN/m^3)

NOT: Bu malzeme modelinde yumuşama davranışını modelleyebilmek için, A3 katsayısı negatif olarak tanımlanabilir. Yine de, kullanılan modelin tasarım amacının tam olarak bu olmamasından ötürü bu modelleme tekniği ihtiyatla uygulanmalıdır.

İzotropik Pekleşmeli Giuffre-Menegotto-Pinto Modeli- stl_gmp

Bu, tek eksenli Giuffre-Menegotto-Pinto Malzemesinin isteğe bağlı izotropik pekleşmeli doğrusal olmayan kural ile tanımlanma modelidir. Elastikten plastiğe geçiş, Giuffre-Menegotto-Pinto Modeli ile tanımlanmıştır. Malzeme modeli tüm detaylarıyla Filippou ve ark. [1983] tarafından tanımlanmıştır. Malzeme, özellikle yük tersinimlerinin meydana geldiği durumlarda, betonarme yapılarda takviye çeliğinin davranışının modellenmesinde esas olarak kullanılmalıdır.



İzotropik Pekleşmeli Giuffre-Menegotto-Pinto Modeli

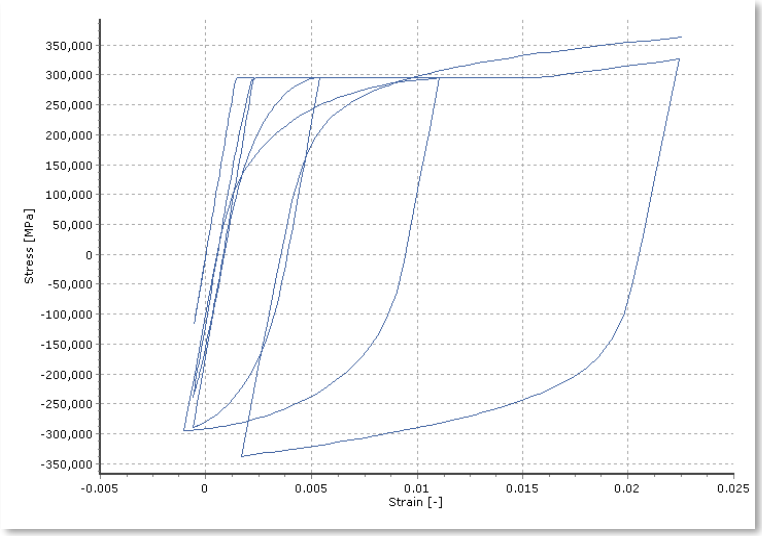
Malzemenin mekanik özelliklerini tam olarak tanımlamak için on üç adet model kalibrasyon parametresi tanımlanmalıdır:

Malzeme Özellikleri	Tipik değerleri	Varsayılan değerler
Elastisite modülü– E_s	2.00E+08 - 2.10E+08 (kPa)	2.00E+08 (kPa)
Akma mukavemeti– f_y	230000 - 650000 (kPa)	500000 (kPa)
Pekleşme değişkeni– μ	0 - 0.03 (-)	0.005 (-)
Geçiş eğrisinin ilk şekil değişkeni – R_0	10 - 20 (-)	20 (-)
Eğrilik bozulma değişkeni– R_1	0 - 0.98 (-) (Tavsiye edilen değer 0.925)	0.925 (-)
Eğrilik bozulma değişkeni – R_2	Tavsiye edilen 0.15(-)	0.15 (-)
İzotropik pekleşmenin basınçta kalibrasyon değişkeni – **A1**	-0.5 - 0.5 (-) (basınçta izotropik pekleşme olmaması için 0 kullanın)	0.1 (-)
İzotropik pekleşmenin basınçta kalibrasyon değişkeni – **A2**	1 - 7 (-)	7 (-)
İzotropik pekleşmenin çekmede kalibrasyon değişkeni – **A3**	-0.5 - 0.5 (-) (çekmede izotropik pekleşme olmaması için 0 kullanın)	0.1 (-)
İzotropik pekleşmenin çekmede kalibrasyon değişkeni – **A4**	1 - 7 (-)	7 (-)
İlk gerilim –σ_0		0 (kPa)
Kopma/burkulma birim şekil değiştirmesi		0.1 (-)
Özağırlık	78.00 (KN/m^3)	78.00 (KN/m^3)

Dodd-Restrepo çelik modeli - stl_dr

Bu model ilk olarak Dodd and Restrepo [1995] tarafından modellenen tek eksenli çelik modelidir. Yük boşaltma modülü plastik birim şekil değiştirmeye bağlıyken, nihai birim uzaması (tekrar sayısının herhangi bir düşük-tekrarlı yorulmaya sahip olamayacak kadar az olması durumunda) yalnızca azami birim kısalmasına bağlıdır.

Malzeme özelliklerinin tamamen tanımlanabilmesi için sekiz adet kalibrasyon değişkeni mevcuttur.



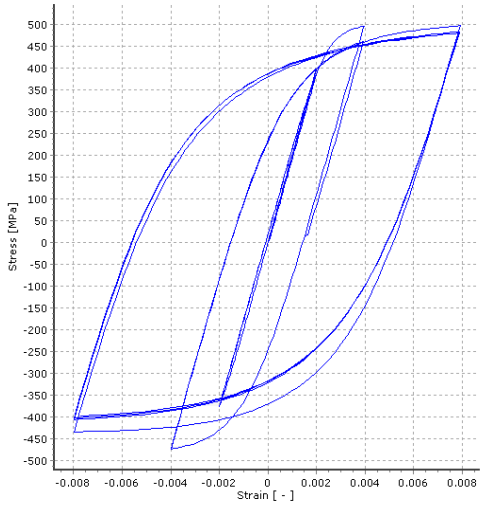
Dodd-Restrepo çelik modeli

Malzemenin mekanik özelliklerini tam olarak tanımlamak için sekiz adet model kalibrasyon parametresi tanımlanmalıdır:

Malzeme Özellikleri	Tipik değerleri	Varsayılan değerler
Elastisite Modülü – $\mathbf{E_s}$	2,00E+08 – 2,10E+08 (kPa)	2,10E+08 (kPa)
Akma mukavemeti – $\mathbf{f_y}$	230000 - 650000 (kPa)	295400 (kPa)
En büyük yükteki gerilme		479500 (kPa)
Pekleşme eğrisinin başlangıç birim şekil değiştirmesi	(-)	0,016 (-)
En büyük yükteki birim şekil değiştirme	(-)	0,207 (-)
Pekleşme eğrisinin ara noktasındaki birim şekil değiştirme	(-)	0,053 (-)
Pekleşme eğrisinin ara noktasındaki gerilme	(-)	420000 (kPa)
Özağırlık – $\boldsymbol{\gamma}$	78 (kN/m^3)	78 (kN/m^3)

Monti-Nuti çelik modeli - stl_mn

Bu tek eksenli çelik modeli ilk defa Monti et al. [1996] tarafından programlanmış olup, betonarme donatılarının basınç altında elastik sonrası burkulma davranışını modelleyebilme kapasitesine sahiptir. Menegotto ve Pinto [1973] gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisi Filippou et al. [1983] izotropik pekleşme ve Monti ve Nuti [1992] burkulma kurallarını içerir. Geçici deprem yüklemesi sırasında kararlılığı ve doğruluğu artırmak için Fragiadakis et al. [2008] tarafından önerilen ek bir hafıza kuralı da kullanılmıştır. Esasında nervürlü betonarme çeliği düşünülerek geliştirilmiş olan bu model, Prota et al. [2009] çalışmasında da belirtildiği gibi parametrelerinin doğru kalibrasyonu durumunda düz betonarme çeliğini de modelleyebilir.



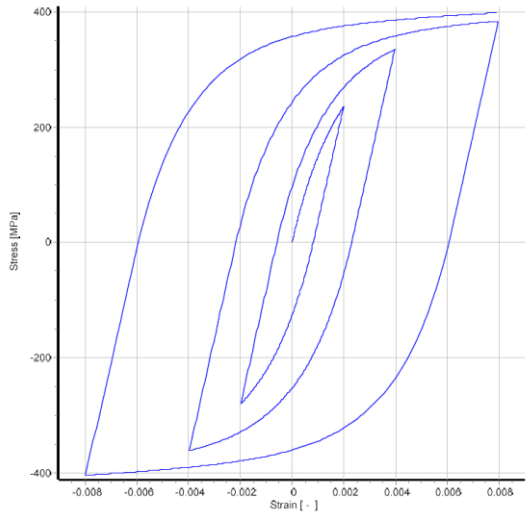
Monti-Nuti çelik modeli

Malzemenin mekanik özelliklerini tam olarak tanımlamak için on adet model kalibrasyon parametresi tanımlanmalıdır:

Malzeme Özellikleri	Tipik değerleri	Varsayılan değerler
Elastisite modülü – E_s	2,00E+08 - 2.10E+08 (kPa)	2,00E+08 (kPa)
Akma mukavemeti – f_y	230000 - 650000 (kPa)	500000 (kPa)
Pekleşme değişkeni – μ	0,005 – 0,015 (-)	0,005 (-)
Geçiş eğrisinin ilk şekil değişkeni – R_0	20 (-)	20 (-)
Geçiş eğrisinin şekil kalibrasyon değişkeni– **A1**	18.5 (-)	18,5 (-)
Geçiş eğrisinin şekil kalibrasyon değişkeni– **A2**	0.05 - 0.15 (-)	0,15 (-)
Kinematik/izotropik ağırlık katsayısı – **P**	0,9'a yakın (-)	0,9 (-)
Gerçek olmayan boşaltmayı düzeltme değişkeni – **r**	2,5 - 5 (%)	2,5 (%)
Kopma birim şekil değiştirmesi -ε_{ult}		0,1(-)
Özağırlık – γ	78 (kN/m^3)	78 (kN/m^3)

Sınırlandırılmış Burkulmalı çelik çapraz modeli - stl_brb

Stl_BRB, Sınırlandırılmış Burkulmalı Çaprazlarda çeliğin davranışını tanımlayan tek eksenli bir çelik malzeme modelidir. Model, Zona ve ark. [2012] tarafından sunulmuştur.



Sınırlandırılmış Burkulmalı çelik çapraz malzemesi

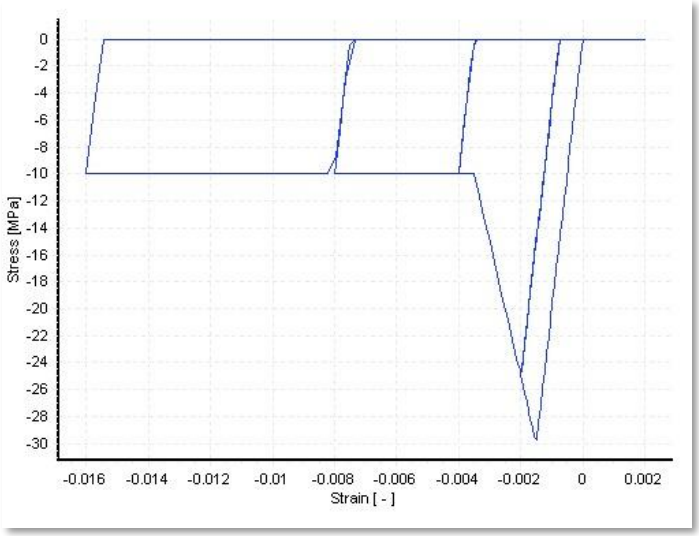
Malzemenin mekanik özelliklerini tanımlamak için on bir adet parametreye ihtiyaç vardır.

Malzeme Özellikleri	Tipik değerleri	Varsayılan değerler
Elastisite modülü– E_s	2.00E+08 - 2.10E+08 (kPa)	2.00E+08 (kPa)
Akma mukavemeti – f_y	260000 - 420000 (kPa)	37000 (kPa)
Çekmede tam doygun izotropik pekleşme için maksimum akma kuvveti– $f_{y,max\,T}$	400000 - 600000 (kPa)	492000 (kPa)
Çekme için elastikten plastiğe geçişi kontrol eden sabit– $\alpha_{,T}$	0.2-1.2	0.9
Çekmede pekleşme oranı – $b_{,T}$	0.01-0.04	0.01
Çekme için izotropik pekleşmeyi kontrol eden sabit – $\delta_{,T}$	0.1-0.8	0.2
Basınçta tam doygun izotropik pekleşme için maksimum akma kuvveti– $f_{y,max\,C}$	400000 - 600000 (kPa)	581000
Basınç için elastikten plastiğe geçişi kontrol eden sabit– $\alpha_{,C}$	0.2-1.2	0.9
Basınçta pekleşme oranı – $b_{,C}$	0.01-0.04	0.01
Basınç için izotropik pekleşmeyi kontrol eden sabit – $\delta_{,C}$	0.1-0.8	0.2
Özağırlık - γ	78 (kN/m^3)	78 (kN/m^3)

BETON MALZEMELERİ

Üç doğrulu beton modeli - con_tl

Bu model; basitleştirilmiş, tek eksenli, üç doğrulu, kalan mukavemet platosu içeren ve çekme altında herhangi bir direnç göstermeyen bir beton modelidir.



Üç doğrulu beton modeli

Mekanik özelliklerini belirten beş adet kalibrasyon değişkenine sahiptir:

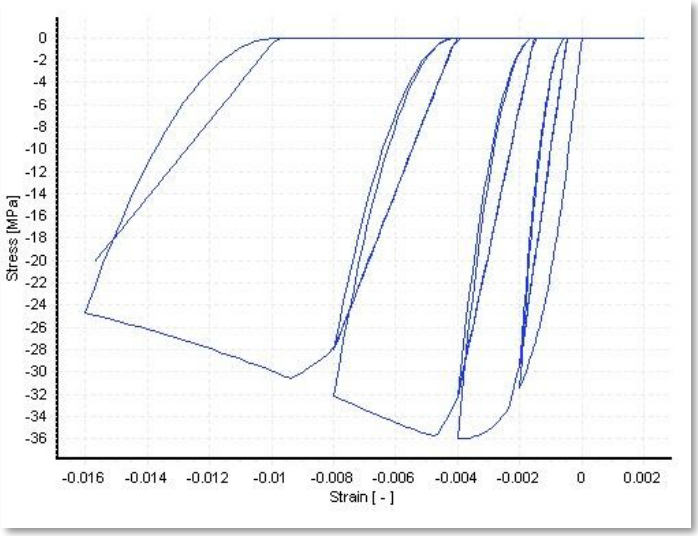
Malzeme Özellikleri	Tipik değerleri	Varsayılan değerler
Ortalama Basınç mukavemeti – f_{c1}	15000 - 45000 (kPa)	30000 (kPa)
İlk rijitlik – E_1	1,50E+07- 3.00E+07 (kPa)	2,00E+07 (kPa)
Pik sonrası rijitlik – E_2	-5,00E+06 - -3,00E+07 (kPa)	-1,00E+07 (kPa)
Kalan mukavemet – f_{c2}	5000 - 15000 (kPa)	10000 (kPa)
Özağırlık – γ	24 (kN/m³)	24 (kN/m³)

NOT 1: Küp numunelerden elde edilen basınç mukavemeti silindir numunelerden elde edilenlere oranla %10-25 arası daha fazladır (bu oran silidir basınç mukavemeti 15-50 MPa olan betonlar için geçerlidir).

NOT 2: Bazı araştırmacılar [ör. Scott et al., 1982], depremyüklemesininsonucuortayaçıkan 'hızlı' birimşekildeğişimlerinin (0,0167/s), sıklıklakullanılangöreceliolarak 'yavaş' birimşekildeğiştirmehızına(0,0000033/s) sahiptestlerdeneldeedilenbetonarmekesitçekirdeğigerilme-birimşekildeğiştirme ilişkisine olan etkisini 'test' sonuçlarındaki en büyük gerilme, en büyük gerilmeye ait birim şekil değiştirme ve akma sonrası yumuşama kısmının eğimini 1,25 ile çarparak davranışa dahil edilmesini savunmaktadır. Aslında, Mander et al. [1989] çalışması da modelin içine birim şekil değiştirme hızlarınının tanımlanabilmesine olanak sağlamıştır. SeismoStruct programında 'hız' etkisi göz ardı edilerek, temel

Mander et al. doğrusal olmayan beton modeli - con_ma

Bu model tek eksenli, sabit sargı modeli olup ilk olarak Madas [1993] tarafından Mander et al. [1988] konstitütif ilişkisi baz alınarak kodlanmıştır. Tekrar kurallarıysa Martinez-Rueda ve Elnashai [1997]'a aittir. Yatay sargı donatısı tarafından sabit bir sargı etkisi sağlanır ve Mander et al. [1988]'de belirlenen kurallara göre hesaplanan bu gerilmenin bütün gerilme-birim şekil değiştirme boyunca aynı olduğu kabul edilir.



Mander et al. doğrusal olmayan beton modeli

Bu modeli tanımlayabilmek için beş adet kalibrasyon parametresine ihtiyaç vardır:

Malzeme Özellikleri	Tipik değerleri	Varsayılan değerler
Ortalama Basınç mukavemeti – f_c	15000 - 45000 (kPa)	30000 (kPa)
Ortalama Çekme mukavemeti – f_t	2000 – 3000 (kPa)	2200 (kPa)
Elastisite Modülü - E_c	18000 - 30000 (kPa)	24870 (kPa)
En Büyük Gerilmedeki Birim Şekil Değiştirme – ε_c	0,002 – 0,0022 (m/m)	0,002 (m/m)
Özağırlık – γ	24 (kN/m^3)	24 (kN/m^3)

NOT 1: Küp numunelerden elde edilen basınç mukavemeti silindir numunelerden elde edilenlere oranla %10-25 arası daha fazladır (bu oran silidir basınç mukavemeti 15-50 MPa olan betonlar için geçerlidir).

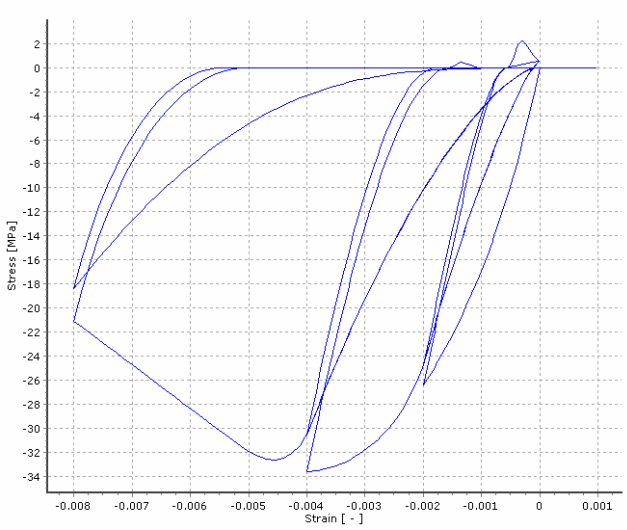
NOT 2: Bazı araştırmacılar [ör. Scott et al., 1982], deprem yüklemesinin sonucu ortaya çıkan 'hızlı' birim şekil değişimlerinin (0,0167/sec), sıklıkla kullanılan göreceli olarak 'yavaş' birim şekil değiştirme hızına(0,0000033/sec) sahip testlerden elde edilen betonarme kesit çekirdeği gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisine olan etkisini 'test' sonuçlarındaki en büyük gerilme, en büyük gerilmeye ait birim şekil değiştirme ve akma sonrası yumuşama kısmının eğimini 1,25 ile çarparak davranışa dahil edilmesini savunmaktadır. Aslında, Mander et al. [1989] çalışması da modelin içine birim şekil değiştirme hızlarınının tanımlanabilmesine olanak sağlamıştır. SeismoStruct programında 'hız' etkisi göz ardı edilerek, temel denklemler kullanılmıştır.

NOT 3: Bazı koşullar altında, yapısal modele ve uygulanan yüklere de bağlı olmak üzere, çatlak açılması nümerik kararsızlığa (instabiliteye) yol açabilir. Böyle durumlarda, kullanıcıların lokal davranışı(kesit eğrilikleri) tam doğru olarak tahmin etmek istemesinden çok genel davranışı anlamak istemeleri durumunda (ör: tepe noktası yer değiştirmesi), beton çekme mukavemeti göz ardı edilebilir(i.e. f_t=0 MPa), böylelikle nümerik kararlılık da daha kolay bir şekilde sağlanır.

NOT 4: Bu malzeme için istenilen sargı etkisi katsayısı "sabit"tir, sargılı ve sargısız beton basınç mukavemetleri oranı olarak tanımlanıp, sargısız betonun sahip olduğu en büyük basınç gerilmesinin tüm birim şekil değiştirme aralığınca çarpılarak büyütülmesinde rol oynar. Literatürde bulunan herhangi bir sargı modeli [e.g. Ahmad and Shah, 1982; Sheikh and Uzumeri, 1982; Penelis and Kappos, 1997; Eurocode 8, 2004] kullanılabilse de, program içerisinde Kesitler ve Sargı Etkisi Katsayısı Hesabı modüllerinde Mander et al. [1989] çalışması kullanılmaktadır. Bu değişkenin değeri betonarme elemanlarda 1.0 ile 2.0 arasında değişmekte olup, çelik-beton kompozit kesitlerinde 1.5- 4.0 değerleri arasında oynar.

Chang-Mander doğrusal olmayan beton modeli - con_cm

Bu model, Chang ve Mander'in [Chang & Mander, 1994] geliştirmiş olduğu beton modelinin uygulamasıdır. Bahsi geçen beton modeli, ani çatlak kapanması sonucu kesit modüllerinde ani değişiklikler içeren diğer modellere nazaran, çatlak açılma-kapanma sırasında gerilme-birim şekil değiştirme davranışında geçişlere özel bir önem vermektedir. Çekme altındaki beton davranışı, basınç altında da olduğu gibi, tekrarlı bir davranışa sahip olup modele ait basınç ve çekme zarflarıysa orijindeki gerilme-birim şekil değiştirme davranışının eğimini ve aynı davranışın artan ve azalan kısımlarını (ör: pik-öncesi ve pik-sonrası kısımlar) kontrol eder.



Chang-Mander doğrusal olmayan beton modeli

Sekiz adet parametre içerir:

Malzeme Özellikleri	Tipik Değerleri	Varsayılan Değerleri
Ortalama Basınç mukavemeti – f_c	15000 - 45000 (kPa)	28000 (kPa)
Ortalama Çekme mukavemeti – f_t	-	2200 (kPa)
Elastisite Modülü – E_c	10000 - 30000 (MPa)	22960 (MPa)
En büyük basınçta birim kısalma – ε_c	0,002 – 0,0022 (m/m)	0,002 (m/m)
En büyük çekmede birim uzama– ε_t	0,0002 – 0,00022 (m/m)	0,0002 (m/m)
Boyutsuz kritik basınç kısalması - r	1,1 – 1,5 [-]	1,3 [-]
Boyutsuz kritik çekme uzaması - x_{cr}	1-5 [-]	3 [-]
Özağırlık – γ	24 (kN/m^3)	24 (kN/m^3)

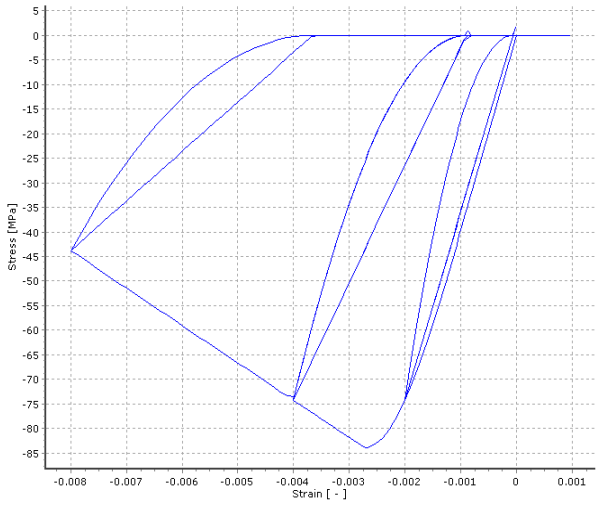
NOT 1: Küp numunelerden elde edilen basınç mukavemeti silindir numunelerden elde edilenlere oranla %10-25 arası daha fazladır (bu oran silidir basınç mukavemeti 15-50 MPa olan betonlar için geçerlidir).

NOT 2: Boyutsuz kritik birim şekil değiştirme değerleri, basınç için r ve çekme için x_{cr}, eğrinin azalan kısmının şeklini belirler. Kullanıcılara, ilgili parametrelerin etkilerini inceleyebilmeleri için, Yeni Malzeme iletişim kutusundaki çizime göz atmaları önerilir.

Kappos ve Konstantinidis doğrusal olmayan beton modeli - con_hs

NOT: Yüksek dayanımlı beton modelinin nümerik olarak ayrıca tanımlanmasının nedeni yüksek dayanımlı betonların gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisinin, normal dayanımlı betonlara nazaran çok farklı olabilmesidir. Özellikle, pik sonrası davranışta, yüksek dayanımlı beton daha gevrek bir özelliğe sahiptir.

Yüksek dayanımlı betonlar için Kappos ve Konstantinidis [1999] tarafından geliştirilmiş ve programlanmış, tek eksenli, doğrusal olmayan ve sabit sargı etkisine sahip bir modeldir. Nagashima et al. [1992] tarafından önerilen konstitütif ilişkiyi kullanır ve istatistiksel olarak kalibrasyonu da yelpazesi çok geniş olan bir deneysel veriye göre yapılmıştır. Enine donatı tarafından sağlanan sargı etkisi değiştirilmiş Sheikh ve Uzumeri [1982] faktörüyle (sargı etkisi katsayısı) ele alınır ve bütün gerilme-birim şekil değiştirme tanım aralığı boyunca sabit bir sargı etkisinin varlığı kabul edilir.



Kappos ve Konstantinidis doğrusal olmayan beton modeli

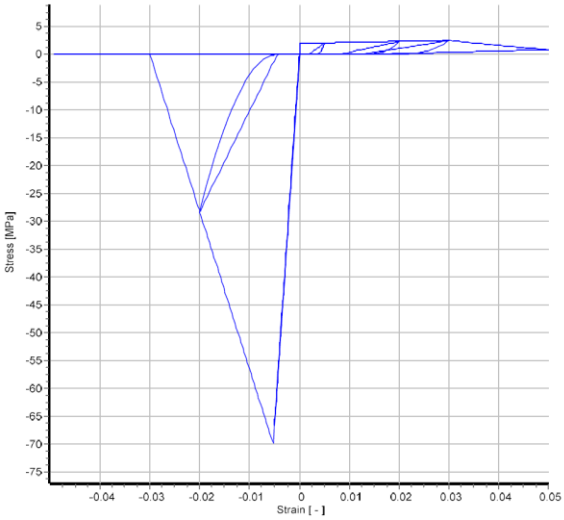
Bu modeli tanımlayabilmek için dört adet kalibrasyon parametresine ihtiyaç vardır.

Malzeme Özellikleri	Tipik değerleri	Varsayılan değerler
Ortalama Basınç mukavemeti– f_c	50000 - 120000 (kPa)	78000 (kPa)
Ortalama Çekme mukavemeti– f_t	-	4600 (kPa)
Elastisite modülü - E_c	35000 – 45000 (MPa)	40472 (Mpa)
Özağırlık– γ	24 (kN/m^3)	24 (kN/m^3)

NOT: Bazı koşullar altında, yapısal modele ve uygulanan yüklere de bağlı olmak üzere, çatlak açılması nümerik kararsızlığa (instabiliteye) yol açabilir. Böyle durumlarda, kullanıcıların lokal davranışı(kesit eğrilikleri) tam doğru olarak tahmin etmek istemesinden çok genel davranışı anlamak istemeleri durumunda (ör: tepe noktası yer değiştirmesi), beton çekme mukavemeti göz ardı edilebilir(i.e. f_t=0 MPa), böylelikle nümerik kararlılık da daha kolay bir şekilde sağlanır.

Tasarlanmış, çimento esaslı kompozit malzeme - con_ecc

Con_ecc, Han ve ark. [2003] tarafından açıklandığı gibi sünek lif (fiber)-takviyeli çimento-esaslı kompozitlerin davranışını modelleyen tek eksenli genel bir malzemedir. Modelin tanımı için 13 değişkene ihtiyacı vardır.

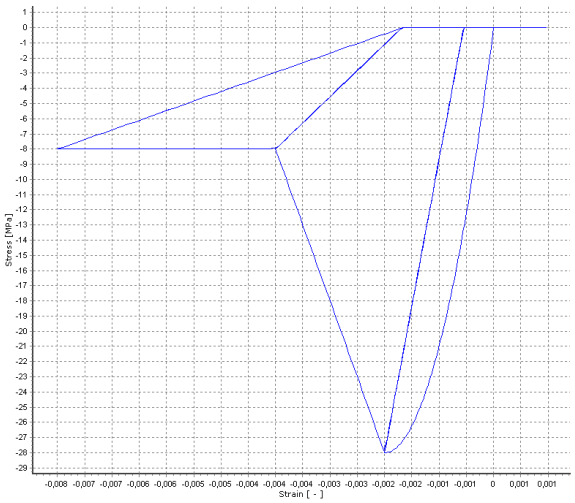


Sünek lif (fiber)-takviyeli çimento-esaslı kompozit model

Malzeme Özellikleri	Tipik değerleri	Varsayılan değerler
Çatlama gerilimi – $\sigma_{t,0}$	2.00E+03 – 4.00E+03 (kPa)	2.00E+03 (kPa)
Çatlama birim şekil değiştirmesi– $\varepsilon_{t,0}$	0.000015 – 0.00025	0.00015
En yüksek çekme gerilimi – $\sigma_{t,p}$	2.50E+03 – 6.00E+03 (kPa)	2.50E+03 (kPa)
En yüksek çekme gerilimindeki birim şekil değiştirmesi – $\varepsilon_{t,p}$	0.03-0.037	0.03
Nihai çekme birim şekil değiştirmesi – $\varepsilon_{t,u}$	0.06	0.06
Basınç mukavemeti – $\sigma_{c,p}$	70.00E+03 – 80.00E+03 (kPa)	70.00E+03 (kPa)
Basınç muhavemetinde birim şekil değiştirme– $\varepsilon_{c,p}$	0.005-0.006	0.00525
Nihai basınç birim şekil değiştirmesi – $\varepsilon_{c,u}$	0.01-0.03	0.03
Çekme boşaltma eğrisi için tesir – a_t	≥1	5
Basınç boşaltma eğrisi için tesir – a_c	≥1	2
Çekme boşaltma eğrisi için faktör – **bt**	>0	0.4
Basınç boşaltma eğrisi için faktör – **bc**	>0	0.3
Özağırlık - γ	24 (kN/m^3)	24 (kN/m^3)

Kent-Scott-Park beton modeli - con_ksp

Con_ksp, Kent ve Park [1971] tarafından tanımlanan gerilme-şekil değiştirme ilişkisine ve Karsan ve Jirsa [1969] tarafından önerilen döngüsel davranışa sahip basitleştirilmiş tek eksenli bir beton modelidir. Model, sıfır çekme dayanımına sahiptir. Modelin tanımlanması için beş değişken gereklidir.



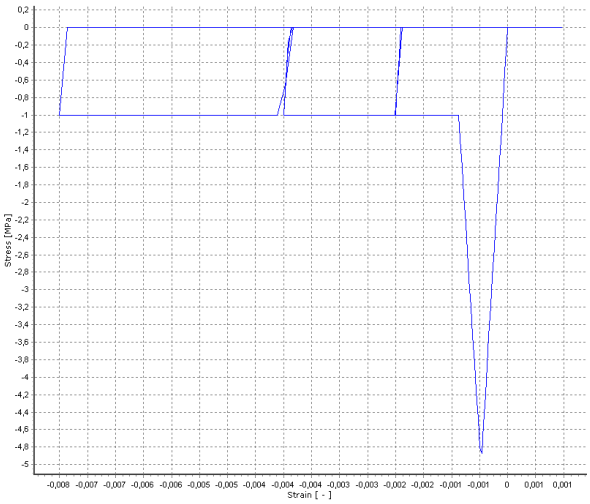
Kent – Scott – Park beton modeli

Malzeme Özellikleri	Tipik değerleri	Varsayılan değerler
Basınç mukavemeti – σ_c	15000 - 45000 (kPa)	28000 (kPa)
Basınç mukavemetinde birim şekil değiştirme – ε_c	0.002 - 0.0022 [-]	0.002
Artık mukavemet – σ_c	5000 - 15000 (kPa)	8000 (kPa)
Artık mukavemette birim şekil değiştirme – ε_c	-	0.004
Özağırlık – γ	24 (kN/m^3)	24 (kN/m^3)

DİĞER MALZEMELER

Üç çizgili duvar modeli - mas_tl

Bu, gerilmeye karşı direnç göstermeyen ve artık (nihai, kalan) mukavemet platosuna sahip, basitleştirilmiş tek eksenli üç çizgili bir malzeme modelidir.



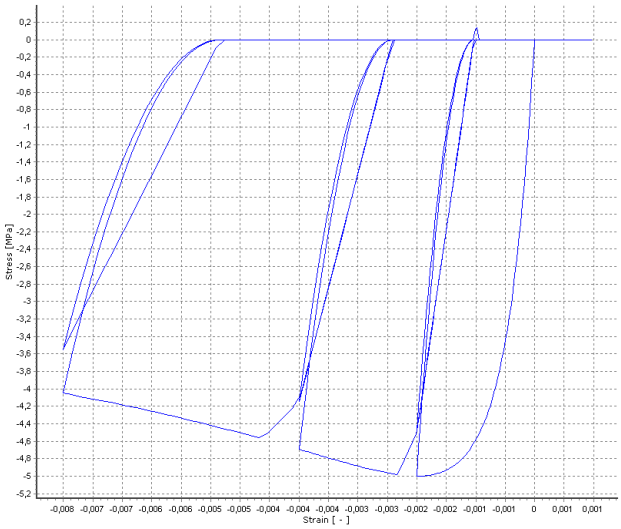
Üç çizgili yığma modeli

Malzemenin mekanik özelliklerini tam olarak tanımlamak için beş model kalibrasyon parametresi tanımlanmalıdır:

Malzeme Özellikleri	Tipik değerleri	Varsayılan değerler
Ortalama Basınç mukavemeti – f_{c1}	1000 - 10000 (kPa)	5000 (kPa)
İlk rijitlik – E_1	5.0E+06 - 2.00E+07 (kPa)	1.05E+07 (kPa)
Pik-sonrası rijitlik – E_2	-2.50E+06 - -3.00E+07 (kPa)	-1.00E+07 (kPa)
Artık mukavemet – f_{c2}	500 - 5000 (kPa)	1000 (kPa)
Özağırlık – γ	24 (kN/m³)	24 (kN/m³)

Parabolik yığma modeli - mas_par

Bu, con_ma tipik sabit beton sargılama modelinin histeretik kurallarına dayanan, yığma için tek eksenli doğrusal olmayan bir malzeme modelidir.



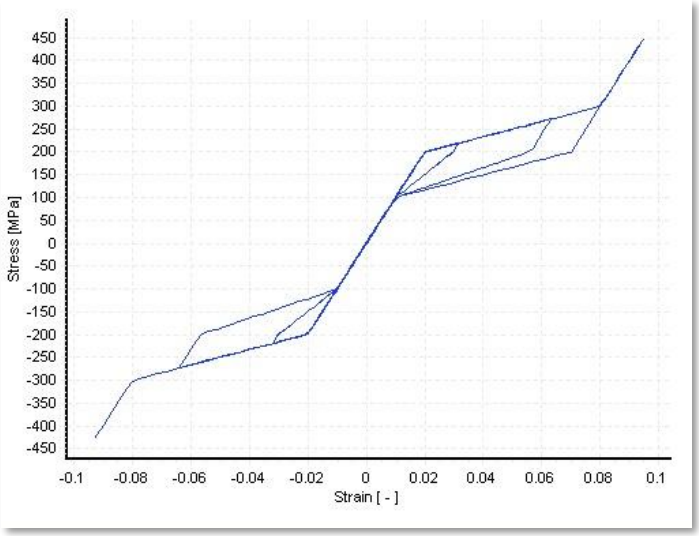
Parabolik Yığma modeli

Malzemenin mekanik özelliklerini tam olarak tanımlamak için yedi model kalibrasyon parametresi tanımlanmalıdır:

Malzeme Özellikleri	Tipik değerleri	Varsayılan değerler
Ortalama basınç mukavemeti – f_c	1000 - 10000 (kPa)	3500 (kPa)
Ortalama çekme mukavemeti – f_t	0 - 2000 (kPa)	150 (kPa)
Elastisite modülü – E_c	5000 - 20000 (MPa)	1.05E+07 (kPa)
Poisson Oranı	0.10-0.30 (-)	0.20 (-)
Pik-gerilimdeki birim şekil değiştirme – ε_c	0.002 - 0.0022 (m/m)	0.002 (m/m)
Azalan branch parametresi	0.50 - 10 (-)	1.00 (-)
Özağırlık – γ	24 (kN/m³)	24 (kN/m³)

Süperelastik biçim bellekli (şekil hafızalı) alaşım modeli - se_sma

Bu model, Fugazza [2003] tarafından, tek eksenli süperelastik biçim bellekli alaşımlar için, programlanmıştır. Teorisi Auricchio ve Sacco [1997] çalışmasında belirtilen konstitütif ilişkiye dayanır; tam östenitik ve tam martensitik davranışların her ikisi için de hızdan bağımsız olan sabit rijitlik kullanır.



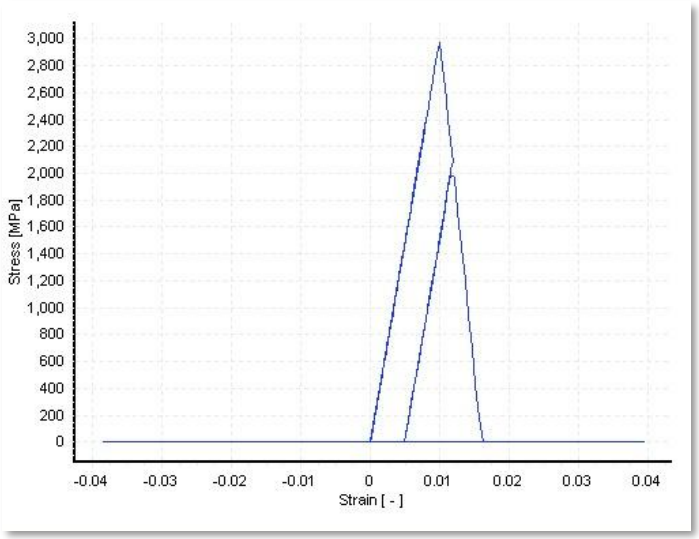
Süperelastik şekil hafızalı alaşımmoodeli

Süperelastik alaşımlı (tel veya çubuk) malzemelere uygulanacak testlerden elde edilebilen yedi adet model kalibrasyon parametresine sahiptir:

Malzeme Özellikleri	Tipik değerleri	Varsayılan değerler
Elastisite modülü- **E**	1,00E+07 – 8,00E+07 (kPa)	1,00E+07 (kPa)
Östenitten martensite-başlangıç gerilmesi- $\sigma_{s\text{-}AS}$	200000 - 600000 (kPa)	200000 (kPa)
Östenitten martensite-bitiş gerilmesi- $\sigma_{f\text{-}AS}$	300000 - 700000 (kPa)	300000 (kPa)
Martensitten östenite-başlangıç gerilmesi- $\sigma_{s\text{-}SA}$	600000 - 200000 (kPa)	200000 (kPa)
Martensitten östenite-bitiş gerilmesi - $\sigma_{f\text{-}SA}$	500000 - 100000 (kPa)	100000 (kPa)
Süperelastik birim şekil değiştirme platosu uzunluğu - ε_L	4 - 8 (%)	5 (%)
Özağırlık– γ	65 (kN/m^3)	65 (kN/m^3)

Üç Doğrulu FRP modeli - frp_tl

Bu model basitleştirilmiş, tek eksenli, üç doğrulu, basınç altında herhangi bir direnç göstermeyen bir FRP modelidir.



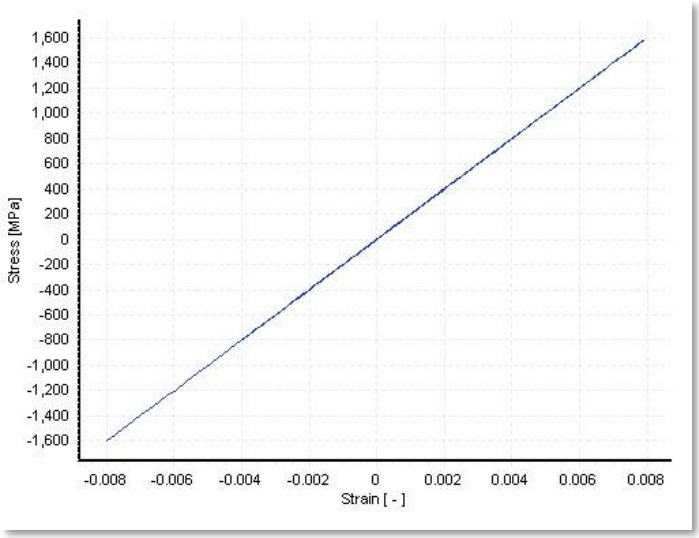
Üç doğrulu FRP modeli

Mekanik özelliklerini belirten dört adet kalibrasyon değişkenine sahiptir:

Malzeme Özellikleri	Tipik değerleri	Varsayılan değerler
Çekme mukavemeti- f_t	2,10E+06 – 4,80E+06 (kPa) (karbon fiberler) 1,90E+06 – 4,80E+06 (kPa) (cam fiberler) 3,50E+06 – 4,10E+06 (kPa) (aramit fiberler)	3,00E+06 (kPa)
İlk rijitlik- E_1	2,15E+08 – 7,00E+08 (kPa) (karbon fiberler) 7,00E+07 – 9,00E+07 (kPa) (cam fiberler) 7,00E+07 – 1,30E+08 (kPa) (aramit fiberler)	3,00E+08 (kPa)
Pik sonrası rijitlik- E_2	-	-5,00E+08 (kPa)
Özağırlık– γ	18 (kN/m^3)	18 (kN/m^3)

Elastik malzeme modeli - el_mat

Bu model; basitleştirilmiş, tek eksenli, çekme ve basınçta simetrik davranan, elastik malzeme modelidir.



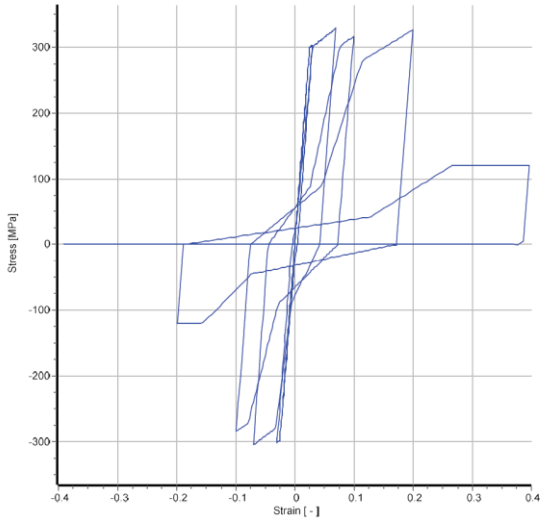
Elastik malzeme modeli

Mekanik özelliklerini belirten dört adet kalibrasyon değişkenine sahiptir:

Malzeme Özellikleri	Tipik değerleri	Varsayılan değerler
Elastisite Modülü- E_s	-	2,00E+08 (kPa)
Özağırlık– γ	20 (kN/m^3)	20 (kN/m^3)

Genel Histeretik malzeme - hyst_mat

Hyst_mat, Pinching etkisi (pinching olmadığı durum için 0'dan, en yüksek pinching için 1'e kadar değerlere sahip bir pinching faktörü ile kontrol edilir) ve mukavemet bozulması, tepe gerilim bozulması, yeniden yükleme ve boşaltma rijitliği bozulma dahil olmak üzere dört bozulma modu ile karakterize edilen jenerik tek eksenli bir malzeme modelidir. Tüm bozulma modları, bozulma faktörü tarafından kontrol edilir (bozulma olmaması için 0'dan yüksek bozulma için 1'e kadar değerler). Akma noktası, tepe gerilim noktası ve artık mukavementten oluşan bir başlangıç iskelet eğrisi başlangıçta tanımlanır ve her boşaltma sonrası bozulur.



Genel Histeretik malzeme modeli

Malzemenin mekanik özelliklerini tanımlamak için on iki parametreye ihtiyaç vardır. İskelet eğrisini tanımlayan gerilme-birim şekil değiştirme çifleri artan sırada verilmelidir.

Malzeme Özellikleri	Tipik değerleri	Varsayılan değerler
Elastisite modülü - $\mathbf{E_s}$	-	2.00E+08 (kPa)
Pozitif yönde akma gerilmesi – $\boldsymbol{\sigma_{y,pos}}$	-	300E+03 (kPa)
Negatif yönde akma gerilmesi – $\boldsymbol{\sigma_{y,neg}}$	-	300E+03 (kPa)
Pozitif yönde tepe birim şekil değiştirmesi – $\boldsymbol{\varepsilon_{peak,pos}}$	-	300
Pozitif yönde tepe gerilimi – $\boldsymbol{\sigma_{peak,pos}}$	-	500 (kPa)
Negatif yönde tepe birim şekil değiştirmesi – $\boldsymbol{\varepsilon_{peak,neg}}$	-	300
Negatif yönde tepe gerilimi – $\boldsymbol{\sigma_{peak,neg}}$	-	500 (kPa)
Pozitif yönde artık mukavemet – $\boldsymbol{\sigma_{Res,pos}}$	-	120 (kPa)
Negatif yönde artık mukavemet – $\boldsymbol{\sigma_{Res,pos}}$	-	120 (kPa)
Pinching faktörü – **FPinch**	0-1	0.5
Bozulma faktörü – **FDet**	0-1	0.5
Özağırlık - $\boldsymbol{\gamma}$	-	24 (kN/m^3)

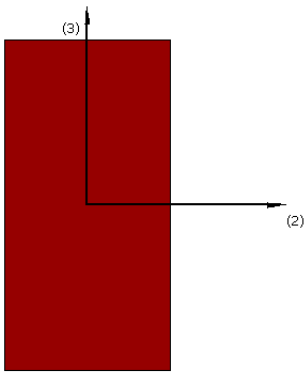
Ek D -Kesitler

Bu bölümde, kesit tipleri hakkında bilgi verilecektir.

TEK MALZEMELİ KESİTLER

Dikdörtgen dolu kesit - rss

Bu kesit, çelik yapılarda dikdörtgen elemanların modellenmesinde sıklıkla kullanılan bir kesittir.



Malzemeler ve Boyutlar:

Sadece bir malzemenin (çelik/beton) tanımlanması gerekir.

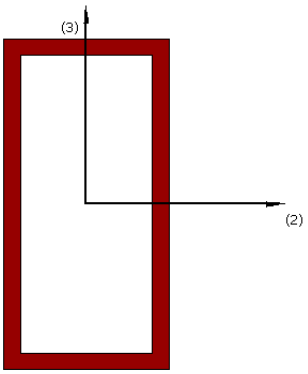
Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Kesit genişliği. Varsayılan değer 0,1 m'dir.
- Kesit yüksekliği/derinliği. Varsayılan değer 0,2 m'dir.

NOT: SeismoStruct 2016' dan itibaren beton malzeme modelleri rss kesit tipine uygulanabilmektedir.

Dikdörtgen boşluklu kesit - rhs

Bu kesit, çelik yapılarda dikdörtgen boşluklu elemanların modellenmesinde sıklıkla kullanılan bir kesittir.



Malzemeler ve Boyutlar:

Sadece bir malzemenin (çelik) tanımlanması gerekir.

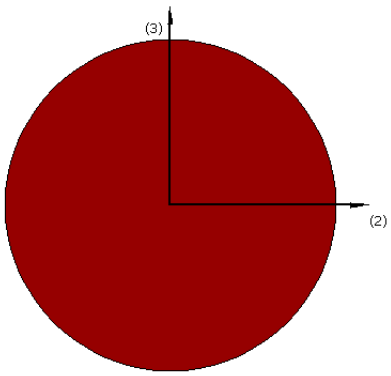
Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Kesit genişliği. Varsayılan değer 0,1 m'dir.
- Kesit yüksekliği/derinliği. Varsayılan değer 0,2 m'dir.
- Kesit kalınlığı. Varsayılan değer 0,01 m'dir.

NOT: Bu kesiti, betonarme dikdörtgen bir elemanın boyuna odaklı çelik ile güçlenlendirilmesini modellemede kullanabilirsiniz. Bunu yapmak için, ilk olarak güçlendirme malzemesinin özelliklerini gösteren bir malzeme modeli oluşturulmalıdır. Daha sonra, kesit iç yüksekliği orijinal elemanınkine ve kesit kalınlığı güçlendirme katmanının kalınlığına eşit olan rhs-kesit kullanılarak oluşturulan bu yeni güçlendirme elemanı, varolan elemanın bağlı olduğu düğüm noktalarına bağlanmalıdır.

Dairesel dolu kesit - css

Bu kesit çelik yapılarda dairesel elemanların modellenmesinde sıklıkla kullanılan bir kesittir.



Malzemeler ve Boyutlar:

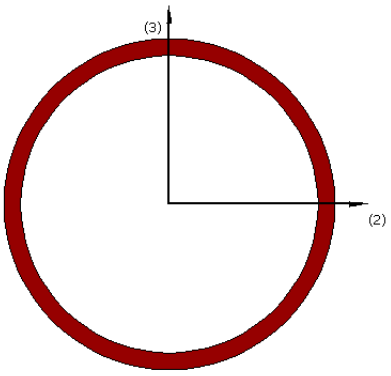
Sadece bir malzemenin (çelik) tanımlanması gerekir.

Gerekli boyut aşağıdaki gibidir:

- Kesit Çapı. Varsayılan değer 0,2 m'dir.

Dairesel boşluklu kesit - chs

Bu kesit çelik yapılarda dairesel boşluklu elemanların modellenmesinde sıklıkla kullanılan bir kesittir.



Malzemeler ve Boyutlar:

Sadece bir malzemenin (çelik) tanımlanması gerekir.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

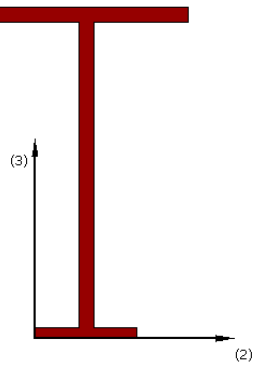
- Kesit çapı. Varsayılan değer 0,2 m'dir.
- Kesit kalınlığı. Varsayılan değer 0,01 m'dir.

NOT: Bu kesiti, betonarme dairesel elemanların boyuna odaklı çelik ile güçlenlendirilmesini modellemede kullanabilirsiniz. Bunu yapmak için, ilk olarak güçlendirme malzemesinin özelliklerini gösteren bir malzeme modeli oluşturulmalıdır. Daha sonra, iç çapı orijinal elemanın kesit çapına ve kesit kalınlığı güçlendirme katmanının kalınlığına eşit olan chs-kesit kullanılarak oluşturulan bu yeni güçlendirme elemanı, varolan elemanın bağlı olduğu düğüm noktalarına bağlanmalıdır.

Simetrik I- veya T-kesit - sits

Bu kesit, I- veya T-şekilli çelik profillerin modellenmesinde sıklıkla kullanılan bir kesittir.

NOT 1: Alt flanş genişliği ve gövde kalınlığına aynı değerleri vererek bir T-kesit elde edilebilir.



Malzemeler ve Boyutlar:

Sadece bir malzemenin (çelik) tanımlanması gerekir.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

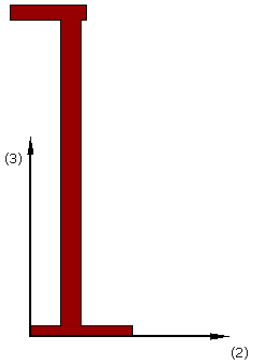
- Alt flanş genişliği. Varsayılan değer 0,1 m'dir.
- Alt flanş kalınlığı. Varsayılan değer 0,01 m'dir.
- Üst flanş genişliği. Varsayılan değer 0,2 m'dir.
- Üst flanş kalınlığı. Varsayılan değer 0,015 m'dir.
- Gövde yüksekliği. Varsayılan değer 0,3 m'dir.
- Gövde kalınlığı. Varsayılan değer 0,015 m'dir.

NOT 2: I-kesiti, betonarme dikdörtgen bir elemanın karşılıklı iki yanından boyuna odaklı çelik ya da FRP katmanları ile güçlenlendirilmesini modellemede kullanabilirsiniz. Bunu yapmak için, ilk olarak güçlendirme malzemesinin özelliklerini gösteren bir malzeme modeli oluşturulmalıdır. Daha sonra, gövde yüksekliği orijinal elemanınkine, gövde kalınlığı neredeyse sıfıra, flanş genişliği/kalınlığı ebatları güçlendirme katmanının genişliği/kalınlığına eşit olan I-kesit kullanılarak oluşturulan bu yeni güçlendirme elemanı, varolan elemanın bağlı olduğu düğüm noktalarına bağlanır. Ayrıca, fiberlerin sadece bir tarafa yerleştirildiği durumlar için (örn. kirişlerin güçlendirilmesi), T-şekilli kesitler kullanılabilir.

Asimetrik genel şekilli kesit - agss

Bu kesit standart şekilde olmayan çelik profillerin modellenmesinde sıklıkla kullanılan bir kesittir.

NOT: C-şekilli bir kesit, sıfır-uzunluklu alt ve üst flanş dış merkezlikleri tanımlanarak elde edilebilir. Diğer taraftan, L-şekilli bir kesit, üst flanş genişliği ve gövde kalınlığına aynı değerler atanarak elde edilebilir (alt ve üst flanş dış merkezliklerini de sıfıra eşitleyerek).



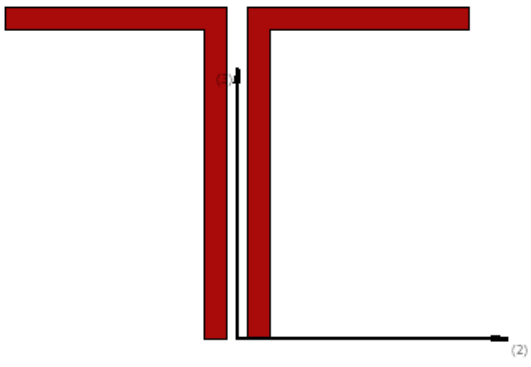
Malzemeler ve Boyutlar:

Sadece bir malzemenin (çelik) tanımlanması gerekir.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Alt flanş genişliği. Varsayılan değer 0,1 m'dir.
- Alt flanş kalınlığı. Varsayılan değer 0,01 m'dir.
- Üst flanş genişliği. Varsayılan değer 0,075 m'dir.
- Üst flanş kalınlığı. Varsayılan değer 0,015 m'dir.
- Gövde yüksekliği. Varsayılan değer 0,3 m'dir.
- Gövde kalınlığı. Varsayılan değer 0,02 m'dir.
- Alt flanş dış merkezliği. Varsayılan değer 0,03 m'dir.
- Üst flanş dış merkezliği. Varsayılan değer 0,05 m'dir.

İkili L- veya C- şekilli kesitler - dacss



Malzemeler ve Boyutlar:

Tek malzeme (çelik) tanımlanmalıdır.

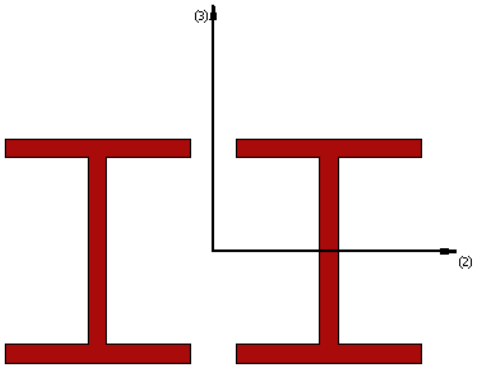
Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Alt flanş genişliği. Varsayılan değeri 0,01 m'dir.
- Alt flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0,01 m'dir.

- Üst flanş genişliği. Varsayılan değeri 0,1 m'dir.
- Üst flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0,01 m'dir.
- Gövde yüksekliği. Varsayılan değeri 0,13 m'dir.
- Gövde kalınlığı. Varsayılan değeri 0,01 m'dir.
- Gövdeden gövdeye mesafe. Varsayılan değeri 0,01 m'dir.

İkili I Tip1 Kesit – di1

Bu kesit, flanşları arası mesafeli olarak duran ikili I kesitlerin modellenmesinde kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

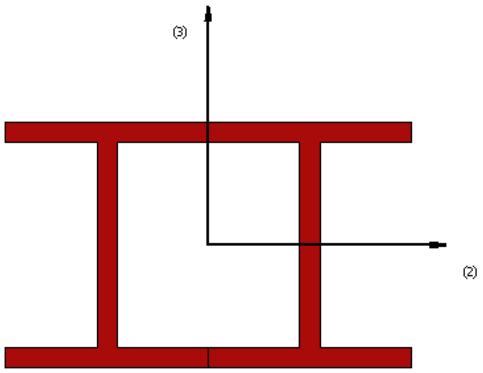
Sadece bir malzemenin (çelik) tanımlanması gerekir.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Flanş genişliği. Varsayılan değeri 0.2 m'dir.
- Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir.
- Gövde yüksekliği. Varsayılan değeri 0.2 m'dir.
- Gövde kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir
- Flanşlar arası uzaklık. Varsayılan değeri 0.05 m'dir.

İkili I Tip 2 Kesit – di2

Bu kesit, flanşları yapışık duran ikili I kesitlerin modellenmesinde kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

Sadece bir malzemenin (çelik) tanımlanması gerekir.

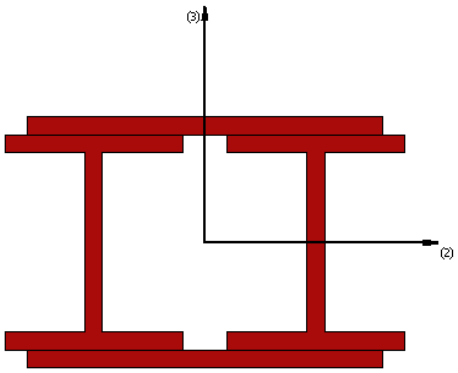
Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Flanş genişliği. Varsayılan değeri 0.2 m'dir.
- Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir.
- Gövde yüksekliği. Varsayılan değeri 0.2 m'dir.

- Gövde kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir.

Üst ve alt levhalı ikili I Tip 1 kesit– di1tbp

Bu kesit, flanşları arası mesafeli olarak duran ve birbirine alt ve üst levhalarla bağlı olan ikili I kesitlerin modellenmesinde kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

İki farklı malzeme (çelik) tanımlanması gerekir.

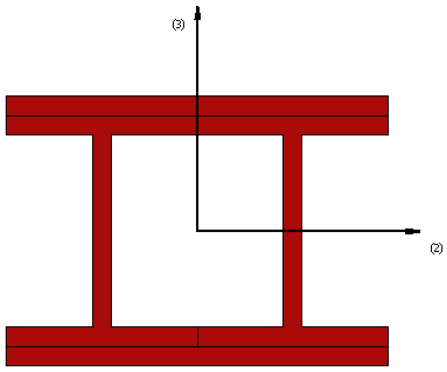
- Çelik profil (I Kesitler),
- Çelik profil (Levhalar).

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Flanş genişliği. Varsayılan değeri 0.2 m'dir.
- Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir.
- Gövde yüksekliği. Varsayılan değeri 0.2 m'dir.
- Gövde kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir.
- Flanşlar arası uzaklık. Varsayılan değeri 0.05 m'dir.
- Destekleyici plaka genişliği. Varsayılan değeri 0.40 m'dir.
- Destekleyici plaka kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir.

Üst ve alt levhalı ikili I Tip 2 kesit– di2tbp

Bu kesit, flanşları yapışık olarak duran ve birbirine alt ve üst levhalarla bağlı olan ikili I kesitlerin modellenmesinde kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

İki farklı malzeme (çelik) tanımlanması gerekir.

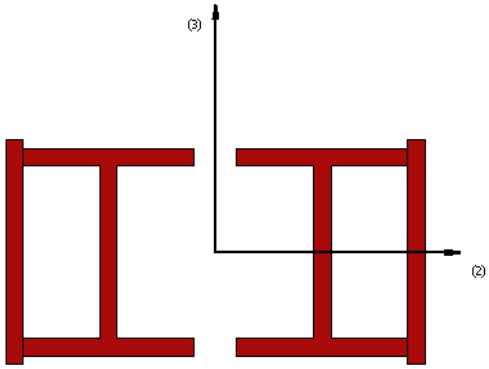
- Çelikprofil (I Kesitler),
- Çelikprofil (Levhalar).

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Flanş genişliği. Varsayılan değeri 0.2 m'dir.
- Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir.
- Gövde yüksekliği. Varsayılan değeri 0.2 m'dir.
- Gövde kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir.
- Destekleyici plaka genişliği. Varsayılan değeri 0.40 m'dir.
- Destekleyici plaka kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir.

Gövde plakalı İkili I Tip 1 kesit– di1wp

Bu kesit, flanşları arası mesafeli olarak duran, gövde plakalı ikili I kesitlerin modellenmesinde kullanılır.



İki farklı malzeme (çelik) tanımlanması gerekir.

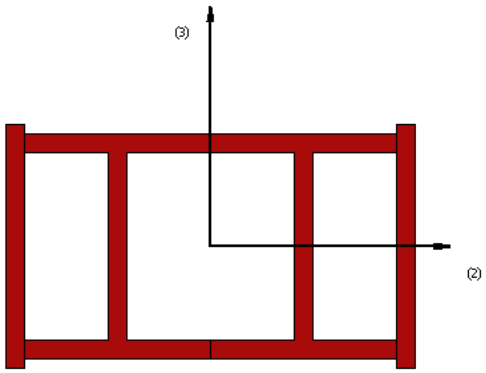
- Çelik profil (I Kesitler),
- Çelik profil (Levhalar).

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Flanş genişliği. Varsayılan değeri 0.2 m'dir.
- Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir.
- Gövde yüksekliği. Varsayılan değeri 0.2 m'dir.
- Gövde kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir.
- Flanşlar arası uzaklık. Varsayılan değeri 0.05 m'dir.
- Destekleyici plaka genişliği. Varsayılan değeri 0.26 m'dir.
- Destekleyici plaka kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir.

Gövde plakalı İkili I Tip 2 kesit– di2wp

Bu kesit, flanşları yapışık olarak duran, gövde plakalı ikili I kesitlerin modellenmesinde kullanılır.



İki farklı malzeme (çelik) tanımlanması gerekir.

- Çelik profil (I Kesitler),

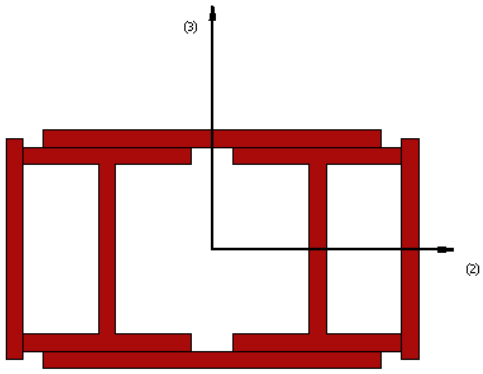
- Çelik profile (Levhalar).

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Flanş genişliği. Varsayılan değeri 0.2 m'dir.
- Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir.
- Gövde yüksekliği. Varsayılan değeri 0.2 m'dir.
- Gövde kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir.
- Destekleyici plaka genişliği. Varsayılan değeri 0.26 m'dir.
- Destekleyici plaka kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir.

Üst, alt ve gövde plakalı İkili I Tip 1 kesit – di1tbwp

Bu kesit, flanşları arası mesafeli olarak duran, alt, üst ve gövde plakalı ikili I kesitlerin modellenmesinde kullanılır.



İki farklı malzeme (çelik) tanımlanması gerekir.

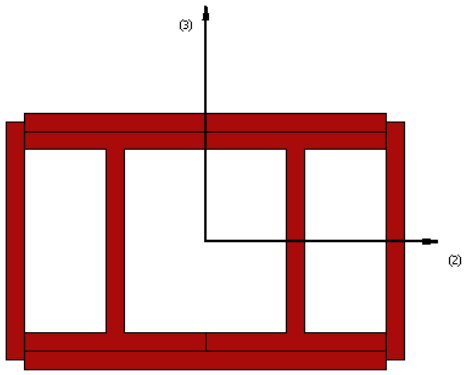
- Çelik profil (I Kesitler),
- Çelik profil (Levhalar).

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Flanş genişliği. Varsayılan değeri 0.2 m'dir
- Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir
- Gövde yüksekliği. Varsayılan değeri 0.2 m'dir
- Gövde kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir
- Flanşlar arası uzaklık. Varsayılan değeri 0.05 m'dir
- Üst-alt plaka genişliği. Varsayılan değeri 0.4 m'dir
- Üst-alt plaka kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir
- Gövde plakası genişliği. Varsayılan değeri 0.26 m'dir
- Gövde plakası kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir.

Üst, alt ve gövde plakalı İkili I Tip 2 kesit – di2tbwp

Bu kesit, flanşları yapışık olarak duran, alt, üst ve gövde plakalı ikili I kesitlerin modellenmesinde kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar

İki farklı malzeme (çelik) tanımlanabilir:

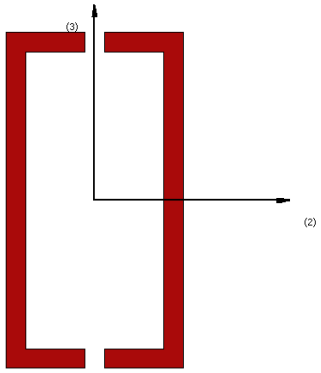
- Çelik profil (I kesitler),
- Çelik profil (Levhalar).

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Flanş genişliği. Varsayılan değeri 0.2 m'dir
- Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir
- Gövde yüksekliği. Varsayılan değeri 0.2 m'dir
- Gövde kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir
- Üst-alt plaka genişliği. Varsayılan değeri 0.4 m'dir
- Üst-alt plaka kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir
- Gövde plakası genişliği. Varsayılan değeri 0.26 m'dir
- Gövde plakası kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir

İkili C ile oluşturulmuş kutu kesit – bbdc

Bu kesit sıklıkla çelik ikili-C kesitlerin modellenmesinde kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

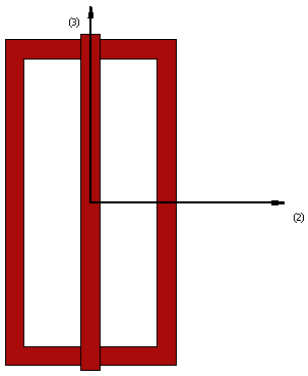
Yalnızca bir malzemenin (çelik) tanımlanması gerekir.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Flanş genişliği. Varsayılan değeri 0.08 m'dir.
- Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir.
- Gövde yüksekliği. Varsayılan değeri 0.3 m'dir.
- Gövde kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir.
- Flanşlar arası uzaklık. Varsayılan değeri 0.02 m'dir.

Birleştirici levhalı ikili C ile oluşturulmuş kutu kesit– bbdccp

Bu kesit sıklıkla birleştirici levhalı çelik ikili-C kesitlerin modellenmesinde kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

İki farklı malzeme (çelik) tanımlanabilir:

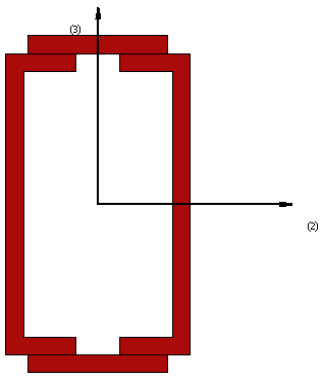
- Çelik profil (C-kesitler),
- Çelik profil (Levha).

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Flanş genişliği. Varsayılan değeri 0.08 m'dir
- Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir.
- Gövde yüksekliği. Varsayılan değeri 0.3 m'dir.
- Gövde kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir.
- Güçlendirici levha genişliği. Varsayılan değeri 0.35 m'dir.
- Güçlendirici levha kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir.

Üst ve alt plakalıı kili C ile oluşturulmuş kutu kesit– bbdctbp

Bu kesit sıklıkla alt ve üst levhalı çelik ikili-C kesitlerin modellenmesinde kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

İki farklı malzeme (çelik) tanımlanabilir:

- Çelik profil (C-kesitler),
- Çelik profil (Levhalar).

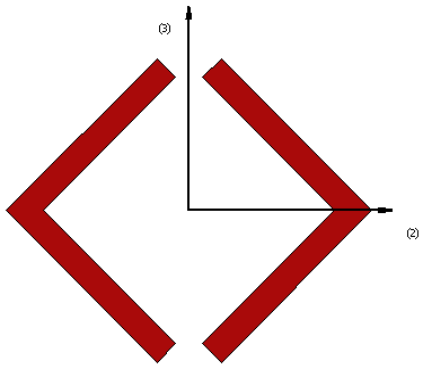
Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Flanş genişliği. Varsayılan değeri 0.08 m'dir
- Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir
- Gövde yüksekliği. Varsayılan değeri 0.3 m'dir

- Gövde kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir
- Flanşlar arası uzaklık. Varsayılan değeri 0.05 m'dir
- Güçlendirici plaka genişliği. Varsayılan değeri 0.16 m'dir
- Güçlendirici levha kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir

İkili köşeyle oluşturulmuş kutu kesit – bbda

Bu kesit sıklıkla ikili köşe çelik profillerin modellenmesinde kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

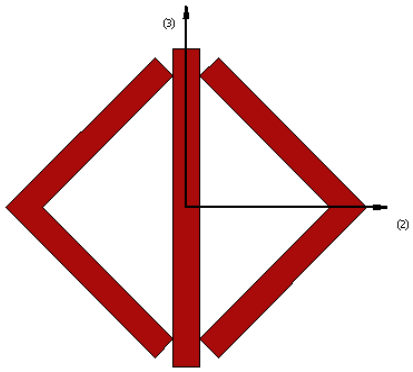
Yalnızca bir malzemenin (çelik) tanımlanması gerekir.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Flanş genişliği. Varsayılan değeri 0.08 m'dir
- Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.01 m'dir
- Flanşlar arası uzaklık. Varsayılan değeri 0.01 m'dir

Birleştirici plakalı ikili köşeyle oluşturulmuş kutu kesit– bbdacp

Bu kesit sıklıkla birleştirici plakalı ikili köşe çelik profillerin modellenmesinde kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

İki farklı malzeme (çelik) tanımlanabilir:

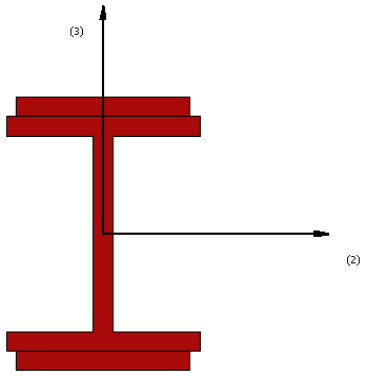
- Çelik profil (Köşe kesitler),
- Çelik profil (Levhalar).

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Flanş genişliği. Varsayılan değeri 0.08 m'dir
- Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.01 m'dir
- Güçlendirici levha genişliği. Varsayılan değeri 0.12 m'dir
- Güçlendirici levha kalınlığı. Varsayılan değeri 0.01 m'dir

Alt ve üst plakalıI kesit– itbp

Bu kesit sıklıkla alt veüst plakalı I kesitlerin modellenmesinde kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

İki farklı malzeme (çelik) tanımlanabilir:

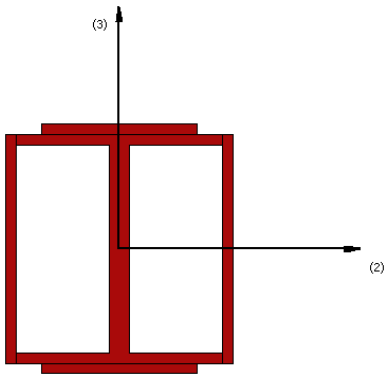
- Çelik profil (I kesitler),
- Çelik profil (plakalar).

Gerekli boyutlara şağıdaki gibidir:

- Flanş genişliği. Varsayılan değeri 0.2 m'dir
- Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir
- Gövde genişliği. Varsayılan değeri 0.2 m'dir.
- Gövde kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir.
- Güçlendirici levha genişliği. Varsayılan değeri 0.18 m'dir.
- Güçlendiri levha kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir.

Üst, alt ve gövde plakalı I kesit – itbwp

Bu kesit sıklıkla alt, üst ve gövde plakalı I kesitlerin modellenmesinde kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

İki farklı malzeme (çelik) tanımlanabilir:

- Çelik profil (I kesitler),
- Çelik profil (Levhalar).

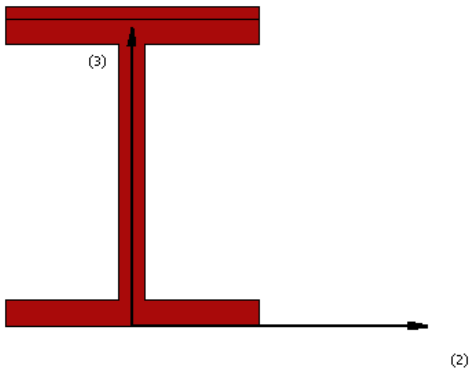
Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Flanş genişliği. Varsayılan değeri 0.2 m'dir
- Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.01 m'dir
- Gövde genişliği. Varsayılan değeri 0.2 m'dir

- Gövde kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir
- Üst-alt levha genişliği. Varsayılan değeri 0.15 m'dir
- Üst-alt levha kalınlığı. Varsayılan değeri 0.01 m'dir
- Gövde levhası genişliği. Varsayılan değeri 0.22 m'dir
- Gövde levhası kalınlığı. Varsayılan değeri 0.01 m'dir

Üst plakalı I kesit – itp

Bu kesit sıklıkla üst plakalı I kesitlerin modellenmesinde kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

İki farklı malzeme (çelik) tanımlanabilir:

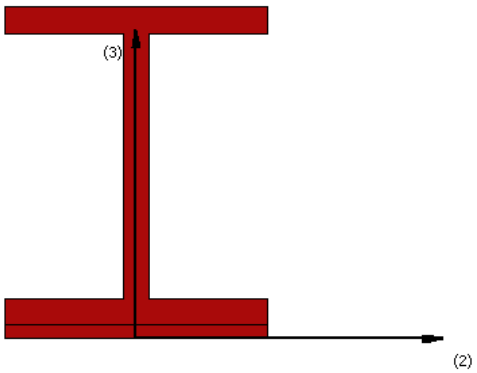
- Çelik profil (I kesit),
- Çelik profil (Levha).

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Flanş genişliği. Varsayılan değeri 0.2 m'dir
- Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir
- Gövde genişliği. Varsayılan değeri 0.2 m'dir
- Gövde kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir
- Üst plaka genişliği. Varsayılan değeri 0.2 m'dir
- Üst plaka kalınlığı. Varsayılan değeri 0.01 m'dir

Alt plakalı I kesit – ibp

Bu kesit sıklıkla alt plakalı I kesitlerin modellenmesinde kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

İki farklı malzeme (çelik) tanımlanabilir:

- Çelik profil (I kesit),

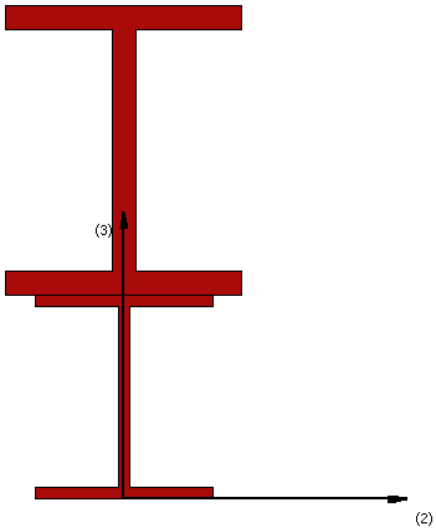
- Çelik profil (Levha).

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Flanş genişliği. Varsayılan değeri 0.2 m'dir
- Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir
- Gövde genişliği. Varsayılan değeri 0.2 m'dir
- Gövde kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m'dir
- Alt plaka genişliği. Varsayılan değeri 0.2 m'dir
- Alt plaka kalınlığı. Varsayıland eğeri 0.01 m'dir

Alttan I kesitle güçlendirilmiş I kesit – ibri

Bu kesit altındaki I kesit tarafından güçlendirilen I kesitlerin modellenmesinde kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

İki farklı malzeme (çelik) tanımlanabilir:

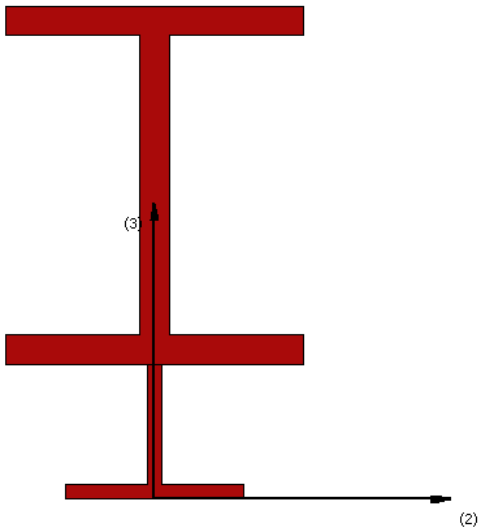
- Çelik profil (Üstteki I Kesit),
- Çelik profil (Alttaki I Kesit).

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Üst kesit flanş genişliği. Varsayılan değeri 0.2 m
- Üst kesit flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m
- Üst kesit gövde genişliği. Varsayılan değeri 0.2 m
- Üst kesit gövde kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m
- Alt kesit flanş genişliği.ı. Varsayılan değeri 0.15 m
- Alt kesit flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.01 m
- Alt kesit Gövde genişliği. Varsayılan değeri 0.15 m
- Alt kesit Gövde kalınlığı. Varsayılan değeri 0.01 m

Alttan T kesitle güçlendirilmiş I kesit – ibrt

Bu kesit altındaki T kesit tarafından güçlendirilen I kesitlerin modellenmesinde kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar

İki farklı malzeme (çelik) tanımlanabilir:

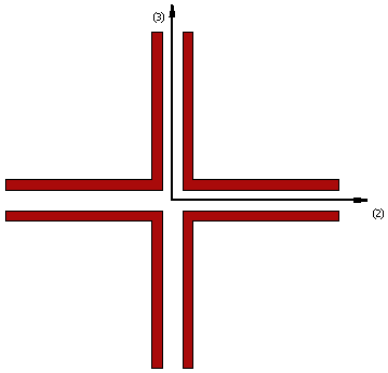
- Çelik profil (Üst I kesit),
- Çelik profil (Alt T kesit).

Gerekli boyutlara şağıdaki gibidir:

- I kesit Flanş genişliği. Varsayılan değeri 0.2 m
- I kesit Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m
- I kesit Gövde genişliği. Varsayılan değeri 0.2 m
- I kesit Gövde kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m
- T kesit Flanş genişliği. Varsayılan değeri 0.12 m
- T kesit Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.01 m
- T kesit Gövde genişliği. Varsayılan değeri 0.08 m
- T kesit Gövde kalınlığı. Varsayılan değeri 0.01 m

Köşe kesitlerden oluşturulan yıldız kesit– sfa

Bu kesit yıldız çelik profillerin modellenmesinde kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

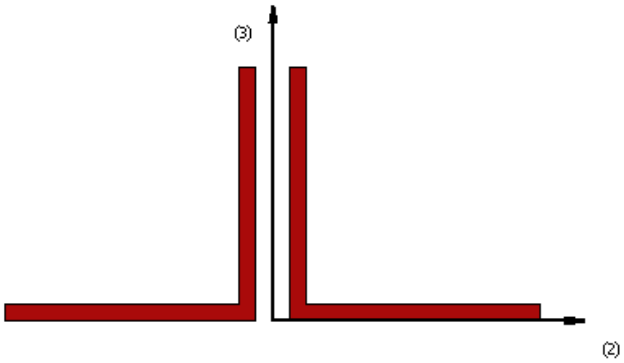
Yalnızca bir malzemenin (çelik) tanımlanması gerekir.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Flanş genişliği. Varsayılan değeri 0.15 m
- Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.01 m
- Flanşlar arası mesafe. Varsayılan değeri 0.02 m

Art arda konumlandırılmış ikil iköşe profil – dabtb

Bu kesit art arda duran ikili köşe profilin modellenmesi için kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

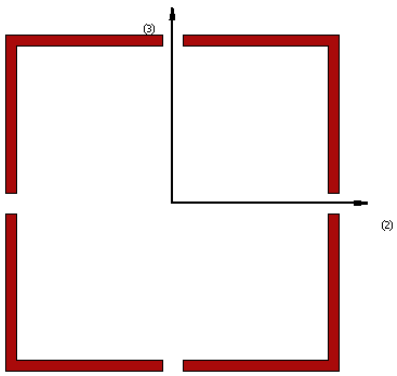
Yalnızca bir malzemenin (çelik) tanımlanması gerekir.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Flanş genişliği. Varsayılan değeri 0.15 m
- Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.01 m
- Flanşlar arası mesafe. Varsayılan değeri 0.02 m

Dört köşe profilden oluşturulan kutu kesit– bbfa

Bu kesit, dört köşe profilden oluşturulan kutu kesitleri modellemek için kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

Yalnızca bir malzemenin (çelik) tanımlanması gerekir.

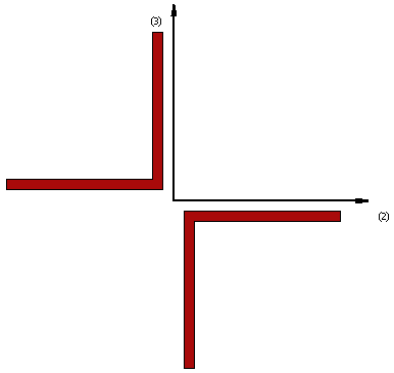
Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Flanş genişliği. Varsayılan değeri 0.15 m
- Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.01 m
- Flanşlar arası mesafe. Varsayılan değeri 0.02 m

NOT: Kullanıcılar, kesitin iki karşıt tarafına uygulanan uzunlamasına döşenmiş çelik veya FRP katmanları ile bir betonarme dikdörtgen elemanın güçlendirilmesini modellemek için dört köşe kesitten oluşan bir kutu kullanabilirler. Bunu yapmak için, önce güçlendirme malzemesinin özelliklerini içeren bir malzeme modeli oluşturulur ve ardından orijinal elemanın kesitine eşit olan dört açılı kesitli elemandan oluşan bir kutu kullanılır. Flanş kalınlığı güçlendirme tabakasının kalınlığına karşılık gelir. Bu yeni güçlendirme elemanı, mevcut elemanın bağlı olduğu aynı düğümlere bağlanır.

Çapraz konumlandırılmış ikili köşe kesit – dadg

Bu kesit, çapraz şekilde konumlandırılmış ikili köşe kesitlerin modellenmesinde kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

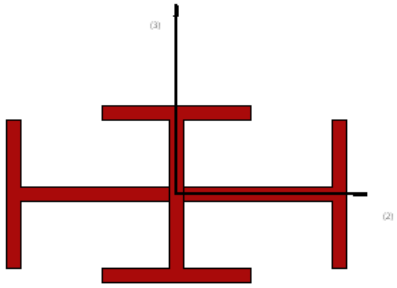
Yalnızca bir malzemenin (çelik) tanımlanması gerekir.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Flanş genişliği. Varsayılan değeri 0.15 m
- Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.01 m
- Flanşlar arası mesafe. Varsayılan değeri 0.02 m

Haç şekilli kesit – cfs

Bu kesit gövdesinde bir I ve 2 simetrik T kesitten oluşan flanşlı kesitlerin modellenmesinde kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

İki farklı malzeme (çelik) tanımlanabilir.

- Çelik profil (I Section),
- Çelik profil (Side T Sections).

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- I kesit gövde yüksekliği. Varsayılan değeri 0.2 m

- I kesit Gövde kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m
- I kesit Flanş genişliği. Varsayılan değeri 0.2 m
- I kesit Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m
- T kesit gövde yüksekliği.Varsayılan değeri 0.2 m
- T kesit Gövde kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m
- T kesit Flanş genişliğ. Varsayılan değeri 0.2 m
- T kesit Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.02 m

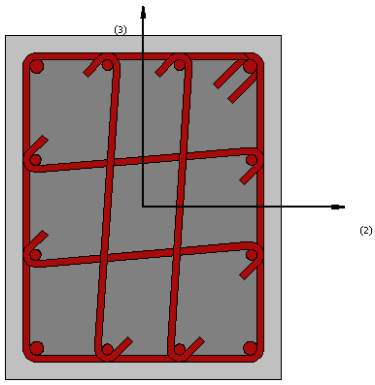
BETONARME KESİTLER

NOT 1: Sargılı beton bölgesi, program tarafından, kesitlerin modülü içerisinde tanımlanan kabuk kalınlığı kullanılarak otomatik olarak hesaplanır (varsayılan= 0,025 m)

NOT 2: Tüm donatılar beton sargılı alanı içerisinde kalmalıdır.

Betonarme dikdörtgen kesit - rcrs

Geniş kolon/duvarların katı cisim hareketinin ve bunun bağlandığı yapı elemanlarına etkisinin yeterince modellenebilmesi için; kolonun/duvarın çerçeve elemanını bitişik yapı elemanına bağlayan ve kolonun/duvarın yarı genişliğini içeren rijit bağlantı elemanlar/kollar kullanıldığı sürece geniş kolonları veya her hangi bir şekle sahip yapısal duvarları modellemek için bu kesiti kullanmak mümkündür.



Malzemeler ve Boyutlar:

Üç farklı malzeme tanımlanabilir.

- Boyuna Donatı,
- Enine Donatı,
- Beton.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Kesit yüksekliği. Varsayılan değer0,4 m'dir.
- Kesit genişliği. Varsayılan değer0,3 m'dir.
- Kabuk Kalınlığı. Varsayılan değer 0,025 m'dir.

Donatı:

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir.

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

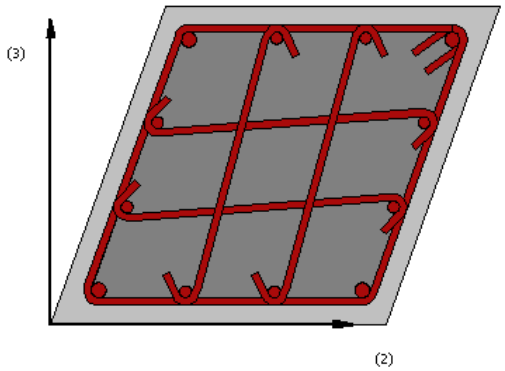
Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir. Elmas etriyeler de eklenebilir.

Lifli Polimer(FRP) Güçlendirme:

Lifli Polimer sargı, piyasada bulunan en yaygın ürünlerin listesinden FRP Sargı seçerek veya kullanıcı tanımlı değerler ile tanımlanabilir.

Betonarme dörtgen kesit - rcqs

Bu kesit, dörtgen betonarme kesitlerin modellenmesinde kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

Üç farklı malzeme tanımlanır.

- Boyuna Donatı,
- Enine Donatı,
- Beton.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Kenar 1. Varsayılan değeri 0.45 m
- Kenar 2. Varsayılan değeri 0.45 m
- Kenar 3. Varsayılan değeri 0.45 m
- Kenar 4. Varsayılan değeri 0.45 m
- Açı. Varsayılan değeri 70°
- Kabuk kalınlığı. Varsayılan değeri 0.025 m

Donatı:

1. Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:
2. Donatı şablonunu düzenleyerek;

İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir.

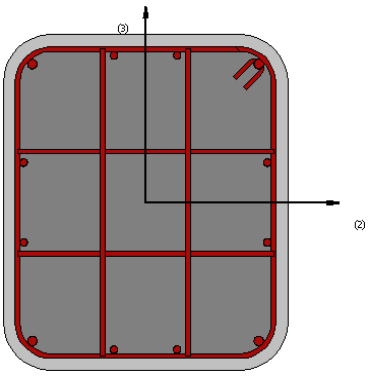
Lifli Polimer (FRP) Güçlendirme:

Lifli Polimer sargı, piyasada bulunan en yaygın ürünlerin listesinden FRP Sargı seçerek veya kullanıcı tanımlı değerler ile tanımlanabilir.

NOT: Donatı uzaklığı d3ve d2, kesitin sol altından ölçülmelidir.

Betonarme yuvarlatılmış köşeli dikdörtgen kesit - rcrrcs

Bu kesit, genel olarak yuvarlatılmış köşelere sahip betonarme dikdörtgen kesitlerin modellenmesinde kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

Üç farklı malzeme tanımlanır.

- Boyuna Donatı,
- Enine Donatı,
- Beton.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Kesit yüksekliği. Varsayılan değeri 0.7 m
- Kesit genişliği. Varsayılan değeri 0.6 m
- Köşe yuvarlama yarıçapı. Varsayılan değeri 0.1 m
- Kabuk kalınlığı. Varsayılan değeri 0.025 m

Donatı:

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

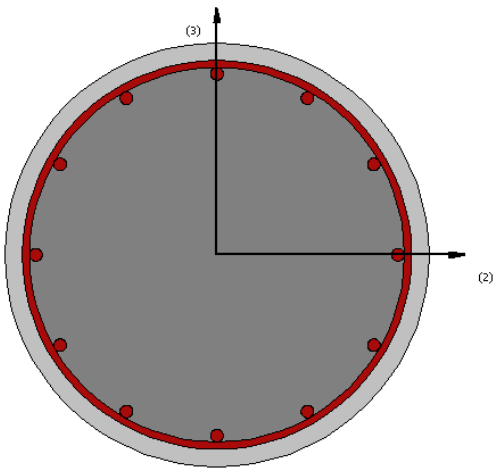
Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir. Elmas etriyeler de eklenebilir.

Lifli Polimer (FRP) Güçlendirme:

Lifli Polimer sargı, piyasada bulunan en yaygın ürünlerin listesinden FRP Sargı seçerek veya kullanıcı tanımlı değerler ile tanımlanabilir.

Betonarme dairesel kesit - rccs

Bu kesit, betonarme dairesel kolonların modellenmesinde sıklıkla kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

Üç farklı malzeme tanımlanabilir.

- Boyuna Donatı,
- Enine Donatı,
- Beton.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Kesit çapı. Varsayılan değer 0,6 m'dir.
- Kabuk Kalınlığı. Varsayılan değer 0,025 m'dir.

Donatı:

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

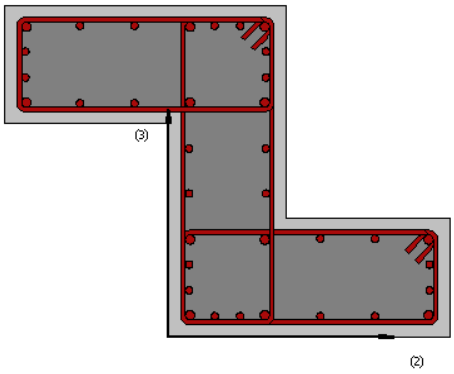
Ayrıca, enine donatı, etriyelerin çapları ve aralarındaki mesafenin yanı sıra dairesel veya spiral bir düzenleme seçmek için belirtilebilir.

Lifli Polimer (FRP) Güçlendirme:

Lifli Polimer sargı, piyasada bulunan en yaygın ürünlerin listesinden FRP Sargı seçerek veya kullanıcı tanımlı değerler ile tanımlanabilir.

Betonarme Z-şekilli kolon kesit – rczcs

Bu kesit, genellikle Z-şekilli betonarme kolonların modellenmesinde kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

Üç farklı malzeme tanımlanır.

- Boyuna Donatı,
- Enine Donatı,
- Beton.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Alt Flanş genişliği. Varsayılan değeri 0.6 m
- Alt Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.25 m
- Üst Flanş genişliği. Varsayılan değeri 0.6 m
- Üst Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.25 m
- Gövde yüksekliği. Varsayılan değeri 0.7 m
- Gövde kalınlığı. Varsayılan değeri 0.25 m
- Kabuk kalınlığı. Varsayılan değeri 0.025 m

Donatı:

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir.

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir.

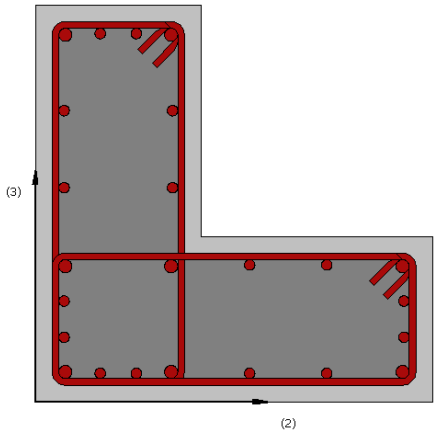
Lifli Polimer (FRP) Güçlendirme:

Lifli Polimer sargı, piyasada bulunan en yaygın ürünlerin listesinden FRP Sargı seçerek veya kullanıcı tanımlı değerler ile tanımlanabilir.

NOT: Donatı d3 mesafesi kesit altından ölçülür.

Betonarme L-şekilli kolon kesiti - rclcs

Bu kesit, betonarme L-şekilli kolonların modellenmesinde sıklıkla kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

Üç farklı malzeme tanımlanır.

- Boyuna Donatı,
- Enine Donatı,
- Beton.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Kenar 1 genişliği. Varsayılan değer 0,6 m'dir.
- Kenar 2 genişiliği. Varsayılan değer 0,6 m'dir.
- Kenar 1 kalınlığı. Varsayılan değer 0,25 m'dir.
- Kenar 2 kalınlığı. Varsayılan değer 0,25 m'dir.
- Kabuk Kalınlığı. Varsayılan değer 0,025 m'dir.

Donatı:

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir.

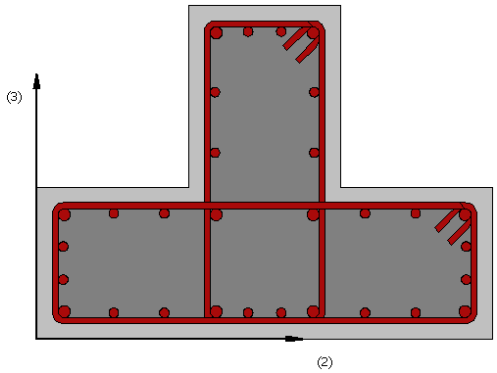
NOT: Donatıuzaklığı d3, kesitin altından ölçülmelidir.

Lifli Polimer (FRP) Güçlendirme:

Lifli Polimer sargı, piyasada bulunan en yaygın ürünlerin listesinden FRP Sargı seçerek veya kullanıcı tanımlı değerler ile tanımlanabilir.

BetonarmeT-şekilli kolon kesiti - rctcs

Bu kesit, betonarme T-şekilli kolonların modellenmesinde sıklıkla kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

Üç farklı malzeme tanımlanabilir.

- Boyuna Donatı,
- Enine Donatı,
- Beton.

Gerekli boyut aşağıdaki gibidir:

- Flanş genişliği. Varsayılan değer 0,75 m'dir.
- Flanş yüksekliği. Varsayılan değer 0,25 m'dir.
- Gövde genişliği. Varsayılan değer 0,25 m'dir.
- Gövde yüksekliği. Varsayılan değer 0,30m'dir.
- Gövde dış merkezliği. Varsayılan değer 0,25 m'dir.
- Kabuk Kalınlığı. Varsayılan değer 0,025 m'dir.

Donatı:

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir.

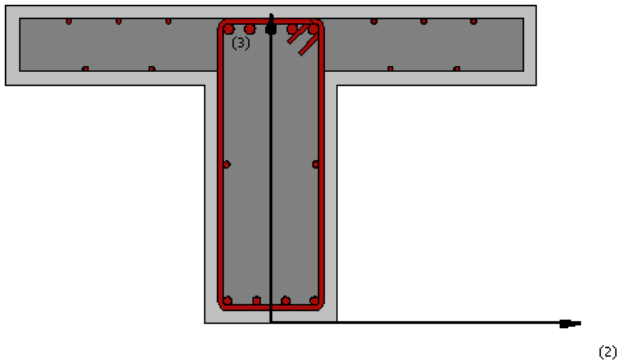
NOT: Donatı uzaklığı d3, kesitin altından ölçülmelidir.

Lifli Polimer (FRP) Güçlendirme:

Lifli Polimer sargı, piyasada bulunan en yaygın ürünlerin listesinden FRP Sargı seçerek veya kullanıcı tanımlı değerler ile tanımlanabilir.

Betonarme T-kesit - rcts

Bu kesit, T-, L- veya dikdörtgen şekilli betonarme kirişlerin modellenmesinde sıklıkla kullanılan bir kesittir (L-şeklini modellemek için kullanıcılar kiriş dış merkezliğini sıfıra eşitlemelidir ve dikdörtgen şekli modellemek için döşeme ve kiriş genişliklerine aynı değerlerin tanımlanması gerekmektedir).



Malzemeler ve Boyutlar:

Üç farklı malzeme tanımlanabilir:

- Boyuna Donatı,
- Enine Donatı,
- Beton.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Kiriş yüksekliği.Varsayılan değer 0,6 m'dir.
- Kiriş genişliği.Varsayılan değer0,25 m'dir.
- Döşeme etkili genişliği. Varsayılan değer 1 m'dir.
- Döşeme 1 kalınlığı. Varsayılan değer0,15 m'dir.
- Döşeme 2 kalınlığı. Varsayılan değer 0,15 m'dir.
- Kiriş dış merkezliği. Varsayılan değer 0,375 m'dir.
- Kabuk kalınlığı. Varsayılan değer 0,025 m'dir.

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

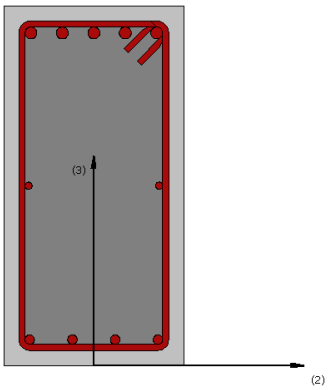
Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir.

NOT 1: Donatı uzaklığı d3 kesitin altından ölçülmelidir.

NOT 2: Sürüm 6'da, asimetrik tabla kalınlıkları tanımlamak mümkündür (bkz. yukarı).

Betonarme asimetrik dikdörtgen kesit - rcars

Bu kesit betonarme dikdörtgen kirişlerin modellenmesinde sıklıkla kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

Üç farklı malzeme tanımlanabilir:

- Boyuna Donatı,
- Enine Donatı,
- Beton.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Kesit yüksekliği.Varsayılan değer 0,6 m'dir.
- Kesit genişliği.Varsayılan değer 0,3 m'dir.
- Kabuk kalınlığı. Varsayılan değer 0,025 m'dir.

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

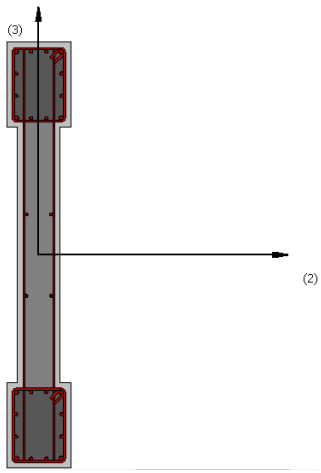
Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir.

NOT: Donatı uzaklığı d3 kesitin altından ölçülmelidir.

Betonarme dikdörtgen duvar kesit – rcrws

Bu kesit herhangi bir şekle sahip betonarme duvarların modellenmesinde kullanılır. Duvarın katı cisim hareketinin ve bunun bağlandığı yapı elemanlarına etkisinin yeterince modellenebilmesi için duvarın çerçeve elemanını bitişik yapı elemanına bağlayan ve duvarın yarı genişliğini içeren rijit bağlantı elemanlar/kollar kullanılması gerekmektedir.

ÖNEMLİ: Bu konuveözelliklebu kesitin L- ve U- şekilli duvarlarda kullanımı ile ilgili daha fazla bilgi için kullanıcıların Beyer et al. [2008] çalışmasını okumaları tavsiye edilir.



Malzemeler ve Boyutlar:

Üç farklı malzeme tanımlanabilir:

- Boyuna Donatı,
- Enine Donatı,
- Beton.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Duvar genişliği. Varsayılan değer 2 m'dir.
- Kesit kenarlarının kalınlığı. Varsayılan değer0,3 m'dir.
- Kesit kenarlarının genişliği. Varsayılan değer0,4 m'dir.
- Kesit çekirdeğinin kalınlığı. Varsayılan değer0,2 m'dir.
- Kabuk kalınlığı. Varsayılan değer 0,025 m'dir.

Donatı:

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

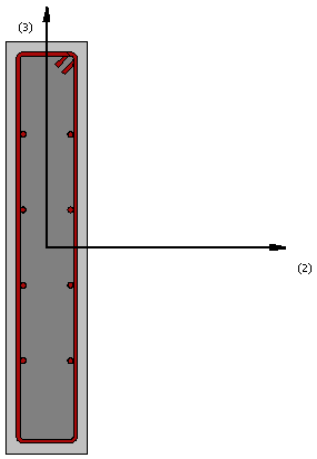
Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir. Kesit kenarlarına elmas etriyeler de eklenebilir.

Lifli Polimer (FRP) Güçlendirme:

Lifli Polimer sargı, piyasada bulunan en yaygın ürünlerin listesinden FRP Sargı seçerek veya kullanıcı tanımlı değerler ile tanımlanabilir.

Kolon benzeri alanları olmayan betonarme dikdörtgen duvar kesit - rcbws

Bu kesit, uçlarında kolon benzeri alanlar olmayan betonarme duvarları modellemek için kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

Üç farklı malzeme tanımlanır:

- Boyuna Donatı,
- Enine Donatı,
- Beton.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Duvar genişliği. Varsayılan değeri 1 m
- Çekirdek kalınlığı. Varsayılan değeri 0.2 m
- Kabuk kalınlığı. Varsayılan değeri 0.025 m

Donatı:

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir.

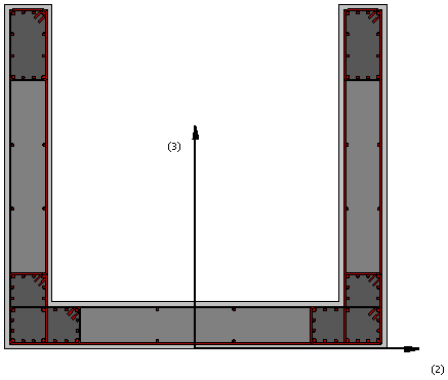
Lifli Polimer (FRP) Güçlendirme:

Lifli Polimer sargı, piyasada bulunan en yaygın ürünlerin listesinden FRP Sargı seçerek veya kullanıcı tanımlı değerler ile tanımlanabilir.

Betonarme U-şekilli duvar kesit - rcuws

Bu kesit, ortogonal sismik yüklemeye maruz kalan izole edilmiş U-şekilli betonarme duvarların modellenmesinde kullanılabilir. Eğer duvar belirli bir bina içindeyse, o zaman duvarın katı cisim hareketinin ve bunun bağlandığı yapı elemanlarına etkisinin yeterince modellenebilmesi için uygun rijit bağlantı elemanları/kollar tanımlanmalıdır. Ortogonal olmayan (ör: diyagonal) yüklemeler için, bu kesitin kullanımından kaçınılmalıdır ve bunun yerine düzgün şekilde bağlanmış dikdörtgen duvar kesitler (rcrws, rcrs) topluluğunun kullanımı şiddetle tavsiye edilir.

ÖNEMLİ: Bu konu ile ilgili daha fazla bilgi için kullanıcıların Beyer et al. [2008] çalışmasını okumaları tavsiye edilir



Malzemeler ve Boyutlar:

Üç farklı malzeme tanımlanabilir:

- Boyuna Donatı,
- Enine Donatı,
- Beton.

Gerekli boyutlar aşağıda belirtilenler gibidir:

- Arka yan genişliği. Varsayılan değer 2 m'dir.
- Yan 1 genişliği.Varsayılan değer 1,8 m'dir.
- Yan 2 genişliği.Varsayılan değer 1,8 m'dir.
- Arka yan kalınlığı. Varsayılan değer0,25 m'dir.
- Yan 1 kalınlığı.Varsayılan değer0,25 m'dir.
- Yan 2 kalınlığı.Varsayılan değer0,25 m'dir.
- Arka yan sargılı kenar genişliği.Varsayılan değer0,4 m'dir.
- Yan 1 sargılı kenar genişliği.Varsayılan değer0,4 m'dir.
- Yan 2 sargılı kenar genişliği.Varsayılan değer0,4 m'dir.
- Kabuk kalınlığı. Varsayılan değer 0,025 m'dir.

Donatı:

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

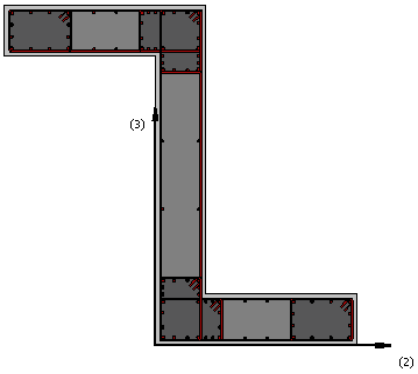
1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir. Kesitin dikdörtgen sınırlı kenarlarına elmas etriyeler de eklenebilir.

NOT: Donatı uzaklığı d3 kesitin alt köşesinden ölçülmelidir.

Betonarme Z-şekilli duvar kesit - rczws

Bu kesit, ayrık betonarme Z-şekilli duvarların modellenmesinde kullanılır.



Malzemeler veBoyutlar:

Üç farklı malzeme tanımlanır:

- Boyuna Donatı,
- Enine Donatı,
- Beton.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Gövde yüksekliği. Varsayılan değeri 2 m
- Kenar 1 genişliği. Varsayılan değeri 1.2 m
- Kenar 2 genişliği. Varsayılan değeri 1.2 m
- Gövde kalınlığı. Varsayılan değeri 0.3 m
- Kenar 1 kalınlığı. Varsayılan değeri 0.3 m
- Kenar 2 kalınlığı. Varsayılan değeri 0.3 m
- Gövde sargılı kenar genişliği. Varsayılan değeri 0.4 m
- Kenar 1 sargılı alan genişliği. Varsayılan değeri 0.4 m
- Kenar 2 sargılı alan genişliği. Varsayılan değeri 0.4 m
- Kabuk kalınlığı. Varsayılan değeri 0.025 m

Donatı:

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

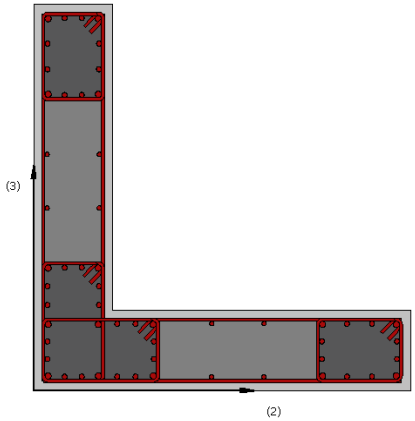
Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir. Kesitin dikdörtgen sınırlı kenarlarına elmas etriyeler de eklenebilir.

NOT: Donatı d3 uzaklığı kesit altından ölçülür.

Betonarme L-şekilli duvar kesit - rclws

Bu kesit, ortogonal sismik yüklemeye maruz kalan izole edilmiş L-şekilli betonarme duvarların modellenmesinde kullanılabilir. Eğer duvar belirli bir bina içindeyse, o zaman duvarın katı cisim hareketinin ve bunun bağlandığı yapı elemanlarına etkisinin yeterince modellenebilmesi için uygun rijit bağlantı elemanları/kollar tanımlanmalıdır. Ortogonal olmayan (yani, diyagonal) yüklemeler için, bu kesitin kullanımından kaçınılmalıdır ve bunun yerine düzgün şekilde bağlanmış dikdörtgen duvar kesitler (rcrws, rcrs) topluluğunun kullanımı şiddetle tavsiye edilir..

ÖNEMLİ: Bu konu ile ilgili daha fazla bilgi için kullanıcıların Beyer et al. [2008] çalışmasını okumaları tavsiye edilir.



Malzemeler ve Boyutlar:

Üç farklı malzeme tanımlanabilir:

- Boyuna Donatı,
- Enine Donatı,
- Beton

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Yan 1 genişliği. Varsayılan değer 1,2 m'dir.
- Yan 2 genişliği. Varsayılan değer 1,2 m'dir.
- Yan 1 kalınlığı. Varsayılan değer 0,25 m'dir.
- Yan 2 kalınlığı. Varsayılan değer 0,25 m'dir.
- Merkez bölgenin sargılı alangenişliği 1. Varsayılan değer 0,4 m'dir.
- Merkez bölgenin sargılı alangenişliği 2. Varsayılan değer 0,4 m'dir.
- Kenar 1'in sargılı alan genişliği. Varsayılan değer 0,3 m'dir.
- Kenar 2'nin sargılı alangenişliği. Varsayılan değer 0,3 m'dir.
- Kabuk kalınlığı. Varsayılan değer 0,025 m'dir.

Donatı:

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

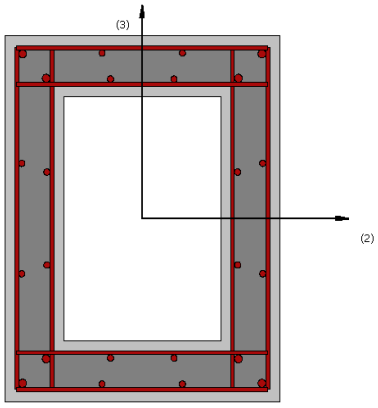
1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir. Kesitin dikdörtgen sınırlı kenarlarına elmas etriyeler de eklenebilir.

NOT: Donatı uzaklığı d3 ve d2 kesitin sol alt köşesinden ölçülmelidir.

Betonarme dikdörtgen boşluklu kesit - rcrhs

Bu kesit, betonarme köprülerin dikdörtgen boşluklu ayaklarının modellenmesinde sıklıkla kullanılan bir kesittir.



Malzemeler ve Boyutlar:

Üç farklı malzeme tanımlanabilir:

- Boyuna Donatı,
- Enine Donatı,
- Beton.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Dış kesit yüksekliği. Varsayılan değer 0,9 m'dir.
- İç kesit yüksekliği. Varsayılan değer 0,6 m'dir.
- Dış kesit genişliği. Varsayılan değer 0,7 m'dir.
- İç kesit genişliği. Varsayılan değer 0,4 m'dir.
- Kabuk kalınlığı. Varsayılan değer 0,025 m'dir.

Donatı:

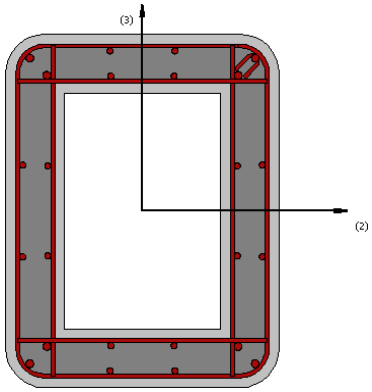
Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir.

Betonarme yuvarlatılmış köşeli boşluklu dikdörtgen kesit - rcrrchs

Bu kesit, sıklıkla boşluklu ve yuvarlatılmış köşeleri olan betonarme köprü ayakların modellenmesinde kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

Üç farklı malzeme tanımlanır:

- Boyuna Donatı,
- Enine Donatı,
- Beton.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Dış kesit yüksekliği. Varsayılan değeri 0.9 m
- İç kesit yüksekliği. Varsayılan değeri 0.6 m
- Dış kesit genişliği. Varsayılan değeri 0.7 m
- İç kesit genişliği. Varsayılan değeri 0.4 m
- Köşe yuvarlatma yarıçapı. Varsayılan değeri 0.1 m
- Kabuk kalınlığı. Varsayılan değeri 0.025 m

Donatı:

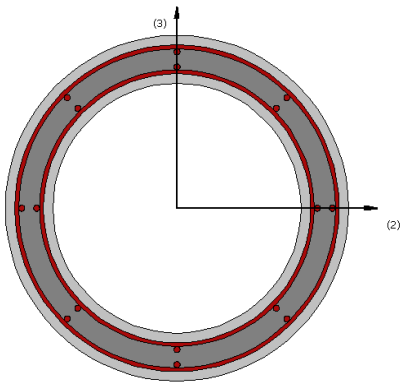
Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir.

Betonarme dairesel boşluklu kesit - rcchs

Bu kesit, betonarme köprülerin dairesel boşluklu köprü ayaklarının modellenmesinde sıklıkla kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

Üç farklı malzeme tanımlanabilir:

- Boyuna Donatı,
- Enine Donatı,
- Beton.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Dış kesit çapı. Varsayılan değer 0,90 m'dir.
- İç kesit çapı. Varsayılan değer 0,65 m'dir.

Donatı:

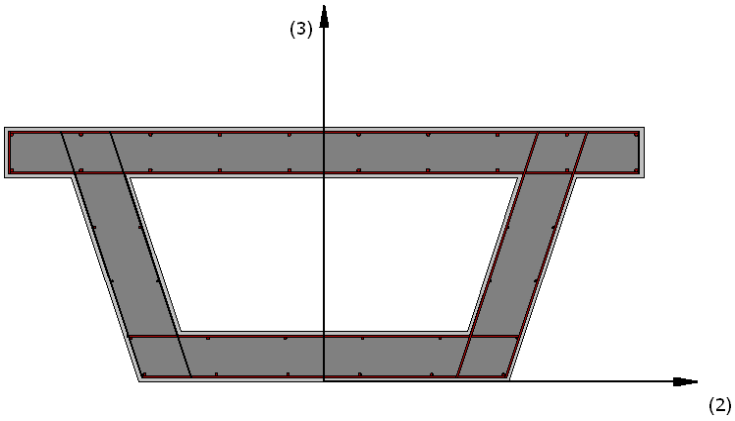
Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

Ayrıca, enine donatı, etriyelerin çapları ve aralarındaki mesafenin yanı sıra dairesel veya spiral bir düzenleme seçmek için belirtilebilir.

Betonarme kutu-kiriş kesit - rcbgs

Bu kesit, boşluklu beton kirişlerin modellenmesinde sıklıkla kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

Üç farklı malzeme tanımlanabilir:

- Boyuna Donatı,
- Enine Donatı,
- Beton.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Flanşlar altındaki yükseklik. Varsayılan değer 1,2 m'dir.
- Üst genişlik. Varsayılan değer 3,0 m'dir.
- Alt genişlik. Varsayılan değer 2,2 m'dir.
- Gövde kalınlığı. Varsayılan değer 0,35 m'dir.
- Üst kalınlık. Varsayılan değer 0,30 m'dir.
- Alt kalınlık. Varsayılan değer 0,30 m'dir.
- Flanş genişliği. Varsayılan değer 0,40 m'dir.
- Flanş yüksekliği. Varsayılan değer 0,30 m'dir.
- Kabuk Kalınlığı. Varsayılan değer 0,025 m'dir.

Donatı:

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

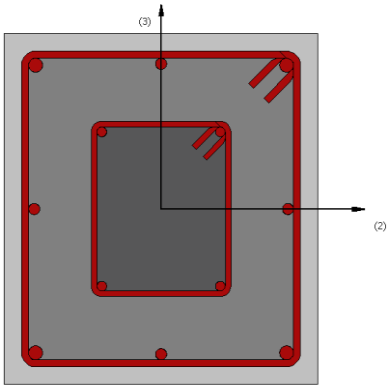
Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir.

NOT: Donatı uzaklığı d3 kesitin alt köşesinden ölçülmelidir.

MANTOLANMIŞ BETONARME KESİTLER

Mantolanmış betonarme dikdörtgen kesit - rcjrs

Bu kesit, betonarme mantolama ile güçlendirilmiş (var olan betonarme kesitler kullanılarak çelik- veya FRP-sargı modellenebilir) dikdörtgen kolonların modellenmesinde sıklıkla kullanılır. İç (önceden varolan) ve dış (yeni) beton malzemeleri için farklı sargı düzeyleri tanımlamak da mümkündür.



Malzemeler ve Boyutlar:

Altı farklı malzeme tanımlanabilir:

- Dış Boyuna Donatı,
- İç Boyuna Donatı,
- Dış Enine Donatı,
- İç Enine Donatı,
- Manto betonu,
- Çekirdek betonu.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Dış yükseklik. Varsayılan değer 0,5 m'dir.
- İç yükseklik. Varsayılan değer 0,25 m'dir.
- Dış genişlik. Varsayılan değer 0,45 m'dir.
- İç genişlik. Varsayılan değer 0,2 m'dir.
- Kabuk Kalınlığı. Varsayılan değer 0,025 m'dir.

Donatı:

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

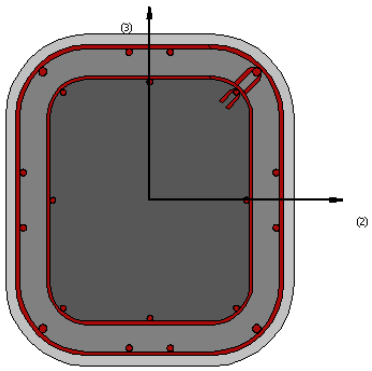
Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir. Elmas etriyeler de eklenebilir.

Lifli Polimer (FRP) Güçlendirme:

Lifli Polimer sargı, piyasada bulunan en yaygın ürünlerin listesinden FRP Sargı seçerek veya kullanıcı tanımlı değerler ile tanımlanabilir.

Mantolanmış betonarme köşeleri yuvarlatılmış dikdörtgen kesit – rcjrrcs

Bu kesit, betonarme mantolama ile güçlendirilmiş (var olan betonarme kesitler kullanılarak çelik- veya FRP-sargı modellenebilir) kenarları yuvarlatılmış dikdörtgen kolonların modellenmesinde sıklıkla kullanılır. İç (önceden varolan) ve dış (yeni) beton malzemeleri için farklı sargı düzeyleri tanımlamak da mümkündür.



Malzemeler ve Boyutlar:

Altı farklı malzeme tanımlanabilir:

- Dış Boyuna Donatı,
- İç Boyuna Donatı,
- Dış Enine Donatı,
- İç Enine Donatı,
- Manto betonu,
- Çekirdek betonu.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Dış yükseklik. Varsayılan değeri 0.8 m
- Dış genişlik. Varsayılan değeri 0.7 m
- İç köşe yuvarlama yarıçapı. Varsayılan değeri 0.1 m
- Manto kalınlığı. Varsayılan değeri 0.1 m
- Kabuk kalınlığı. Varsayılan değeri 0.025 m

Donatı:

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

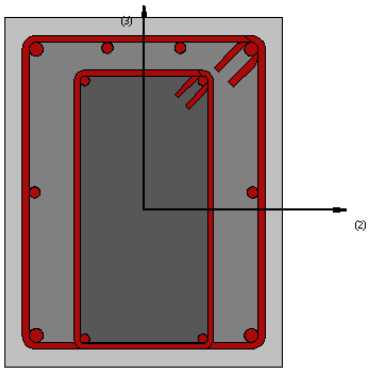
Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir. Elmas etriyeler de eklenebilir.

Lifli Polimer (FRP) Güçlendirme:

Lifli Polimer sargı, piyasada bulunan en yaygın ürünlerin listesinden FRP Sargı seçerek veya kullanıcı tanımlı değerler ile tanımlanabilir.

3 kenarı mantolanmış betonarme dikdörtgen kesit – rcjrs3

Bu kesit, üç kenarından betonarme mantolama ile güçlendirilmiş (var olan betonarme kesitler kullanılarak çelik- veya FRP-sargı modellenebilir) dikdörtgen kolonların modellenmesinde sıklıkla kullanılır. İç (önceden varolan) ve dış (yeni) beton malzemeleri için farklı sargı düzeyleri tanımlamak da mümkündür.



Malzemeler ve Boyutlar:

Altı farklı malzeme tanımlanır.

- Dış Boyuna Donatı,
- İç Boyuna Donatı,
- Dış Enine Donatı,
- İç Enine Donatı,
- Beton manto,
- Çekirdek betonu.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Dış yükseklik. Varsayılan değeri 0.5 m
- İç yükseklik. Varsayılan değeri 0.4 m
- Dış genişlik. Varsayılan değeri 0.4 m
- İç genişlik. Varsayılan değeri 0.2 m
- Kabuk kalınlığı. Varsayılan değeri 0.025 m

Donatı:

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

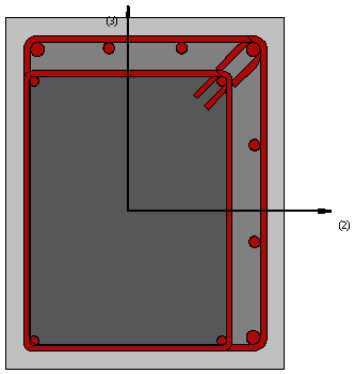
Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir. Elmas etriyeler de eklenebilir.

Lifli Polimer (FRP) Güçlendirme:

Lifli Polimer sargı, piyasada bulunan en yaygın ürünlerin listesinden FRP Sargı seçerek veya kullanıcı tanımlı değerler ile tanımlanabilir.

2 kenarı mantolanmış betonarme dikdörtgen kesit – rcjrs2

Bu kesit, iki kenarından betonarme mantolama ile güçlendirilmiş (var olan betonarme kesitler kullanılarak çelik- veya FRP-sargı modellenebilir) dikdörtgen kolonların modellenmesinde sıklıkla kullanılır. İç (önceden varolan) ve dış (yeni) beton malzemeleri için farklı sargı düzeyleri tanımlamak da mümkündür.



Malzemeler ve Boyutlar:

Altı farklı malzeme tanımlanır:

- Dış Boyuna Donatı,
- İç Boyuna Donatı,
- Dış Enine Donatı,
- İç Enine Donatı,
- Beton manto,
- Çekirdek betonu.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Dış yükseklik. Varsayılan değeri 0.5 m
- İç yükseklik. Varsayılan değeri 0.4 m
- Dış genişlik. Varsayılan değeri 0.4 m
- İç genişlik. Varsayılan değeri 0.3 m
- Kabuk kalınlığı. Varsayılan değeri 0.025 m

Donatı:

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

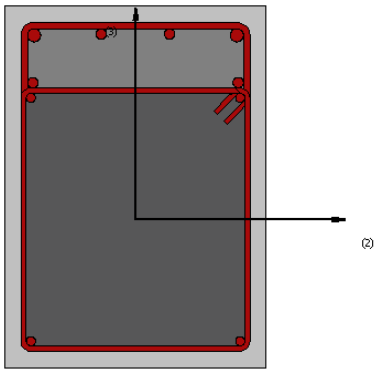
Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir. Elmas etriyeler de eklenebilir.

Lifli Polimer (FRP) Güçlendirme:

Lifli Polimer sargı, piyasada bulunan en yaygın ürünlerin listesinden FRP Sargı seçerek veya kullanıcı tanımlı değerler ile tanımlanabilir.

1 kenarı mantolanmış betonarme dikdörtgen kesit – rcjrs1

Bu kesit, bir kenarından betonarme mantolama ile güçlendirilmiş (var olan betonarme kesitler kullanılarak çelik- veya FRP-sargı modellenebilir) dikdörtgen kolonların modellenmesinde sıklıkla kullanılır. İç (önceden varolan) ve dış (yeni) beton malzemeleri için farklı sargı düzeyleri tanımlamak da mümkündür.



Malzemeler ve Boyutlar:

Altı farklı malzeme tanımlanır:

- Dış Boyuna Donatı,
- İç Boyuna Donatı,
- Dış Enine Donatı,
- İç Enine Donatı,
- Beton manto,
- Çekirdek betonu.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Dış yükseklik. Varsayılan değeri 0.55 m
- İç yükseklik. Varsayılan değeri 0.4 m
- Kesit genişliği. Varsayılan değeri 0.4 m
- Kabuk kalınlığı. Varsayılan değeri 0.025 m

Donatı:

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

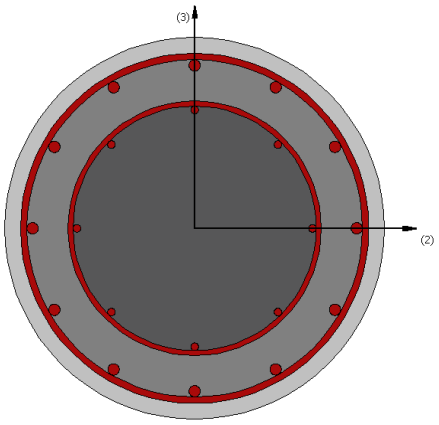
Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir. Elmas etriyeler de eklenebilir.

Lifli Polimer (FRP) Güçlendirme:

Lifli Polimer sargı, piyasada bulunan en yaygın ürünlerin listesinden FRP Sargı seçerek veya kullanıcı tanımlı değerler ile tanımlanabilir.

Mantolanmış betonarme dairesel kesit - rcjcs

Bu kesit, betonarme mantolama ile güçlendirilmiş (var olan betonarme kesitler kullanılarak çelik- veya FRP-sargı modellenebilir) dairesel kolonların modellenmesinde sıklıkla kullanılır. İçteki (önceden varolan) ve dıştaki (yeni) beton malzemeleri için farklı sargı düzeyleri tanımlamak da mümkündür.



Malzemeler ve Boyutlar:

Altı farklı malzeme tanımlanabilir:

- Dış Boyuna Donatı,
- İç Boyuna Donatı,
- Dış Enine Donatı,
- İç Enine Donatı,
- Manto betonu,
- Çekirdek betonu.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Dış Kesit Çapı. Varsayılan değer 0,6 m'dir.
- İç Kesit Çapı. Varsayılan değer 0,4 m'dir.
- Kabuk Kalınlığı. Varsayılan değer 0,025 m'dir.

Donatı:

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

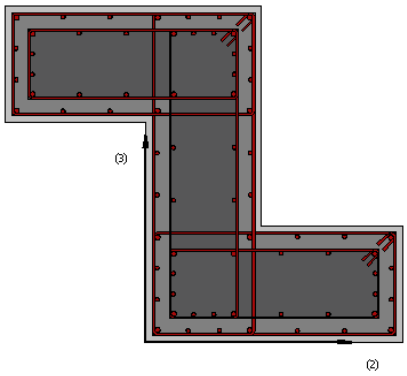
Ayrıca, enine donatı, etriyelerin çapları ve aralarındaki mesafenin yanı sıra dairesel veya spiral bir düzenleme seçmek için belirtilebilir.

Lifli Polimer (FRP) Güçlendirme:

Lifli Polimer sargı, piyasada bulunan en yaygın ürünlerin listesinden FRP Sargı seçerek veya kullanıcı tanımlı değerler ile tanımlanabilir.

Mantolanmış betonarme Z-şekilli kolon kesidi – rcjzcs

Bu kesit, betonarme mantolama ile güçlendirilmiş (var olan betonarme kesitler kullanılarak çelik- veya FRP-sargı modellenebilir) Z-şekilli kolonların modellenmesinde sıklıkla kullanılır. İçteki (önceden varolan) ve dıştaki (yeni) beton malzemeleri için farklı sargı düzeyleri tanımlamak da mümkümdür.



Malzemeler ve Boyutlar:

Altı farklı malzeme tanımlanabilir:

- Dış Boyuna Donatı,
- İç Boyuna Donatı,
- Dış Enine Donatı,
- İç Enine Donatı,
- Manto betonu,
- Çekirdek betonu.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Alt Flanş genişliği. Varsayılan değeri 1 m
- Alt Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.45 m
- Üst Flanş genişliği. Varsayılan değeri 1 m
- Üst Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 0.45 m
- Gövde yüksekliği. Varsayılan değeri 1.3 m
- Gövde kalınlığı. Varsayılan değeri 0.45 m
- Manto kalınlığı. Varsayılan değeri 0.1 m
- Kabuk kalınlığı. Varsayılan değeri 0.025 m

Donatı:

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir.

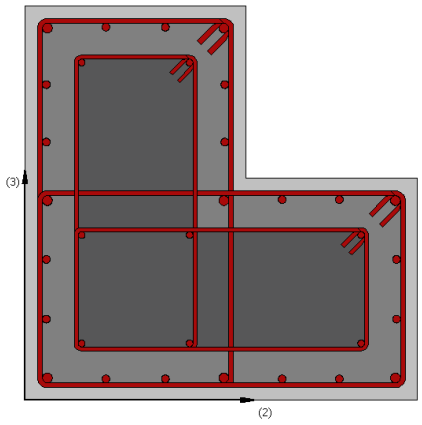
Lifli Polimer (FRP) Güçlendirme:

Lifli Polimer sargı, piyasada bulunan en yaygın ürünlerin listesinden FRP Sargı seçerek veya kullanıcı tanımlı değerler ile tanımlanabilir.

NOT : Donatı uzaklığı d3 kesitin altından ölçülmelidir.

Mantolanmış betonarme L-şekilli kolon kesit - rcjlcs

Bu kesit, betonarme mantolama ile güçlendirilmiş (var olan betonarme kesitler kullanılarak çelik- veya FRP-sargı modellenebilir) L-şekilli kolonların modellenmesinde sıklıkla kullanılır. İçteki (önceden varolan) ve dıştaki (yeni) beton malzemeleri için farklı sargı düzeyleri tanımlamak da mümkündür.



Malzemeler ve Boyutlar:

Altı farklı malzeme tanımlanabilir:

- Dış Boyuna Donatı,
- İç Boyuna Donatı,
- Dış Enine Donatı,
- İç Enine Donatı,
- Manto betonu,
- Çekirdek betonu.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Kenar 1 genişliği. Varsayılan değer 0,8 m'dir.
- Kenar 2 genişliği. Varsayılan değer 0,8 m'dir.
- Kenar 1 kalınlığı. Varsayılan değer 0,45 m'dir.
- Kenar 2 kalınlığı. Varsayılan değer 0,45 m'dir.
- Manto kalınlığı. Varsayılan değer 0,1 m'dir.
- Kabuk Kalınlığı. Varsayılan değer 0,025 m'dir.

Donatı:

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir.

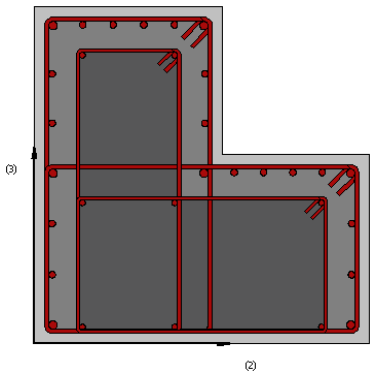
NOT: Donatı uzaklığı d3 ve d2 kesitin sol alt köşesinden ölçülmelidir..

Lifli Polimer (FRP) Güçlendirme:

Lifli Polimer sargı, piyasada bulunan en yaygın ürünlerin listesinden FRP Sargı seçerek veya kullanıcı tanımlı değerler ile tanımlanabilir.

3 kenarı mantolanmış betonarme L-şekilli kolon kesit – rcjlcs3

Bu kesit, üç kenarı betonarme mantolama ile güçlendirilmiş (var olan betonarme kesitler kullanılarak çelik- veya FRP-sargı modellenebilir) L-şekilli kolonların modellenmesinde sıklıkla kullanılır. İçteki (önceden varolan) ve dıştaki (yeni) beton malzemeleri için farklı sargı düzeyleri tanımlamak da mümkündür.



Malzemeler ve Boyutlar:

Altı farklı malzeme tanımlanabilir:

- Dış Boyuna Donatı,
- İç Boyuna Donatı,
- Dış Enine Donatı,
- İç Enine Donatı,
- Manto betonu,
- Çekirdek betonu.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Kenar 1 genişliği. Varsayılandeğeri 0.8 m
- Kenar 2 genişliği. Varsayılan değeri 0.8 m
- Kenar 1 kalınlığı. Varsayılan değeri 0.45 m
- Kenar 2 kalınlığı. Varsayılan değeri 0.45 m
- Manto kalınlığı. Varsayılan değeri 0.1 m
- Kabuk kalınlığı. Varsayılan değeri 0.025 m

Donatı:

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir.

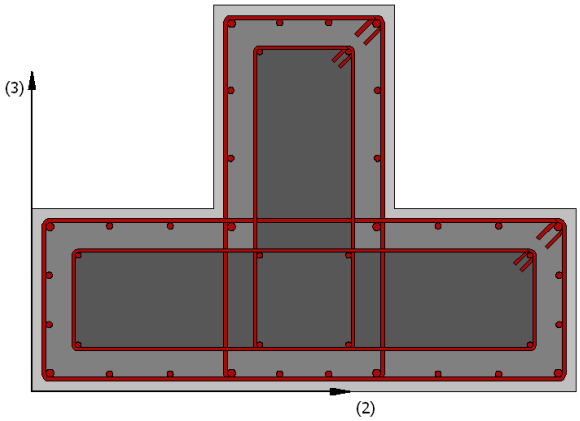
NOT: Donatı d3 ve d2 mesafeleri kesit sol altından ölçülür.

Lifli Polimer (FRP) Güçlendirme:

Lifli Polimer sargı, piyasada bulunan en yaygın ürünlerin listesinden FRP Sargı seçerek veya kullanıcı tanımlı değerler ile tanımlanabilir.

Mantolanmış betonarme T-şekilli kolon kesidi - rcjtcs

Bu kesit, betonarme mantolama ile güçlendirilmiş (var olan betonarme kesitler kullanılarak çelik- veya FRP-sargı modellenebilir) T-şekilli kolonların modellenmesinde sıklıkla kullanılır. İçteki (önceden varolan) ve dıştaki (yeni) beton malzemeleri için farklı sargı düzeyleri tanımlamak da mümkündür.



Malzemeler ve Boyutlar:

Altı farklı malzeme tanımlanabilir:

- Dış Boyuna Donatı,
- İç Boyuna Donatı,
- Dış Enine Donatı,
- İç Enine Donatı,
- Manto betonu,
- Çekirdek betonu.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 1.35 m
- Flanş yüksekliği. Varsayılan değeri 0.45 m
- Gövde genişliği. Varsayılan değeri 0.45 m
- Gövde yüksekliği. Varsayılan değeri 0.5 m
- Gövde eksentrisitesi. Varsayılan değeri 0.45 m
- Manto kalınlığı. Varsayılan değeri 0.1 m
- Kabukkalınlığı. Varsayılan değeri 0.025 m

Donatı:

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir.

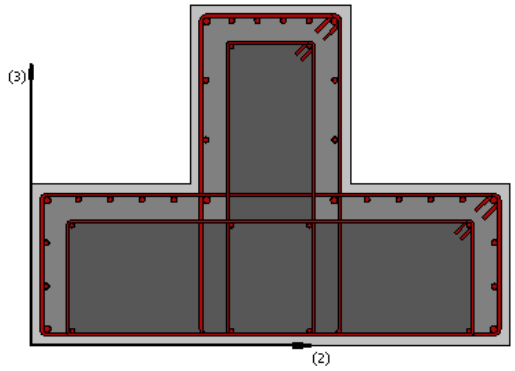
Lifli Polimer (FRP) Güçlendirme:

Lifli Polimer sargı, piyasada bulunan en yaygın ürünlerin listesinden FRP Sargı seçerek veya kullanıcı tanımlı değerler ile tanımlanabilir.

NOT: Donatı d3 ve d2 mesafeleri kesit sol altından ölçülür.

3 kenarı mantolanmış betonarme T-şekilli kolon kesidi– rcjtcs3

Bu kesit, üç kenarı betonarme mantolama ile güçlendirilmiş (var olan betonarme kesitler kullanılarak çelik- veya FRP-sargı modellenebilir) T-şekilli kolonların modellenmesinde sıklıkla kullanılır. İçteki (önceden varolan) ve dıştaki (yeni) beton malzemeleri için farklı sargı düzeyleri tanımlamak da mümkündür.



Malzemeler ve Boyutlar:

Altı farklı malzeme tanımlanabilir:

- Dış Boyuna Donatı,
- İç Boyuna Donatı,
- Dış Enine Donatı,
- İç Enine Donatı,
- Manto betonu,
- Çekirdek betonu.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Flanş kalınlığı. Varsayılan değeri 1.35 m
- Flange yüksekliği. Varsayılan değeri 0.45 m
- Gövde genişliği. Varsayılan değeri 0.45 m
- Gövde yüksekliği. Varsayılan değeri 0.5 m
- Gövde eksentrisitesi. Varsayılan değeri 0.45 m
- Manto kalınlığı. Varsayılan değeri 0.1 m
- Kabuk kalınlığı. Varsayılan değeri 0.025 m

Donatı:

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir.

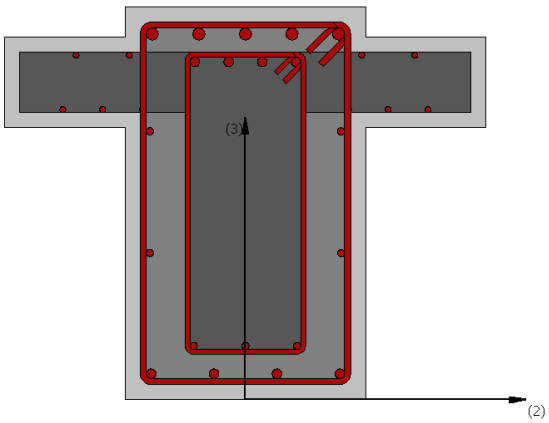
Lifli Polimer (FRP) Güçlendirme:

Lifli Polimer sargı, piyasada bulunan en yaygın ürünlerin listesinden FRP Sargı seçerek veya kullanıcı tanımlı değerler ile tanımlanabilir.

NOT:Donatı d3 ve d2 uzaklıkları, kesit sol altından ölçülür.

Mantolanmış betonarmeT-kesit - rcjts

Bu kesit, betonarme mantolama ile güçlendirilmiş (var olan betonarme kesitler kullanılarak çelik- veya FRP-sargı modellenebilir) T-, L- veya dikdörtgen şekilli betonarme kirişlerin modellenmesinde sıklıkla kullanılan bir kesittir (L-şeklini modellemek için kullanıcılar kiriş dış merkezliğini sıfıra eşitlemelidir ve dikdörtgen şekli modellemek için döşeme ve kiriş genişliklerine aynı değerlerin tanımlanması gerekmektedir). İçteki (önceden varolan) ve dıştaki (yeni) beton malzemeleri için farklı sargı düzeyleri tanımlamak da mümkündür.



Malzemeler ve Boyutlar:

Altı farklı malzeme tanımlanabilir:

- Dış Boyuna Donatı,
- İç Boyuna Donatı,
- Dış Enine Donatı,
- İç Enine Donatı,
- Manto betonu,
- Çekirdek betonu.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

1. Dış Kiriş yüksekliği. Varsayılan değer 0,65 m'dir.
2. Dış Kiriş genişliği. Varsayılan değer 0,4 m'dir.
3. Dış Döşeme yüksekliği. Varsayılan değer 0,05 m'dir.
4. İç Kiriş yüksekliği. Varsayılan değer 0,5 m'dir.
5. İç Kiriş genişliği. Varsayılan değer 0,2 m'dir.
6. Döşeme etkili genişliği. Varsayılan değer 0,8 m'dir.
7. Döşeme 1 kalınlığı. Varsayılan değer 0,15 m'dir.
8. Döşeme 2 kalınlığı. Varsayılan değer 0,15 m'dir.
9. Kiriş dış merkezliği. Varsayılan değer 0,3 m'dir.
10. Kabuk Kalınlığı. Varsayılan değer 0,025 m'dir.

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

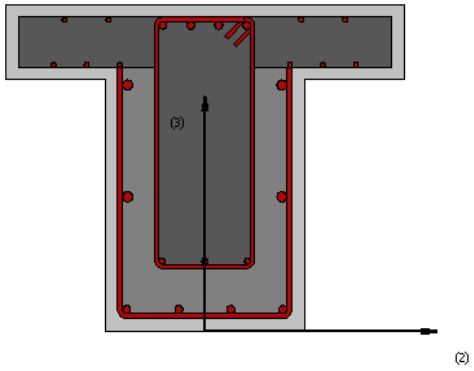
1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir.

NOT : Donatı uzaklığı d3 kesitin altından ölçülmelidir.

3 kenarı mantolanmış betonarme T-kesit – rcjts3

Bu kesit, üç kenarı betonarme mantolama ile güçlendirilmiş (var olan betonarme kesitler kullanılarak çelik- veya FRP-sargı modellenebilir) T-, L- veya dikdörtgen şekilli betonarme kirişlerin modellenmesinde sıklıkla kullanılan bir kesittir (L-şeklini modellemek için kullanıcılar kiriş dış merkezliğini sıfıra eşitlemelidir ve dikdörtgen şekli modellemek için döşeme ve kiriş genişliklerine aynı değerlerin tanımlanması gerekmektedir). İçteki (önceden varolan) ve dıştaki (yeni) beton malzemeleri için farklı sargı düzeyleri tanımlamak da mümkümdür.



Malzemeler ve Boyutlar:

Altı farklı malzeme tanımlanabilir:

- Dış Boyuna Donatı,
- İç Boyuna Donatı,
- Dış Enine Donatı,
- İç Enine Donatı,
- Manto betonu,
- Çekirdek betonu.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Dış Kiriş yüksekliği. Varsayılan değer 0,65 m'dir.
- Dış Kiriş genişliği. Varsayılan değer 0,4 m'dir.
- Dış Döşeme yüksekliği. Varsayılan değer 0,05 m'dir.
- İç Kiriş yüksekliği. Varsayılan değer 0,5 m'dir.
- İç Kiriş genişliği. Varsayılan değer 0,2 m'dir.
- Döşeme etkili genişliği. Varsayılan değer 0,8 m'dir.
- Döşeme 1 kalınlığı. Varsayılan değer 0,15 m'dir.
- Döşeme 2 kalınlığı. Varsayılan değer 0,15 m'dir.
- Kiriş dış merkezliği. Varsayılan değer 0,3 m'dir.
- Kabuk Kalınlığı. Varsayılan değer 0,025 m'dir.

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

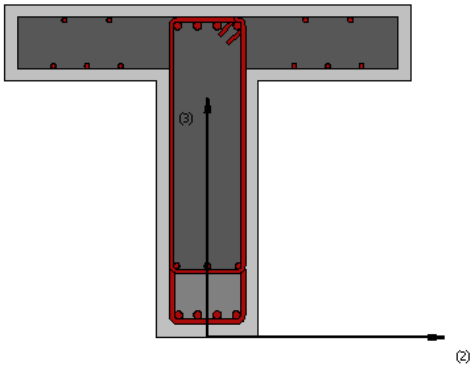
1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir.

NOT : Donatı uzaklığı d3 kesitin altından ölçülmelidir.

1 kenarı mantolanmış betonarme T-kesit – rcjts1

Bu kesit, bir kenarı betonarme mantolama ile güçlendirilmiş (var olan betonarme kesitler kullanılarak çelik- veya FRP-sargı modellenebilir) T-, L- veya dikdörtgen şekilli betonarme kirişlerin modellenmesinde sıklıkla kullanılan bir kesittir (L-şeklini modellemek için kullanıcılar kiriş dış merkezliğini sıfıra eşitlemelidir ve dikdörtgen şekli modellemek için döşeme ve kiriş genişliklerine aynı değerlerin tanımlanması gerekmektedir). İçteki (önceden varolan) ve dıştaki (yeni) beton malzemeleri için farklı sargı düzeyleri tanımlamak da mümkümdür.



Malzemeler ve Boyutlar:

Altı farklı malzeme tanımlanabilir:

- Dış Boyuna Donatı,
- İç Boyuna Donatı,
- Dış Enine Donatı,
- İç Enine Donatı,
- Manto betonu,
- Çekirdek betonu.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Dış Kiriş yüksekliği. Varsayılan değer 0,65 m'dir.
- Dış Kiriş genişliği. Varsayılan değer 0,4 m'dir.
- Dış Döşeme yüksekliği. Varsayılan değer 0,05 m'dir.
- İç Kiriş yüksekliği. Varsayılan değer 0,5 m'dir.
- İç Kiriş genişliği. Varsayılan değer 0,2 m'dir.
- Döşeme etkili genişliği. Varsayılan değer 0,8 m'dir.
- Döşeme 1 kalınlığı. Varsayılan değer 0,15 m'dir.
- Döşeme 2 kalınlığı. Varsayılan değer 0,15 m'dir.
- Kiriş dış merkezliği. Varsayılan değer 0,3 m'dir.
- Kabuk Kalınlığı. Varsayılan değer 0,025 m'dir.

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

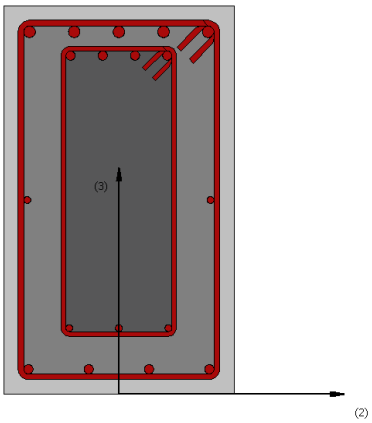
1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir.

NOT : Donatı uzaklığı d3 kesitin altından ölçülmelidir.

Mantolanmış betonarme asimetrik dikdörtgen kesit - rcjars

Bu kesit, betonarme mantolama ile güçlendirilmiş (var olan betonarme kesitler kullanılarak çelik- veya FRP-sargı modellenebilir) dikdörtgen kirişlerin modellenmesinde sıklıkla kullanılır. İçteki (önceden varolan) ve dıştaki (yeni) beton malzemeleri için farklı sargı düzeyleri tanımlamak da mümkümdür.



Malzemeler ve Boyutlar:

Altı farklı malzeme tanımlanabilir:

- Dış Boyuna Donatı,
- İç Boyuna Donatı,
- Dış Enine Donatı,
- İç Enine Donatı,
- Manto betonu,
- Çekirdek betonu.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Dış yükseklik. Varsayılan değer 0,67 m'dir.
- Dış genişlik. Varsayılan değer 0,4 m'dir.
- Dış üst flanş kalınlığı. Varsayılan değer 0,07 m'dir.
- İç yükseklik. Varsayılan değer 0,5 m'dir.
- İç genişlik. Varsayılan değer 0,2 m'dir.
- Kabuk Kalınlığı. Varsayılan değer 0,025 m'dir.

Donatı:

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

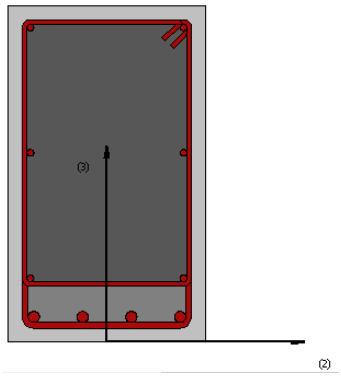
1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir.

NOT: Donatı uzaklığı d3 kesitin altından ölçülmelidir.

1 kenarı mantolanmış betonarme asimetrik dikdörtgen kesit – rcjars1

Bu kesit, betonarme mantolama ile güçlendirilmiş (var olan betonarme kesitler kullanılarak çelik- veya FRP-sargı modellenebilir) dikdörtgen kirişlerin modellenmesinde sıklıkla kullanılır. İçteki (önceden varolan) ve dıştaki (yeni) beton malzemeleri için farklı sargı düzeyleri tanımlamak da mümkümdür.



Malzemeler ve Boyutlar:

Altı farklı malzeme tanımlanabilir:

- Dış Boyuna Donatı,
- İç Boyuna Donatı,
- Dış Enine Donatı,
- İç Enine Donatı,
- Manto betonu,
- Çekirdek betonu.
- Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:Dış yükseklik. Varsayılandeğeri 0.6 m
- İçy ükseklik. Varsayılandeğeri 0.5 m
- Kesit genişliği. Varsayılandeğeri 0.35 m
- Kabuk kalınlığı. Varsayıandeğeri 0.025 m

Donatı:

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir.

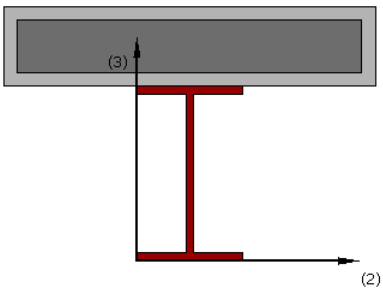
NOT: Donatı uzaklığı d3 kesitin altından ölçülmelidir.

KOMPOZİT KESİTLER

Kompozit I-kesit - cpis

Bu kesit basit mesnetli kompozit kirişlerin modellenmesinde sıklıkla kullanılan bir kesittir

NOT: Şu anda beton döşemedeki donatı modellenmemektedir, bu nedenle kesitin azalmış negatif moment dayanımı kapasitesi olacaktır



Malzemeler ve Boyutlar:

İki farklı malzeme tanımlanabilir:

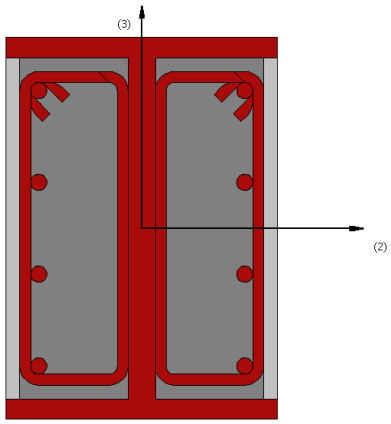
- Çelik profil,
- Beton.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Alt flanş genişliği. Varsayılan değer 0,1 m 'dir.
- Alt flanş kalınlığı. Varsayılan değer 0,01 m'dir.
- Üst flanş genişliği. Varsayılan değer 0,2 m 'dir.
- Üst flanş kalınlığı. Varsayılan değer 0,015 m'dir.
- Gövde yüksekliği. Varsayılan değer 0,3 m'dir.
- Gövde kalınlığı. Varsayılan değer 0,015 m'dir.
- Döşeme efektif genişliği. Varsayılan değer 1 m'dir.
- Döşemedeki sargılı alan genişliği. Varsayılan değer 0,95 m'dir.
- Döşeme kalınlığı. Varsayılan değer 0,15 m'dir.
- Döşemedeki sargılı alan kalınlığı. Varsayılan değer 0.1 m'dir.

Kısmen betonla kaplı kompozit I-kesit - pecs

Bu kesit kompozit kolonların modellenmesinde sıklıkla kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

Dört farklı malzeme tanımlanabilir:

- Boyuna Donatı,
- Enine Donatı,
- Çelik profil,
- Beton.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Flanş genişliği. Varsayılan değer 0,2 m'dir.
- Flanş kalınlığı. Varsayılan değer 0,015 m'dir.
- Gövde yüksekliği. Varsayılan değer 0,25 m'dir.
- Gövde kalınlığı. Varsayılan değer 0,02 m'dir.
- Sargısız beton kalınlığı. Varsayılan değer 0,01 m'dir.

Donatı:

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

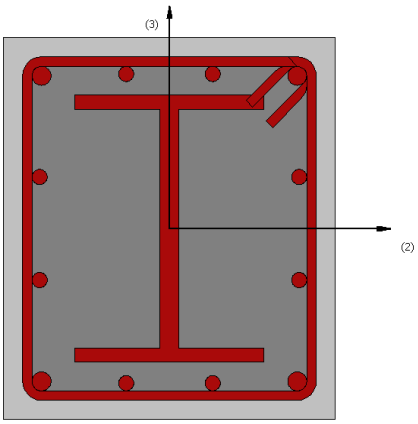
1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir.

NOT: Tamamen ve kısmen sargılı beton alanları arasındaki sınırı temsil etmek üzere parabolik bir eğri kabul edilmiştir. Derinlik, konservatif olarak profilin flanş genişliğinin %20'si olarak tahmin edilebilir. Bununla birlikte, daha titiz tahmin prosedürleri Mirza [1989] veya Elnashai ve Elghazouli [1993]'nin çalışmalarında bulunabilir.

Tamamen betonla kaplı kompozit I-kesit - fecs

Bu kesit kompozit kolonların modellenmesinde sıklıkla kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

Dört farklı malzeme tanımlanabilir:

- Boyuna Donatı,
- Enine Donatı,
- Çelik profil,
- Beton.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Flanş genişliği. Varsayılan değer 0,2 m'dir.
- Flanş kalınlığı. Varsayılan değer 0,015 m'dir.
- Gövde yüksekliği. Varsayılan değer 0,25 m'dir.
- Gövde kalınlığı. Varsayılan değer 0,02 m'dir.
- Sargı donatısı genişliği. Varsayılan değer 0,31 m'dir.
- Kesit genişliği. Varsayılan değer 0,35 m'dir.
- Sargı donatısı yüksekliği. Varsayılan değer 0,36 m'dir.
- Kesit yüksekliği. Varsayılan değer 0,4 m'dir.
- Kabuk Kalınlığı. Varsayılan değer 0,025 m'dir.

Donatı:

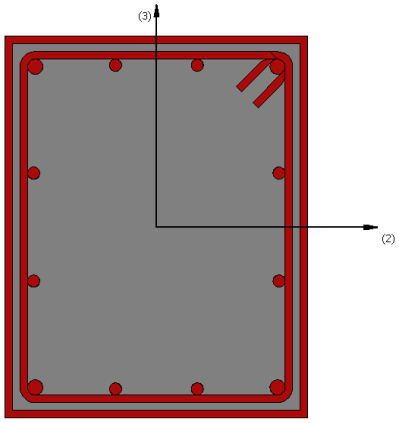
Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

Ayrıca, yatay donatı da çap, kol sayısı ve aralığı yoluyla tanımlanabilir.

Kompozit dikdörtgen kesit - crs

Bu kesit kompozit kolonların modellenmesinde sıklıkla kullanılır.



Malzemeler ve Boyutlar:

Dört farklı malzeme tanımlanabilir:

- Boyuna Donatı,
- Enine Donatı,
- Çelik boru,
- Beton.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Kesit yüksekliği. Varsayılan değer 0,5 m'dir.
- Kesit genişliği. Varsayılan değer 0,4 m'dir.
- Çelik kalınlığı. Varsayılan değer 0,01 m'dir.

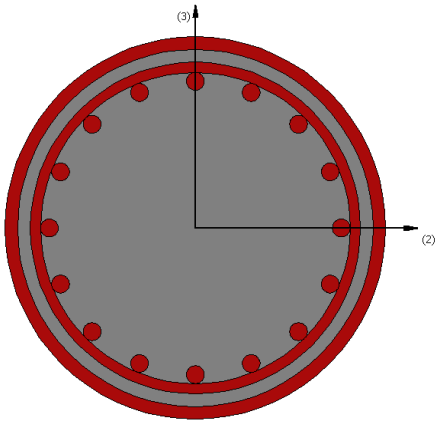
Donatı:

Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

Kompozit dairesel kesit - ccs

Bu kesit kompozit kolonların modellenmesinde sıklıkla kullanılan bir kesittir.



Malzemeler ve Boyutlar:

Dört farklı malzeme tanımlanabilir:

- Boyuna Donatı,
- Enine Donatı,
- Çelik boru,
- Beton.

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- *Kesit çapı.* Varsayılan değer 0,3 m'dir.
- *Çelik kalınlığı.* Varsayılan değer 0,01 m'dir.

Donatı:

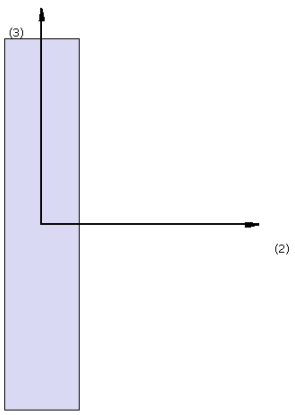
Donatı çubukları iki farklı yolla tanımlanabilir:

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alanı ve kesit koordinatlarını girerek (sonuncusu kesitin yerel koordinat sisteminde tanımlanmaktadır).

YIĞMA KESİTLERİ

Yığma duvar kesiti - mws

Bu bölüm, yığma elemanların modellenmesi için sıklıkla kullanılan bir bölümdür.



Malzemeler ve Boyutlar:

Üç farklı malzeme tanımlanabilir:

- Boyuna Donatı,
- Enine Donatı,
- Yığma

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Duvar genişliği (düzlem içi boyut). Varsayılan değer 2,0 m'dir.
- Duvar kalınlığı (düzlem dışı boyut). Varsayılan değer 0,4 m'dir.
- Kabuk Kalınlığı. Varsayılan değer 0,025 m'dir

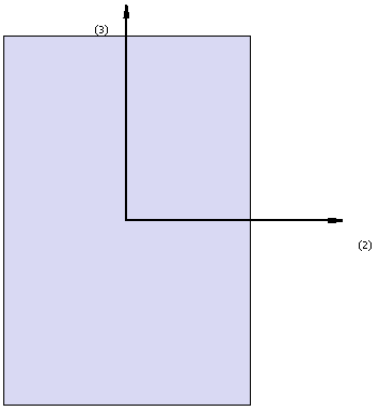
Donatı:

Donatı çubukları iki farklı şekilde tanımlanabilir:

1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alan ve kesit koordinatlarını girerek (ikincisi, bölümün yerel koordinat sisteminde tanımlanır).

Yığma kiriş kesiti - mss

Bu, iki duvar elemanı arasındaki bağlantı kirişlerinin modellenmesi için sıklıkla kullanılan bir bölümdür.



Malzemeler ve Boyutlar:

Üç farklı malzeme tanımlanabilir:

- Boyuna Donatı,
- Enine Donatı,
- Yığma

Gerekli boyutlar aşağıdaki gibidir:

- Duvar genişliği (düzlem içi boyut). Varsayılan değer 0,6 m'dir.
- Duvar kalınlığı (düzlem dışı boyut). Varsayılan değer 0,4 m'dir.
- Kabuk Kalınlığı. Varsayılan değer 0,025 m'dir

Donatı:

Donatı çubukları iki farklı şekilde tanımlanabilir:

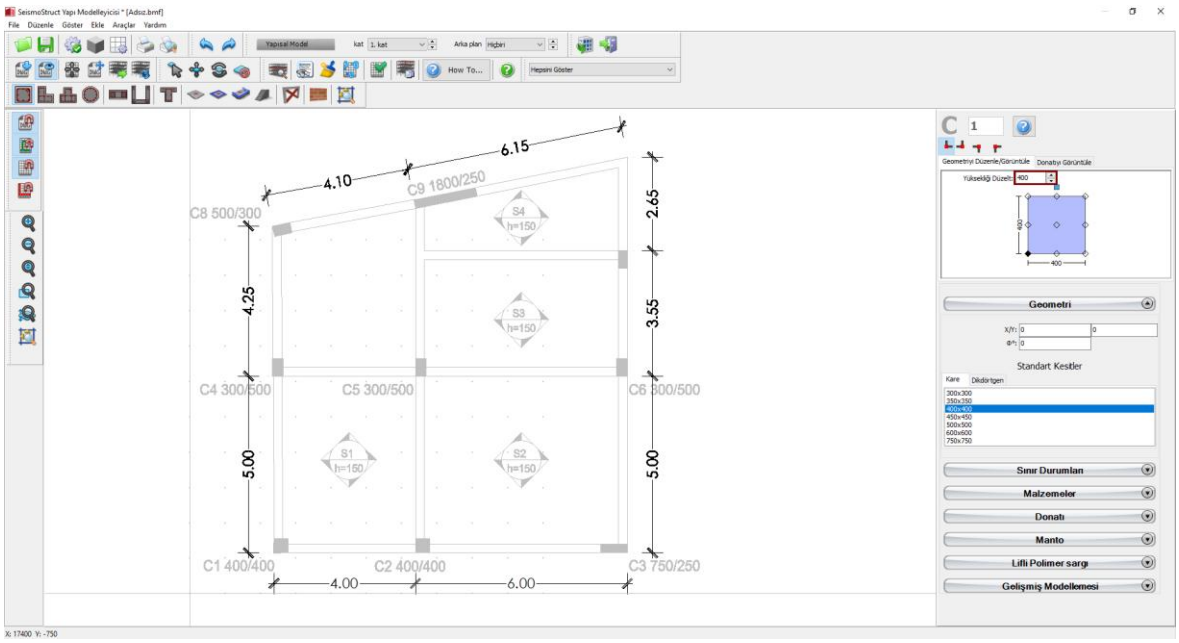
1. Donatı şablonunu düzenleyerek;
2. İlgili alan ve kesit koordinatlarını girerek (ikincisi, bölümün yerel koordinat sisteminde tanımlanır).

Ek E – Yapı Modelleyicisi Elemanları

Bu ekte, kullanılabilen kesit tipleri detaylarıyla birlikte anlatılacaktır.

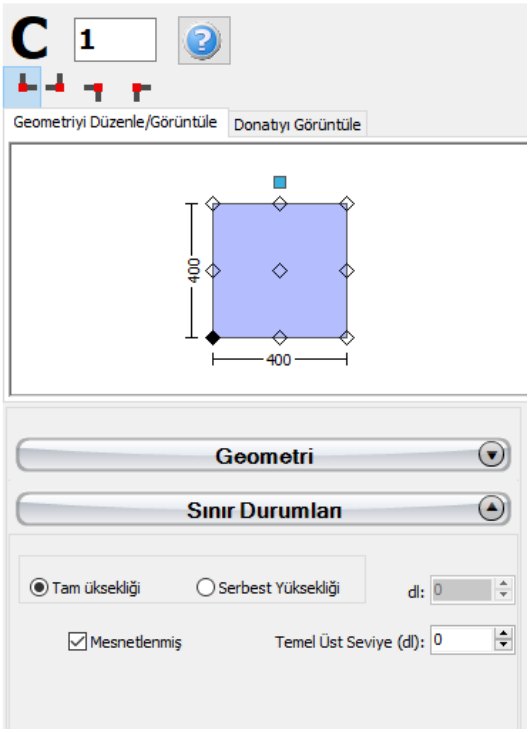
Dikdörtgen Kolon

Dikdörtgen kolonlar, ana menüden (*Ekle>Dikdörtgen Kolon)* veya ilgili araç çubuğu butonu  aracılığıyla eklenebilir. Beliren Özellikler Penceresi'nden, kullanıcılar Geometriyi Görüntüle/Düzenle penceresinden ya da önceden tanımlanmış standart kesitlerden(kare veya dikgörtgen) bir kesit seçerek kesit boyutlarını belirleyebilirler.



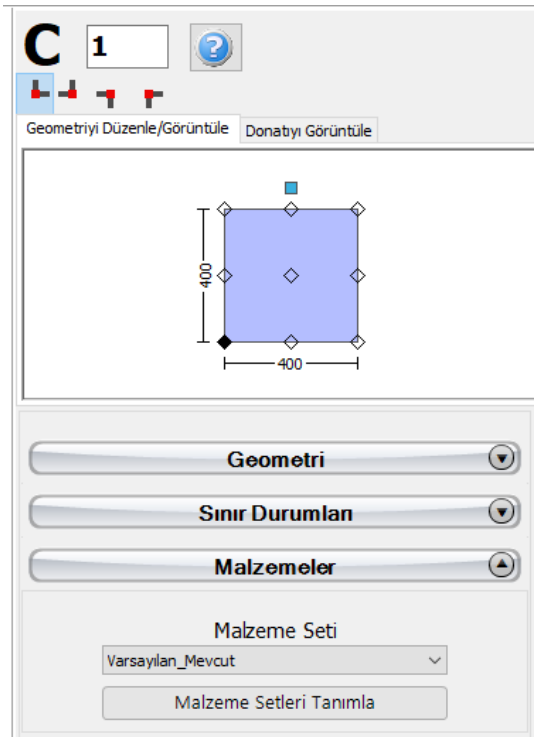
Kesit boyutlarının düzenlenmesi

Kolon yüksekliği, serbest uzunluk seçeneğinin seçilmesi ve farklı uzunluk atanması aracılığıyla kat yüksekliğinden farklı olarak da tanımlanabilir. Öteki yandan, eğer tam uzunluk seçilirse, eleman kat yüksekliğiyle aynı yükseklikte olur. Ek olarak, kolonun temel seviyesi de uyarlanabilir, böylece kullanıcı birbirinden farklı temel seviyelerini oluşturabilir.



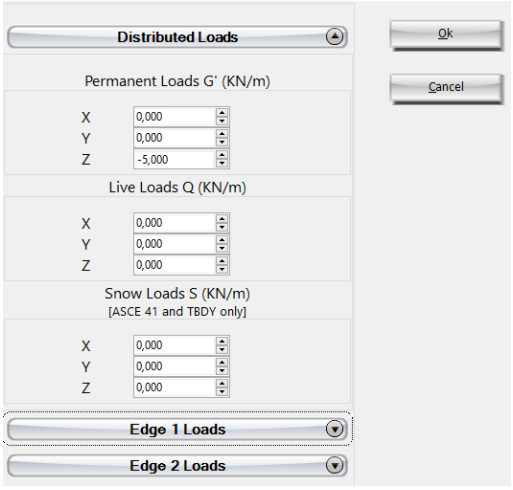
Sınır Koşulları

Malzeme özellikleri, ana menüden (*Araçlar> Malzeme Setlerini Tanımla*) ile, ilgili araç çubuğu butonu veya elemanın Özellikler Penceresi içerisindeki *Malzeme Setlerini Tanımla* düğmesi aracılığıyla tanımlanabilir. Malzeme özellikleri tanımı için gerekli değerler, elemanların türlerine bağlıdır (ör. mevcut veya yeni elemanlar). Varsayılan olarak, biri mevcut elemanlar için diğeri ise yeni elemanlar için olmak üzere, iki malzeme şeması vardır.



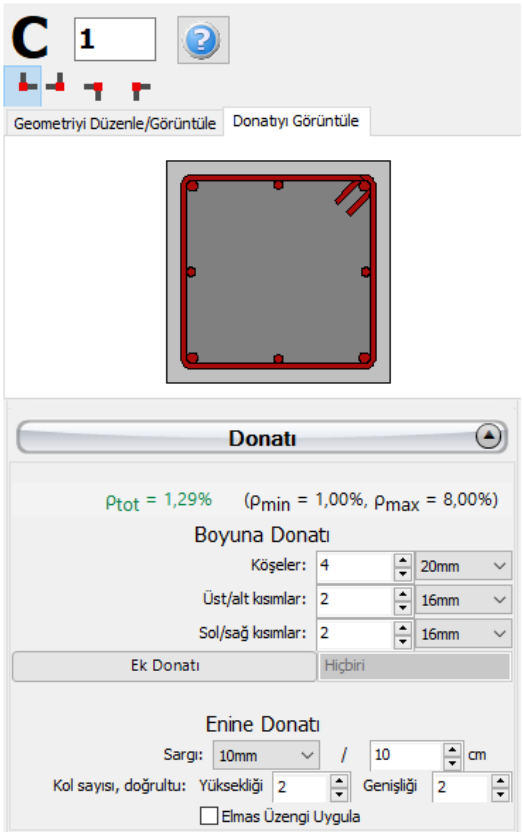
Malzemeler

Ek yükler, Dağıtılmış ve Kenar Yükleri düğmesine tıklanarak tanımlanabilir. Kullanıcılar, eleman uzunluğu boyunca tüm üç translasyonel yönde (X, Y veya Z) düzgün dağılmış kuvvetler ve elemanın iki kenarından birinde (alt veya üst) herhangi bir translasyonel veya dönme yönünde (X, Y, Z, RX, RY veya RZ) kuvvetler veya momentler tanımlayabilir. Ek sabit yükler G' (yapının kendi ağırlığıyla ilişkili olmayan), hareketli yükler Q ve kar yükleri S uygulanabilir; bu yüklerden sonuncusu yalnızca ASCE 41 ve TBDY için geçerlidir. Varsayılan olarak, tüm yükler sıfırdır.



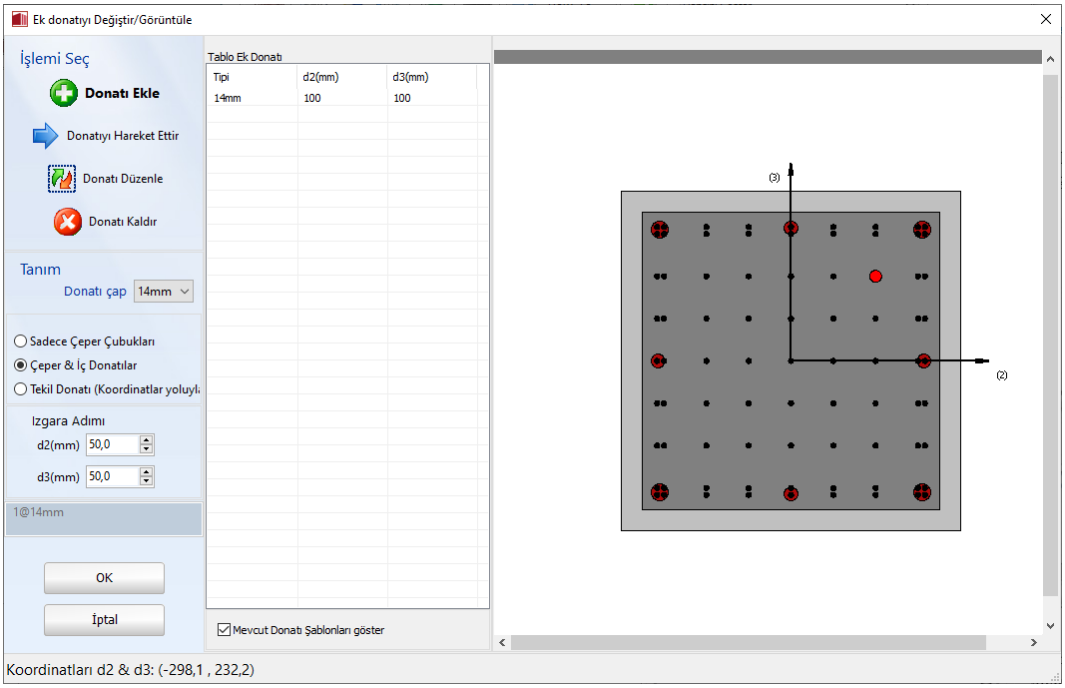
Dağıtılmış ve Kenar Yükleri Penceresi

Ayrıca, boyuna ve enine donatı, ilgili donatı modeli kontrolleri düzenlenerek tanımlanabilir.



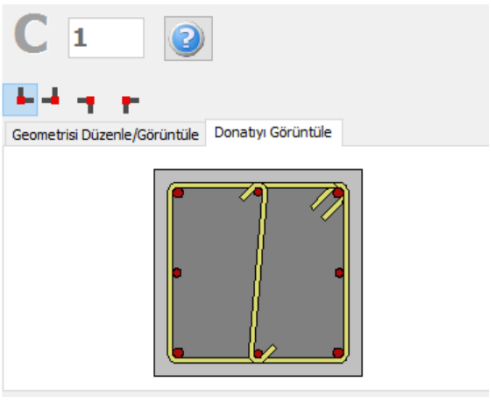
Donatı Şablonu

Tekil boyuna donatı çubukları ekleme işlemi, ilgili Ek Donatılar modülü aracılığıyla yapılabilir. Ek donatı şekilde gösterildiği gibi grafiksel olarak da eklenebilir:



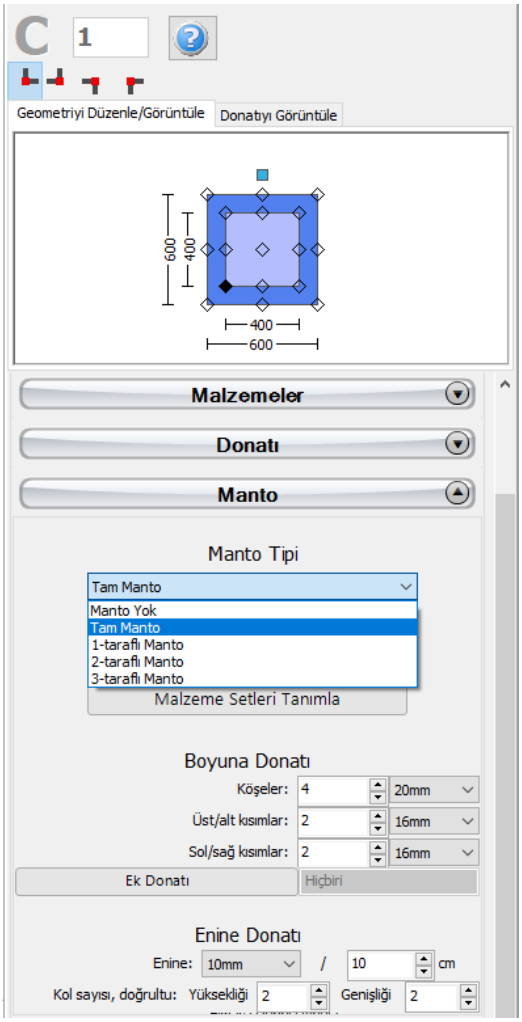
Ek donatıyı düzenle/görüntüle penceresi

Kullanıcılar, Özellikler Penceresi'nden kesit donatısının görüntülendiği Donatı Görüntüle ile kesit boyutlarının görüntülenebildiği ve değiştirilebildiği Geometriyi Görüntüle/Değiştir arasında seçim yapabilirler.



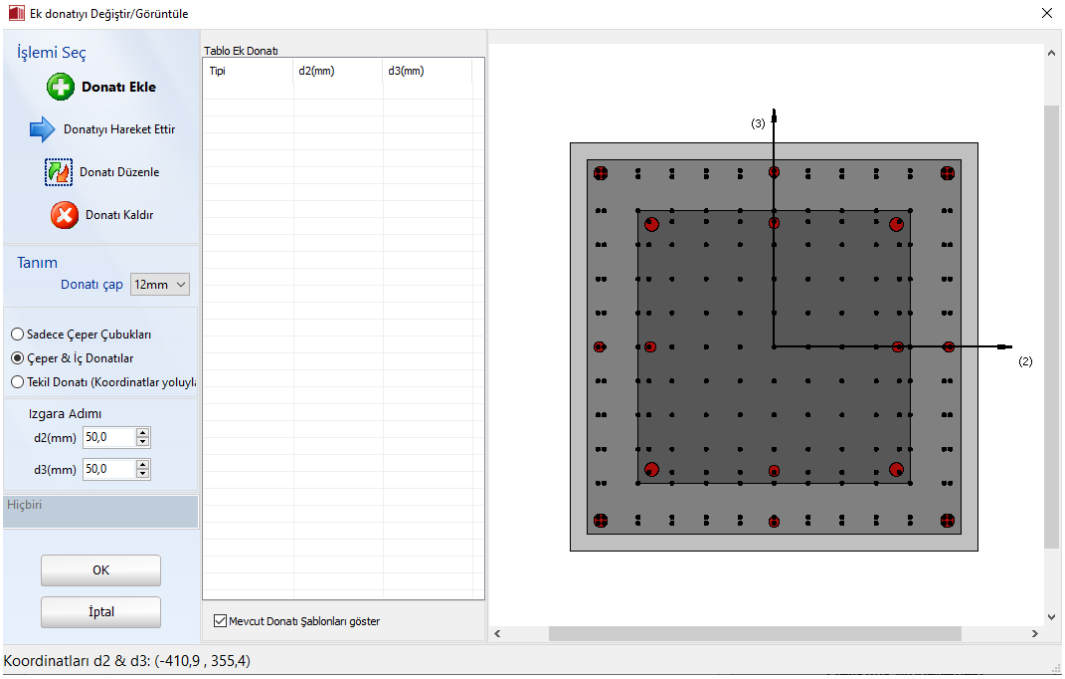
Donatı Görünümü

Mantolama tipi seçilerek Mantolama bölgesindeki kesite yani tam manto, 1 taraflı, 2 taraflı veya 3 taraflı mantolama, ve malzeme setinin ve mantolamanın boyuna ve enine takviyesinin atanarak mantolama uygulanabilir.



Mantolama

Mantolamaya tekli uzunlamasına donatı çubuklarının eklenmesi, aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi, ek donatı bölümün hem mevcut hem de yeni kısmına grafiksel olarak eklenebildiği Ek Donatılar modülü aracılığıyla da gerçekleştirilebilir:



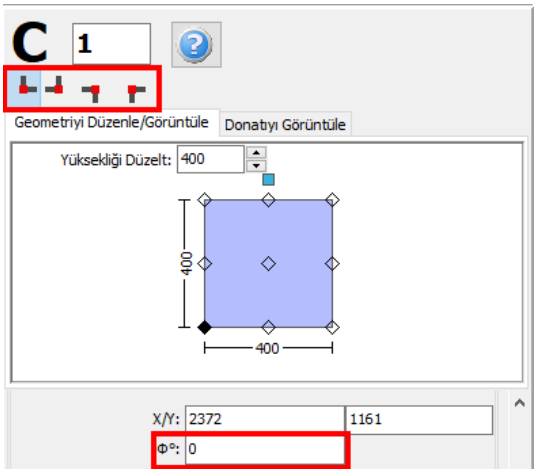
Ek donatıyı düzenle/görüntüle penceresi

Dahası, FRP sargılar, kullanıcıların piyasada bulunan en yaygın ürünlerin listesinden FRP sargısını seçebileceği veya kullanıcı tanımlı değerler sunabileceği FRP Sargı modülü aracılığıyla kolon elemanlarına atanabilir.

Yapısal elemanın koda dayalı ayarları, Gelişmiş Eleman Özellikleri iletişim kutusu aracılığıyla da tanımlanabilir. Elemanın modelleme parametreleri, ilgili buton ile erişilen Modelleme Parametreleri iletişim kutusundan tanımlanabilir.

NOT: Kesit mantolandığında, *Gelişmiş Eleman Özellikleri* modülünde kullanıcılar, bölümün tamamını, yani hem mevcut hem de yeni parçaları hesaba katmak için parametreler üzerinde kararlar almalıdır.

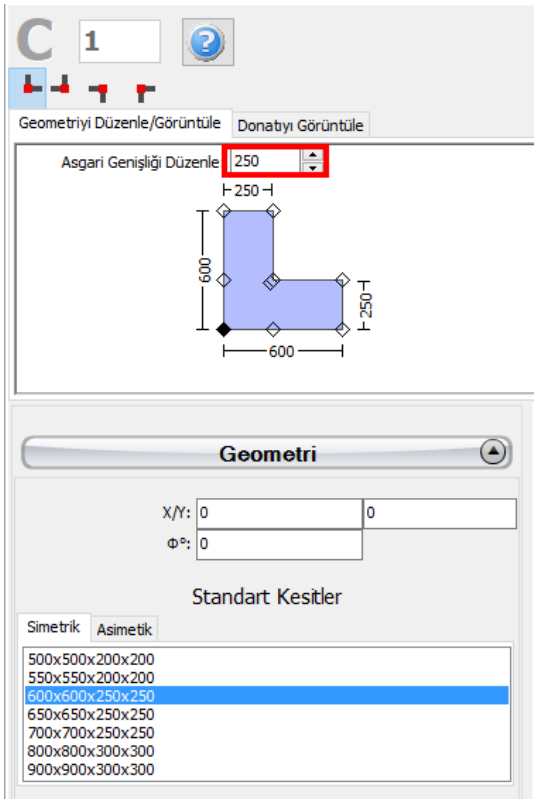
Tüm kesit özellikleri tanımlandıktan sonra, eleman Yapı modelleyici Ana Penceresi üzerine bir fare tıklaması ile eklenebilir. Plan görüntüsü üzerinde, kesitin dönme ve ekleme noktası(fare tıklaması konumuna karşılık gelen kesit noktası) seçilebilir.



Kesitin ekleme noktasının seçilmesi plan görünümünde döndürülmesi

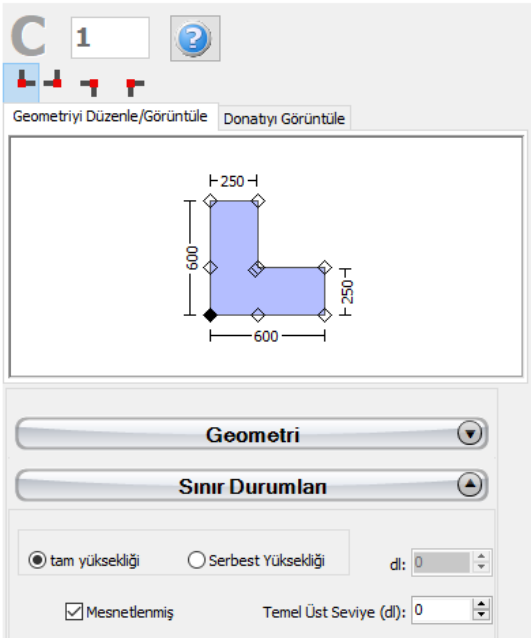
L-Kesit Kolon

L-kesit kolonlar,ana menüden (*Ekle >L-Kesit Kolon)* veya ilgili araç çubuğu butonu aracılığıyla eklenebilir. Beliren Özellikler Penceresi'nden, kullanıcılar ya Geometriyi Görüntüle/Düzenle penceresinden ya da önceden tanımlanmış standart kesitlerden(simetrik veya asimetrik) bir kesit seçerek kesit boyutlarını belirleyebilirler.



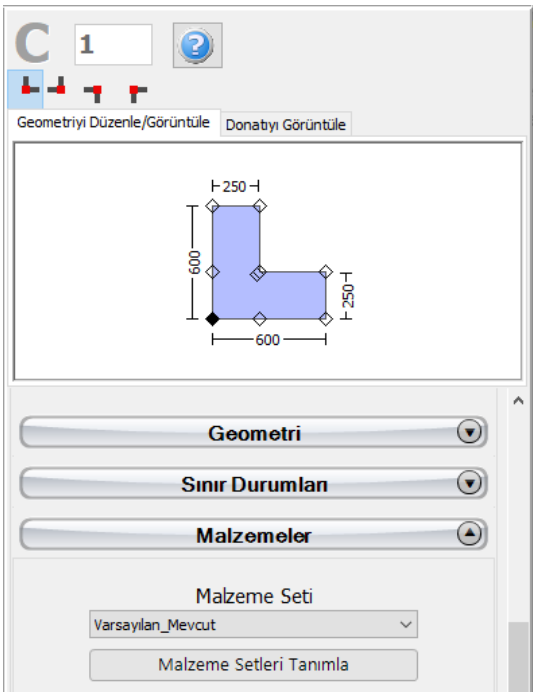
Kesit boyutlarını düzenle

Kolon yüksekliği, serbest uzunluk seçeneğinin seçilmesi ve farklı uzunluk atanması aracılığıyla kat yüksekliğinden farklı olarak da tanımlanabilir. Öteki yandan, eğer tam uzunluk seçilirse, eleman kat yüksekliğiyle aynı yükseklikte olur. Ek olarak, kolonun temel seviyesi de uyarlanabilir, böylece kullanıcı birbirinden farklı temel seviyelerini oluşturabilir.



Sınır Koşulları

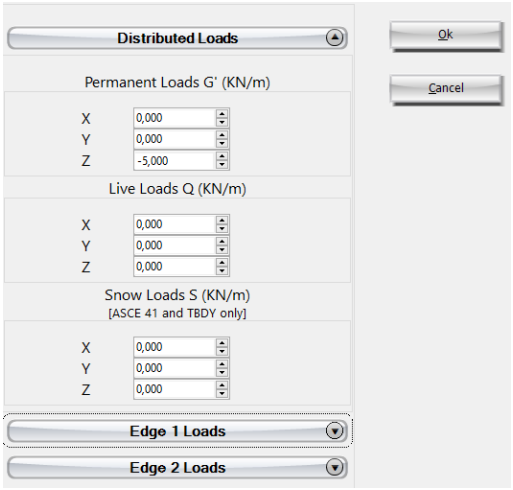
Malzeme özellikleri, ana menüden (*Araçlar> Malzeme Setlerini Tanımla*) ile, ilgili araç çubuğu butonu veya elemanın Özellikler Penceresi içerisindeki *Malzeme Setlerini Tanımla* düğmesi aracılığıyla tanımlanabilir. Malzeme özellikleri tanımı için gerekli değerler, elemanların türlerine bağlıdır (ör. mevcut veya yeni elemanlar). Varsayılan olarak, biri mevcut elemanlar için diğeri ise yeni elemanlar için olmak üzere, iki malzeme tertibi vardır.



Malzemeler

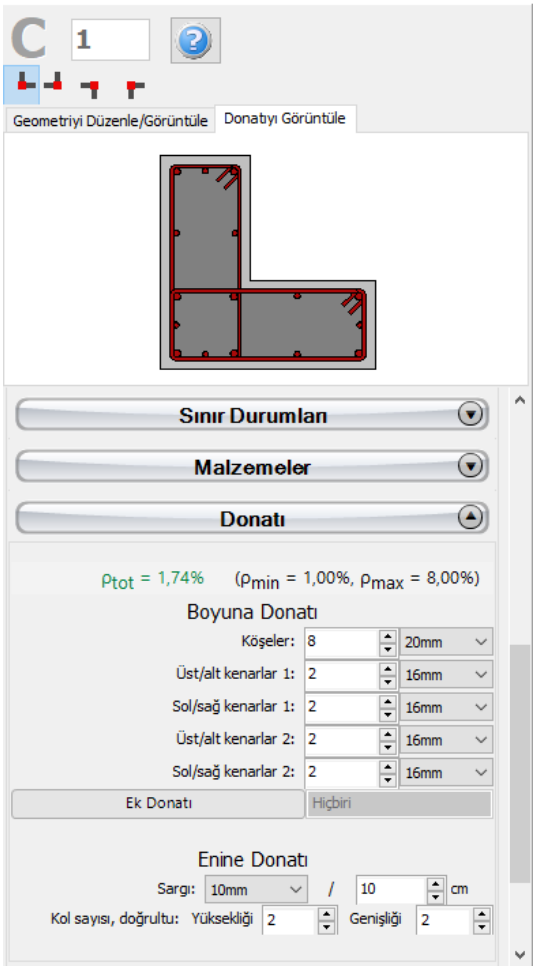
Ek yükler, Dağıtılmış ve Kenar Yükleri düğmesine tıklanarak tanımlanabilir. Kullanıcılar, eleman uzunluğu boyunca tüm üç translasyonel yönde (X, Y veya Z) düzgün dağılmış kuvvetler ve elemanın iki kenarından birinde (alt veya üst) herhangi bir translasyonel veya dönme yönünde (X, Y, Z, RX, RY veya

RZ) kuvvetler veya momentler tanımlayabilir. Ek sabit yükler G' (yapının kendi ağırlığıyla ilişkili olmayan), hareketli yükler Q ve kar yükleri S uygulanabilir; bu yüklerden sonuncusu yalnızca ASCE 41 ve TBDY için geçerlidir. Varsayılan olarak, tüm yükler sıfırdır.



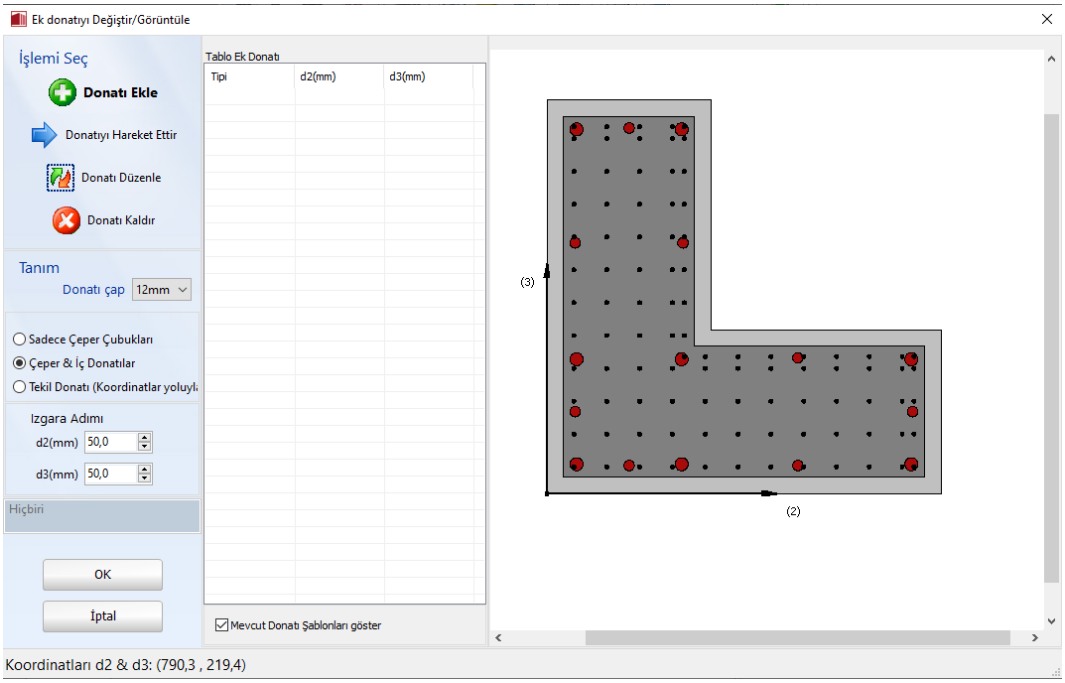
Dağıtılmış ve Kenar Yükleri Penceresi

Ayrıca, boyuna ve enine donatı, ilgili donatı modeli kontrolleri düzenlenerek tanımlanabilir.



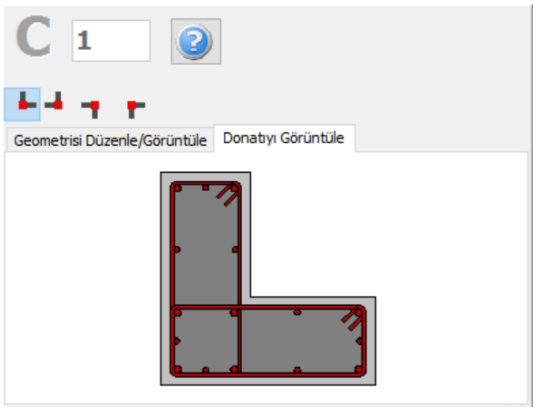
Donatı Şablonu

Tekil boyuna donatı çubukları ekleme işlemi, ilgili Ek Donatılar modülü aracılığıyla yapılabilir. Ek donatı şekilde gösterildiği gibi grafiksel olarak da eklenebilir:



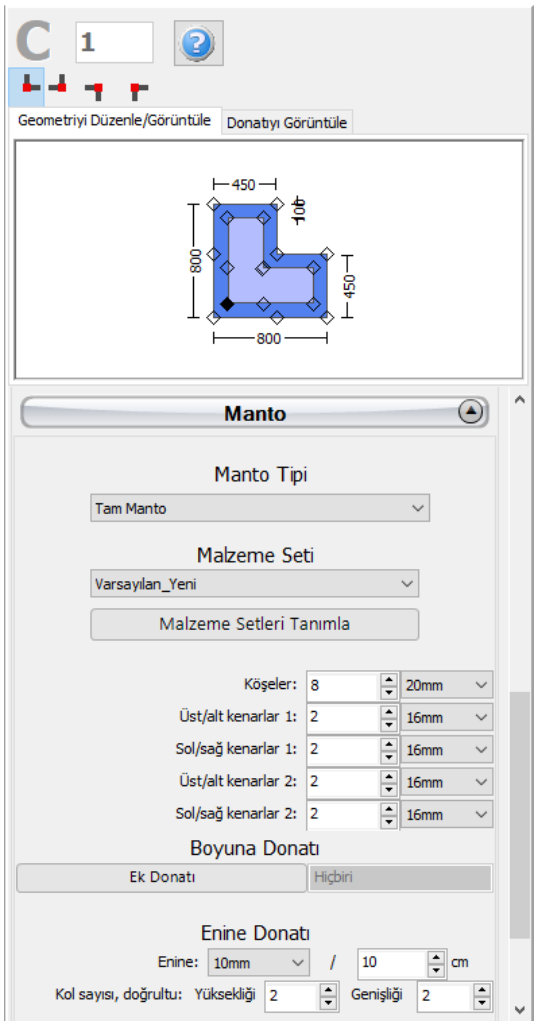
Ek donatıyı düzenle/görüntüle penceresi

Kullanıcılar, Özellikler Penceresi'nden kesit donatısının görüntülendiği Donatı Görüntüle ile kesitin boyutlarının görüntülenebildiği ve değiştirilebildiği Geometriyi Görüntüle/Değiştir arasında seçim yapabilirler.



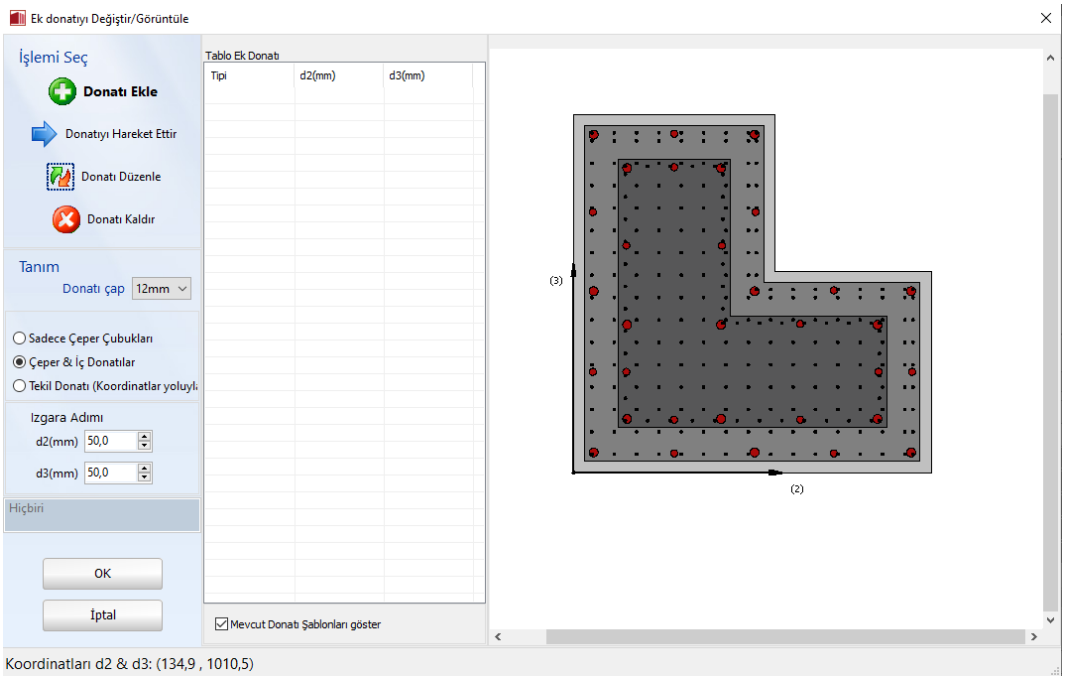
Donatı Görünümü

Mantolama tipi seçilerek Mantolama bölgesindeki kesite yani tam veya 3 taraflı mantolama, ve malzeme setinin ve mantolamanın boyuna ve enine takviyesinin atanarak mantolama uygulanabilir.



Mantolama

Mantolamaya tekli uzunlamasına donatı çubuklarının eklenmesi, aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi, ek donatı bölümün hem mevcut hem de yeni kısmına grafiksel olarak eklenebildiği Ek Donatılar modülü aracılığıyla da gerçekleştirilebilir:



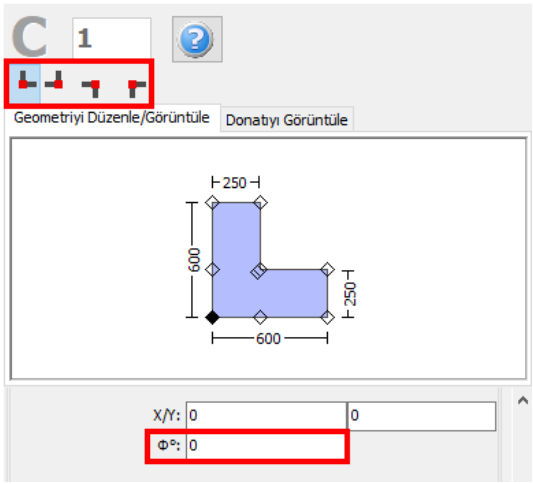
Ek donatıyı düzenleme/görüntüleme penceresi

Dahası, FRP sargılar, , kullanıcıların piyasada bulunan en yaygın ürünlerin listesinden FRP sargısını seçebileceği veya kullanıcı tanımlı değerler sunabileceği FRP Sargı modülü aracılığıyla kolon elemanlarına atanabilir.

Yapısal elemanın koda dayalı ayarları, Gelişmiş Eleman Özellikleri diyalog kutusu aracılığıyla da tanımlanabilir. Elemanın modelleme parametreleri, ilgili buton ile erişilen Modelleme Parametreleri iletişim kutusundan tanımlanabilir.

NOT: Kesit mantolandığında, *Gelişmiş Eleman Özellikleri* modülünde kullanıcılar, bölümün tamamını, yani hem mevcut hem de yeni parçaları hesaba katmak için parametreler üzerinde kararlar almalıdır.

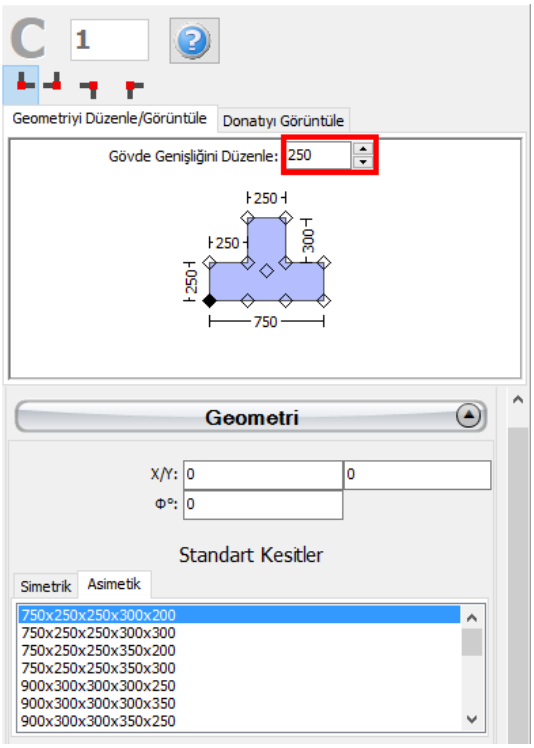
Tüm kesit özellikleri tanımlandıktan sonra, eleman Yapı Modelleyici Ana Penceresi üzerine bir fare tıklaması ile eklenebilir. Plan görüntüsü üzerinde, kesitin dönme ve ekleme noktası(fare tıklaması konumuna karşılık gelen kesit noktası) seçilebilir.



Kesitin ekleme noktası ve plan görünümünde döndürülmesinin seçimi

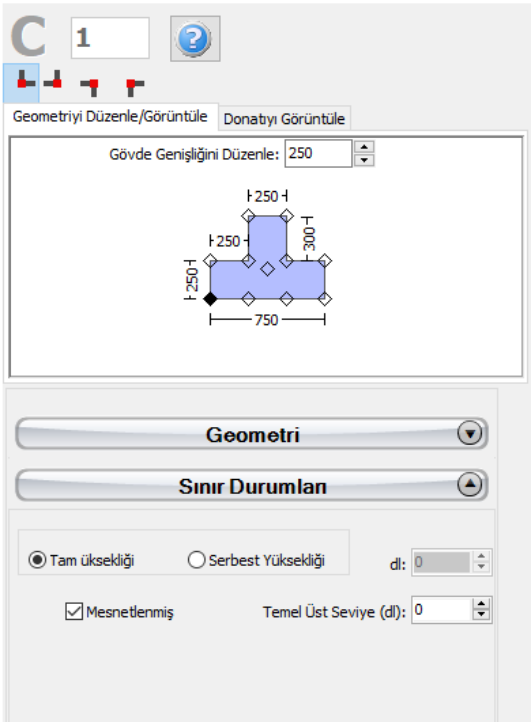
T- Kesit Kolon

T-kesit kolonlar, ana menüden (*Ekle >T-Kesit Kolon)* veya ilgili araç çubuğu butonu aracılığıyla eklenebilir. Beliren Özellikler Penceresi'nden, kullanıcılar ya Geometriyi Görüntüle/Düzenle penceresinden ya da önceden tanımlanmış standart kesitlerden (simetrik veya asimetrik) bir kesit seçerek kesit boyutlarını belirleyebilirler.



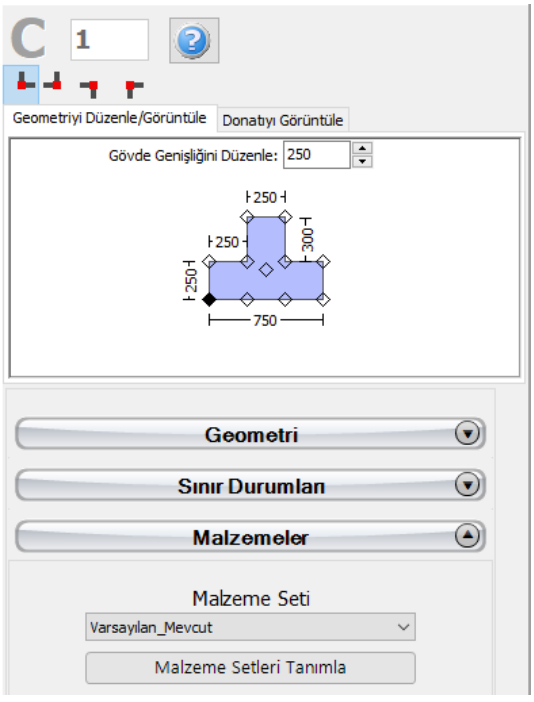
Kesit boyutlarının düzenlenmesi

Kolon yüksekliği, serbest uzunluk seçeneğinin seçilmesi ve farklı uzunluk atanması aracılığıyla kat yüksekliğinden farklı olarak da tanımlanabilir. Öteki yandan, eğer tam uzunluk seçilirse, eleman kat yüksekliğiyle aynı yükseklikte olur. Ek olarak, kolonun temel seviyesi de uyarlanabilir, böylece kullanıcı birbirinden farklı temel seviyelerini oluşturabilir.



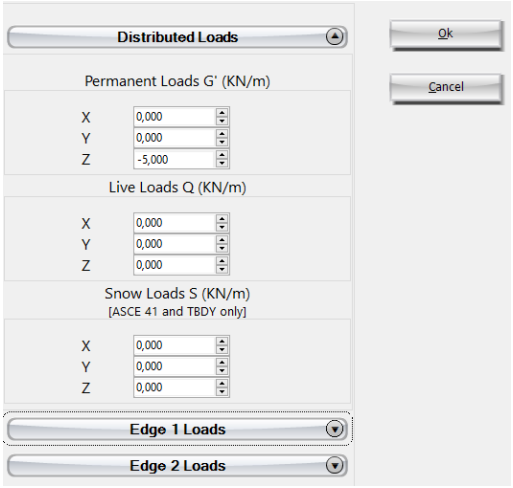
Sınır Koşulları

Malzeme özellikleri, ana menüden (*Araçlar> Malzeme Setlerini Tanımla*) ile, ilgili araç çubuğu butonu veya elemanın Özellikler Penceresi içerisindeki *Malzeme Setlerini Tanımla* düğmesi aracılığıyla tanımlanabilir. Malzeme özellikleri tanımı için gerekli değerler, elemanların türlerine bağlıdır (ör. mevcut veya yeni elemanlar). Varsayılan olarak, biri mevcut elemanlar için diğeri ise yeni elemanlar için olmak üzere, iki malzeme tertibi vardır.



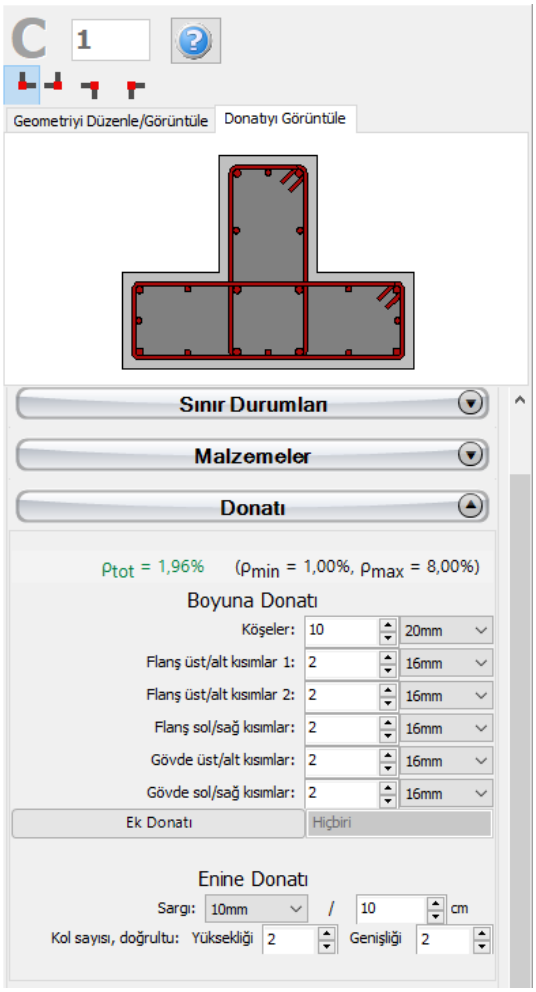
Malzemeler

Ek yükler, Dağıtılmış ve Kenar Yükleri düğmesine tıklanarak tanımlanabilir. Kullanıcılar, eleman uzunluğu boyunca tüm üç translasyonel yönde (X, Y veya Z) düzgün dağılmış kuvvetler ve elemanın iki kenarından birinde (alt veya üst) herhangi bir translasyonel veya dönme yönünde (X, Y, Z, RX, RY veya RZ) kuvvetler veya momentler tanımlayabilir. Ek sabit yükler G' (yapının kendi ağırlığıyla ilişkili olmayan), hareketli yükler Q ve kar yükleri S uygulanabilir; bu yüklerden sonuncusu yalnızca ASCE 41 ve TBDY için geçerlidir. Varsayılan olarak, tüm yükler sıfırdır.



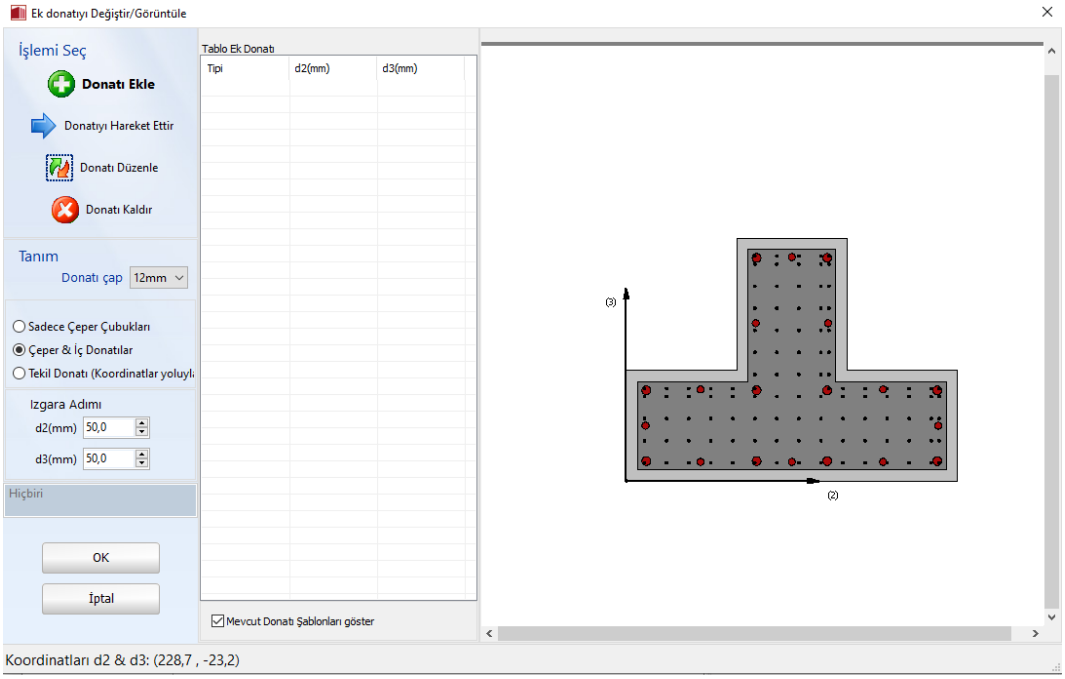
Dağıtılmış ve Kenar Yükleri Penceresi

Ayrıca, boyuna ve enine donatı, ilgili donatı modeli kontrolleri düzenlenerek tanımlanabilir.



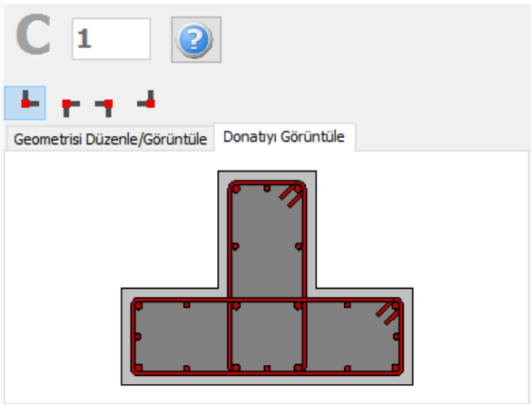
Donatı Şablonu

Tekil boyuna donatı çubukları ekleme işlemi, ilgili Ek Donatılar modülü aracılığıyla yapılabilir. Ek donatı şekilde gösterildiği gibi grafiksel olarak da eklenebilir:



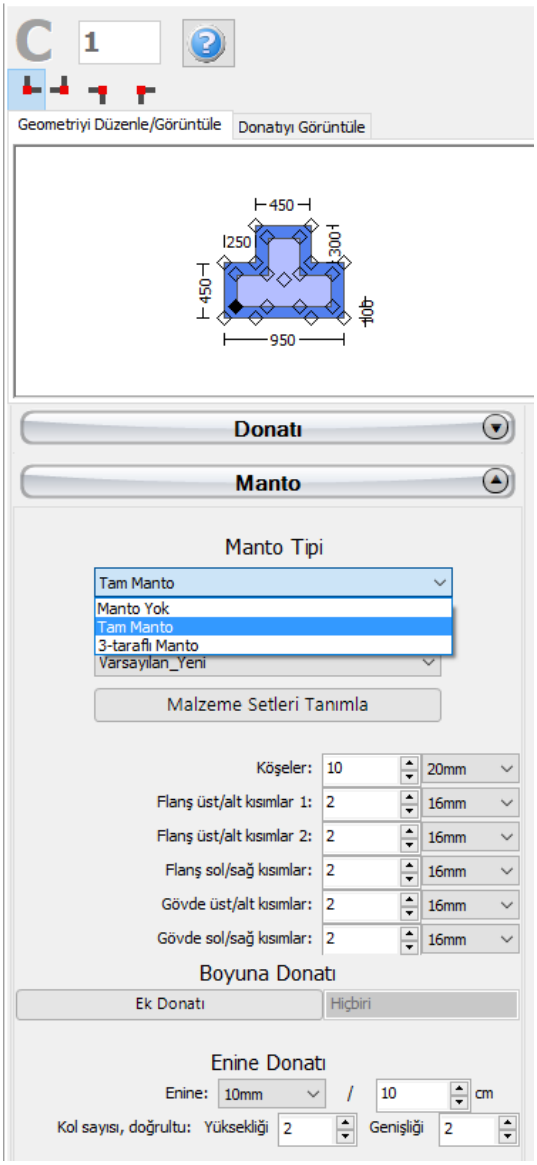
Ek donatıları görüntüleme/düzenleme penceresi

Kullanıcılar, Özellikler Penceresi'nden kesit donatısının görüntülendiği Donatı Görüntüle ile kesitin boyutlarının görüntülenebildiği ve değiştirilebildiği Geometriyi Görüntüle/Değiştir arasında seçim yapabilirler.



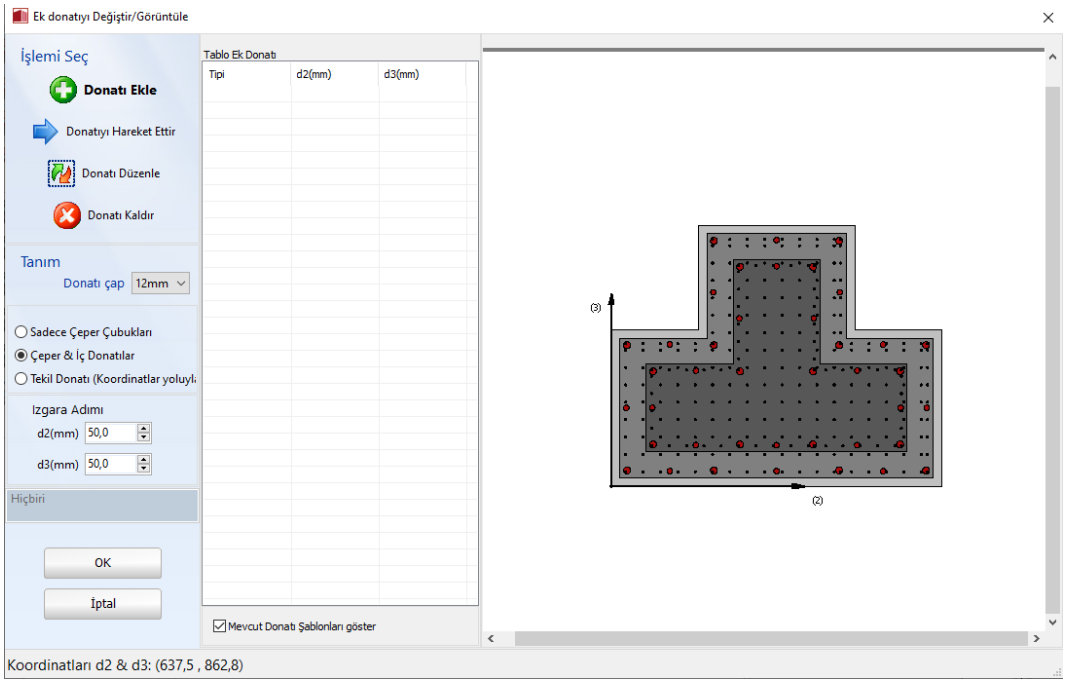
Donatı Görünümü

Mantolama tipi seçilerek Mantolama bölgesindeki kesite yani tam veya 3 taraflı mantolama, ve malzeme setinin ve mantolamanın boyuna ve enine takviyesinin atanarak mantolama uygulanabilir.



Mantolama

Mantolamaya tekli uzunlamasına donatı çubuklarının eklenmesi, aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi, ek donatı bölümün hem mevcut hem de yeni kısmına grafiksel olarak eklenebildiği Ek Donatılar modülü aracılığıyla da gerçekleştirilebilir:



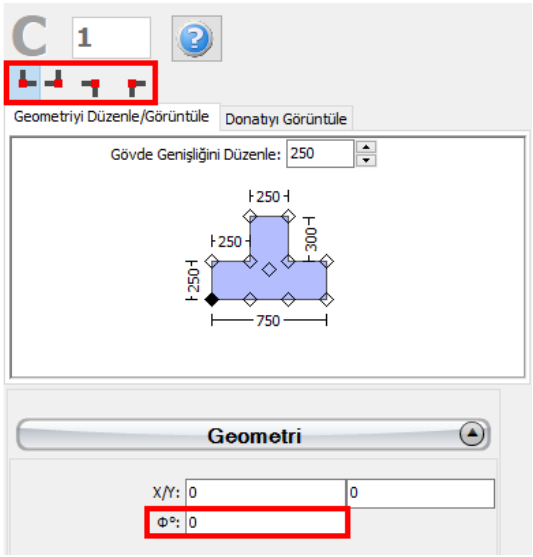
Ek donatıları görüntüleme/düzenleme penceresi

Dahası, FRP sargılar, kullanıcıların piyasada bulunan en yaygın ürünlerin listesinden FRP sargısını seçebileceği veya kullanıcı tanımlı değerler sunabileceği FRP Sargı modülü aracılığıyla kolon elemanlarına atanabilir.

Yapısal elemanın koda dayalı ayarları, Gelişmiş Eleman Özellikleri diyalog kutusu aracılığıyla da tanımlanabilir. Elemanın modelleme parametreleri, ilgili buton ile erişilen Modelleme Parametreleri iletişim kutusundan tanımlanabilir.

NOT: Kesit mantolandığında, *Gelişmiş Eleman Özellikleri* modülünde kullanıcılar, bölümün tamamını, yani hem mevcut hem de yeni parçaları hesaba katmak için parametreler üzerinde kararlar almalıdır.

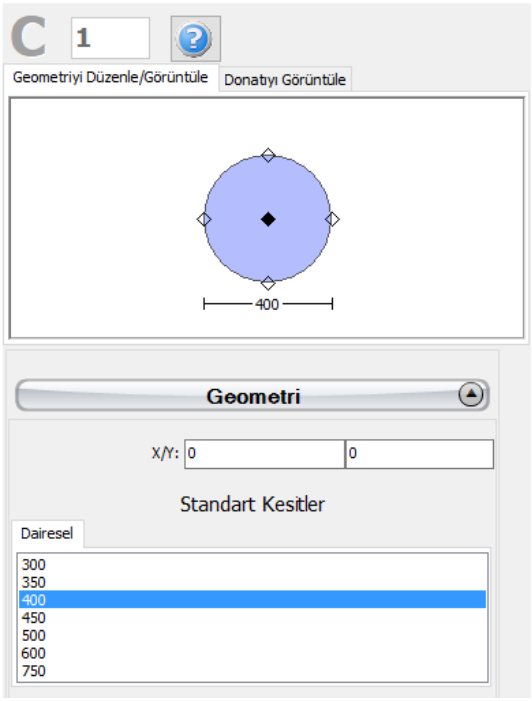
Tüm kesit özellikleri tanımlandıktan sonra, eleman Yapı Modelleyici Ana Penceresi üzerine bir fare tıklaması ile eklenebilir. Plan görüntüsü üzerinde, kesitin dönme ve ekleme noktası (fare tıklaması konumuna karşılık gelen kesit noktası) seçilebilir.



Kesitin ekleme noktası ve plan görünümünde döndürülmesinin seçimi

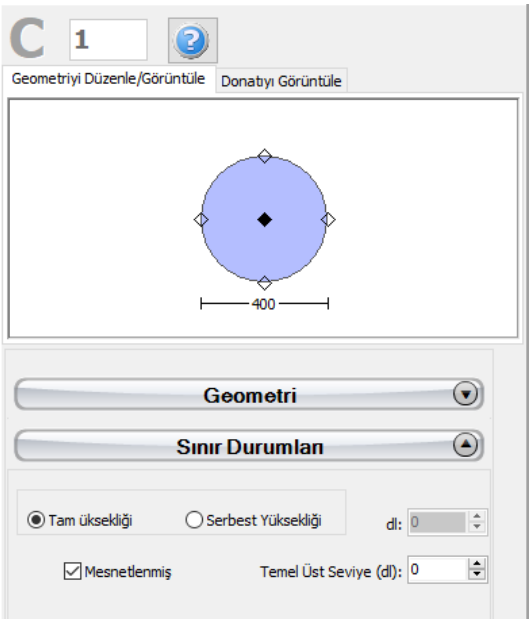
Dairesel Kolon

Dairesel kolonlar, ana menüden (*Ekle >Dairesel Kolon)* veya ilgili araç çubuğu butonu aracılığıyla eklenebilir. Beliren Özellikler Penceresi'nden, kullanıcılar ya Geometriyi Görüntüle/Düzenle penceresinden ya da önceden tanımlanmış standart kesitlerden bir kesit seçerek kesit boyutlarını belirleyebilirler.



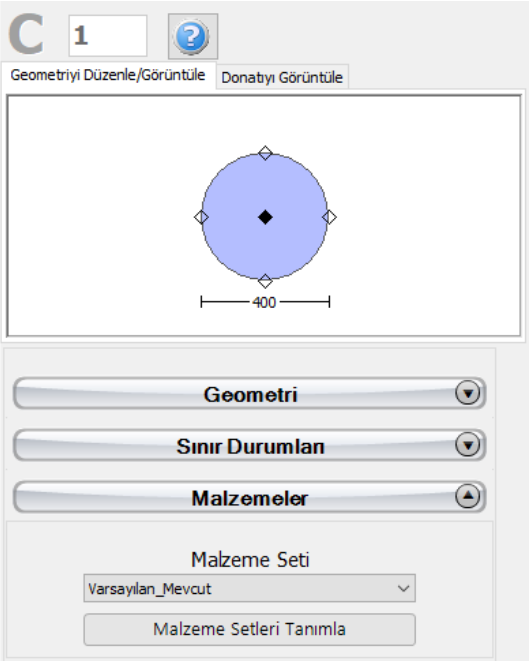
Kesit boyutlarını düzenle

Kolon uzunluğu, serbest uzunluk seçeneğinin seçilmesi ve farklı uzunluk atanması aracılığıyla kat yüksekliğinden farklı olarak da tanımlanabilir. Öteki yandan, eğer tam uzunluk seçilirse, eleman kat yüksekliğiyle aynı yükseklikte olur. Ek olarak, kolonun temel seviyesi de uyarlanabilir, böylece kullanıcı birbirinden farklı temel seviyelerini oluşturabilir.



Sınır Koşulları

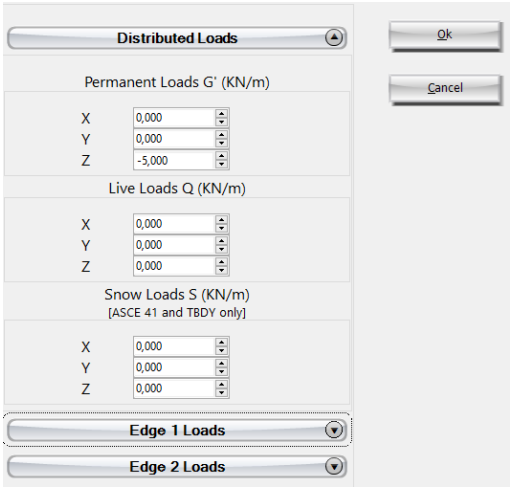
Malzeme özellikleri, ana menüden (*Araçlar> Malzeme Setlerini Tanımla*) ile, ilgili araç çubuğu butonu veya elemanın Özellikler Penceresi içerisindeki *Malzeme Setlerini Tanımla* düğmesi aracılığıyla tanımlanabilir. Malzeme özellikleri tanımı için gerekli değerler, elemanların türlerine bağlıdır (ör. mevcut veya yeni elemanlar). Varsayılan olarak, biri mevcut elemanlar için diğeri ise yeni elemanlar için olmak üzere, iki malzeme tertibi vardır.



Malzemeler

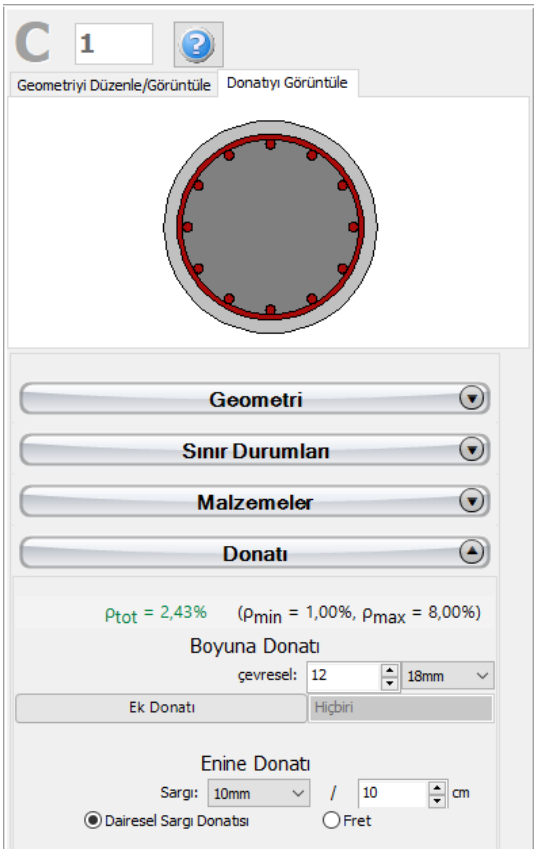
Ek yükler, Dağıtılmış ve Kenar Yükleri düğmesine tıklanarak tanımlanabilir. Kullanıcılar, eleman uzunluğu boyunca tüm üç translasyonel yönde (X, Y veya Z) düzgün dağılmış kuvvetler ve elemanın iki kenarından birinde (alt veya üst) herhangi bir translasyonel veya dönme yönünde (X, Y, Z, RX, RY veya RZ) kuvvetler veya momentler tanımlayabilir. Ek sabit yükler G' (yapının kendi ağırlığıyla ilişkili

olmayan), hareketli yükler Q ve kar yükleri S uygulanabilir; bu yüklerden sonuncusu yalnızca ASCE 41 ve TBDY için geçerlidir. Varsayılan olarak, tüm yükler sıfırdır.



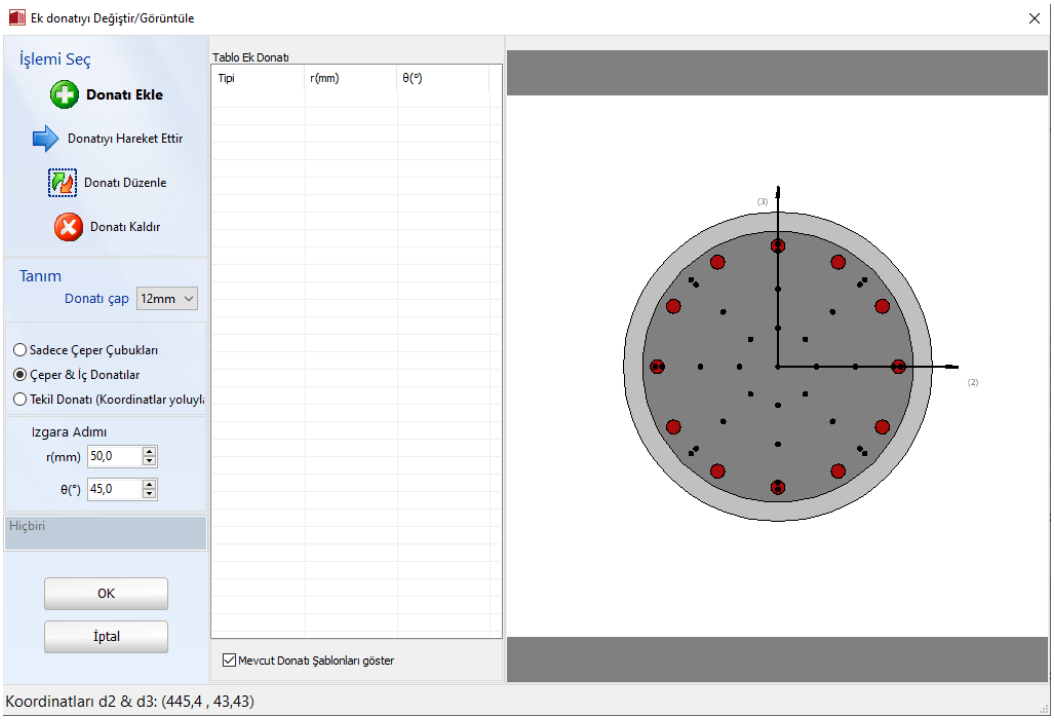
Dağıtılmış ve Kenar Yükleri Penceresi

Ayrıca, boyuna ve enine donatı, ilgili donatı modeli kontrolleri düzenlenerek tanımlanabilir.



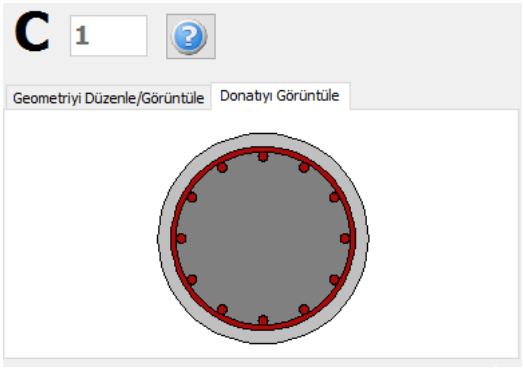
Donatı Şablonu

Tekil boyuna donatı çubukları ekleme işlemi, ilgili Ek Donatılar modülü aracılığıyla yapılabilir. Ek donatı şekilde gösterildiği gibi grafiksel olarak da eklenebilir:



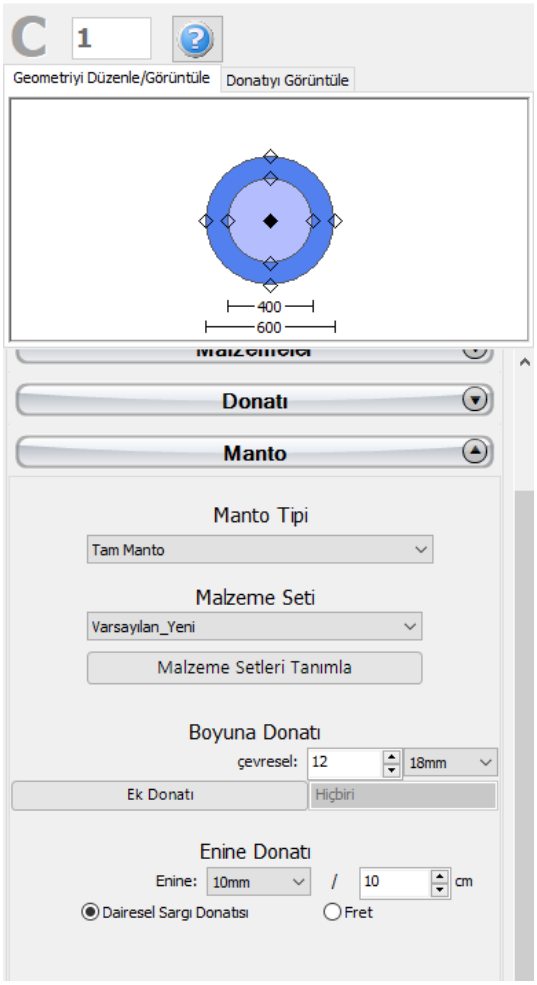
Ek donatıyı düzenle/görüntüle penceresi

Kullanıcılar, Özellikler Penceresi'nden kesit donatısının görüntülendiği Donatı Görüntüle ile kesitin boyutlarının görüntülenebildiği ve değiştirilebildiği Geometriyi Görüntüle/Değiştir arasında seçim yapabilirler.



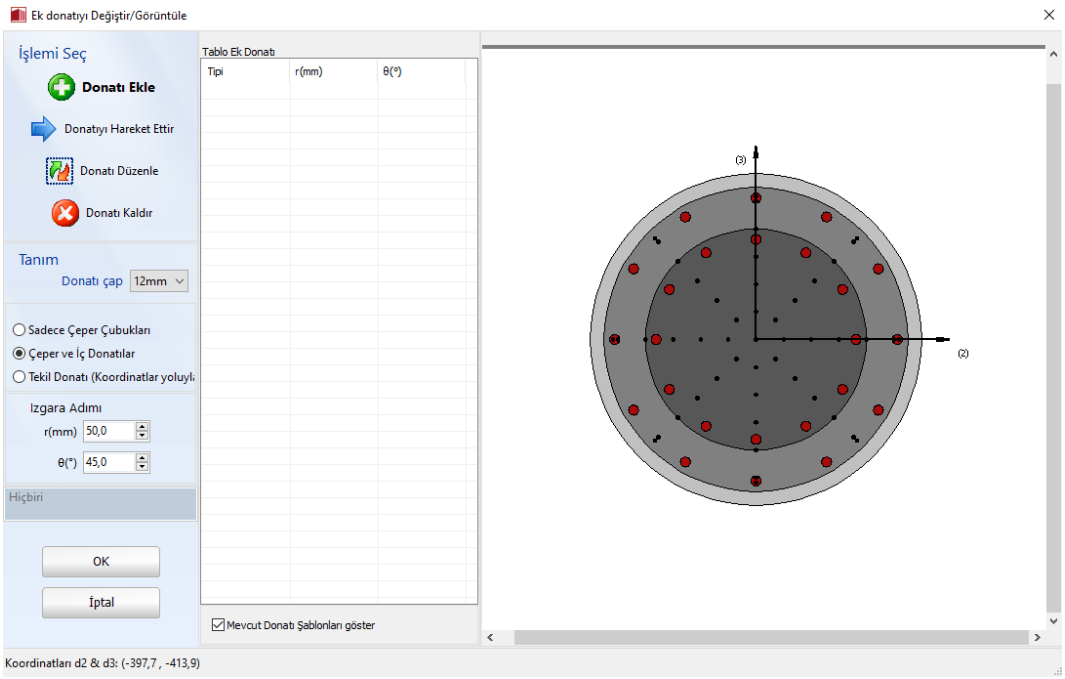
Donatı Görünümü

Mantolama tipi seçilerek Mantolama bölgesindeki kesite yani tam mantolama, ve malzeme setinin ve mantolamanın boyuna ve enine takviyesinin atanarak mantolama uygulanabilir.



Mantolama

Mantolamaya tekli uzunlamasına donatı çubuklarının eklenmesi, aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi, ek donatı bölümün hem mevcut hem de yeni kısmına grafiksel olarak eklenebildiği Ek Donatılar modülü aracılığıyla da gerçekleştirilebilir:



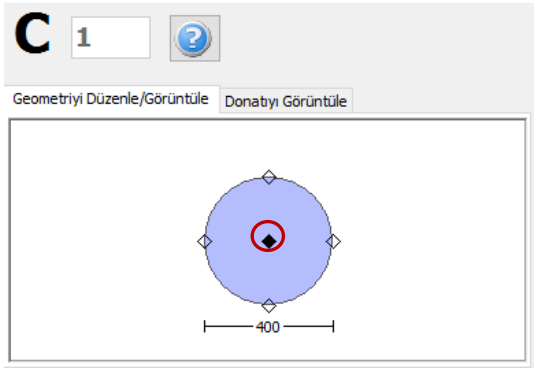
Ek donatı görüntüle/düzenle penceresi

Dahası, FRP sargılar, kullanıcıların piyasada bulunan en yaygın ürünlerin listesinden FRP sargısını seçebileceği veya kullanıcı tanımlı değerler sunabileceği FRP Sargı modülü aracılığıyla kolon elemanlarına atanabilir.

Yapısal elemanın koda dayalı ayarları, Gelişmiş Eleman Özellikleri diyalog kutusu aracılığıyla da tanımlanabilir. Elemanın modelleme parametreleri, ilgili buton ile erişilen Modelleme Parametreleri iletişim kutusundan tanımlanabilir.

NOT: Kesit mantolandığında, *Gelişmiş Eleman Özellikleri* modülünde kullanıcılar, bölümün tamamını, yani hem mevcut hem de yeni parçaları hesaba katmak için parametreler üzerinde kararlar almalıdır.

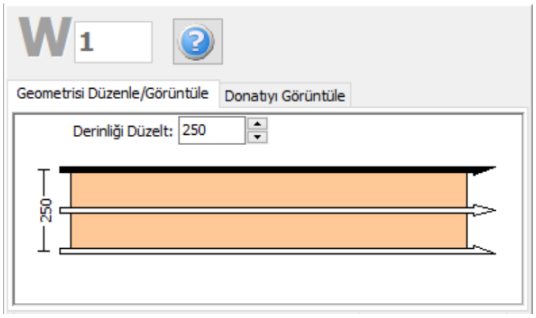
Tüm kesit özellikleri tanımlandıktan sonra, eleman Yapı Modelleyici Ana Penceresi üzerine bir fare tıklaması ile eklenebilir. Plan görüntüsü üzerinde, kesitin dönme ve ekleme noktası (fare tıklaması konumuna karşılık gelen kesit noktası) seçilebilir.



Kesitin ekleme noktasının seçimi

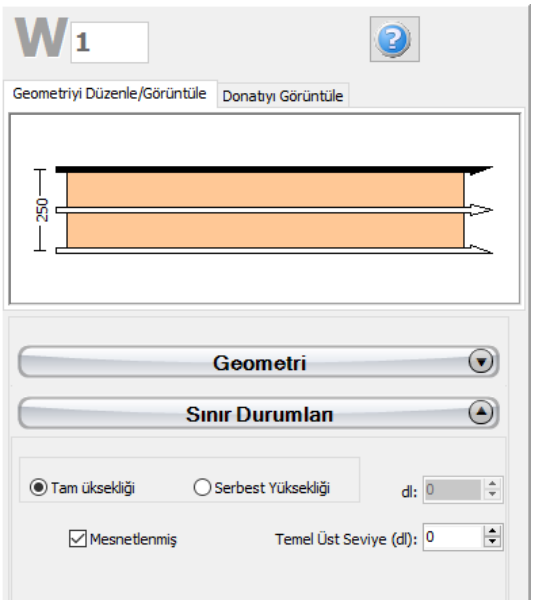
Duvar

Duvarlar, ana menüden (*Ekle >Duvar*) veya ilgili araç çubuğu  aracılığıyla eklenebilir. Kullanıcılar, beliren Özellikler Penceresi üzerinde, Görüntüle/Düzenle penceresindenkesit genişliğini değiştirebilirler. Ancak; uzunluk, başlangıç ve bitiş olarak iki noktanın belirtilmesiyle grafiksel olarak tanımlanır. Başlangıçta, duvar benzeri kolonların genişliği, azami değer 600 mm olacak şekilde otomatik olarak toplam duvar uzunluğunun beşte biri (1/5) olarak hesaplanır. Duvar eklendikten sonra, duvar, duvar Özellikler Penceresinden düzenlenebilir.



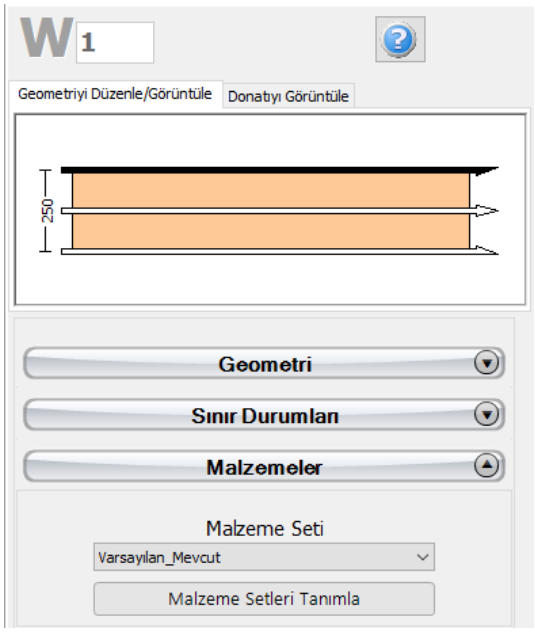
Kesit boyutlarının düzenlenmesi

Duvar yüksekliği, serbest uzunluk seçeneğinin seçilmesi ve farklı uzunluk atanması aracılığıyla kat yüksekliğinden farklı olarak da tanımlanabilir. Öteki yandan, eğer tam uzunluk seçilirse, eleman kat yüksekliğiyle aynı yükseklikte olur. Ek olarak, kolonun temel seviyesi de uyarlanabilir, böylece kullanıcı birbirinden farklı temel seviyelerini oluşturabilir.



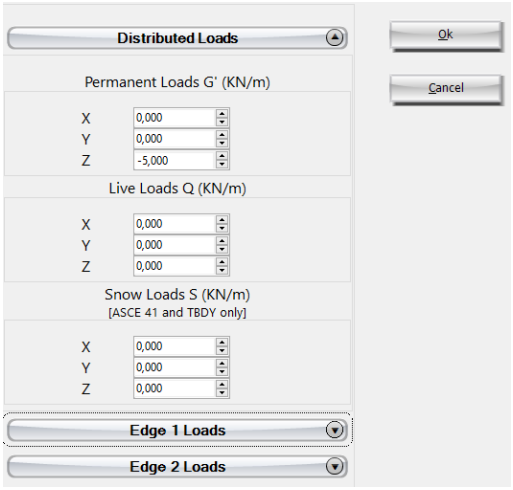
Sınır Koşulları

Malzeme özellikleri, ana menüden (*Araçlar> Malzeme Setlerini Tanımla*) ile, ilgili araç çubuğu butonu  veya elemanın Özellikler Penceresi içerisindeki Malzeme Setlerini Tanımla butonu aracılığıyla tanımlanabilir. malzeme özellikleri tanımı için gerekli değerler, elemanların türlerine bağlıdır, ör. mevcut veya yeni elemanlar. Varsayılan olarak, biri mevcut elemanlar için diğeri ise yeni elemanlar için olmak üzere, iki malzeme tertibi vardır.



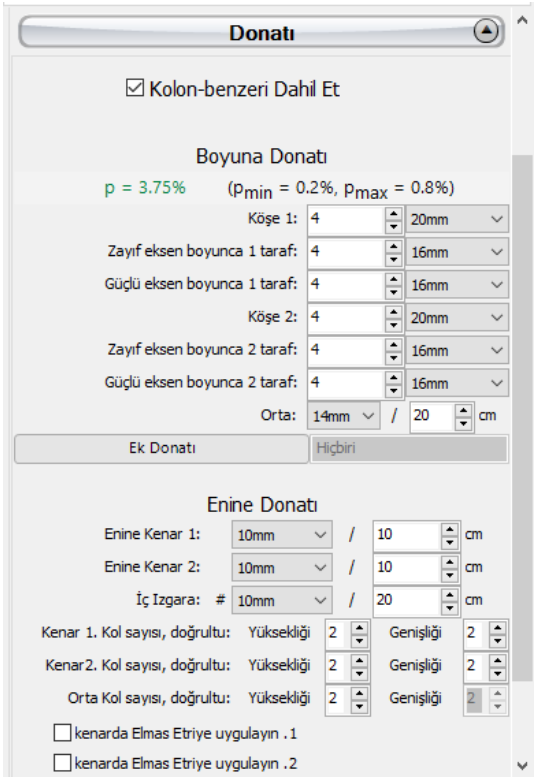
Malzemeler

Ek yükler, Dağıtılmış ve Kenar Yükleri düğmesine tıklanarak tanımlanabilir. Kullanıcılar, eleman uzunluğu boyunca tüm üç translasyonel yönde (X, Y veya Z) düzgün dağılmış kuvvetler ve elemanın iki kenarından birinde (alt veya üst) herhangi bir translasyonel veya dönme yönünde (X, Y, Z, RX, RY veya RZ) kuvvetler veya momentler tanımlayabilir. Ek sabit yükler G' (yapının kendi ağırlığıyla ilişkili olmayan), hareketli yükler Q ve kar yükleri S uygulanabilir; bu yüklerden sonuncusu yalnızca ASCE 41 ve TBDY için geçerlidir. Varsayılan olarak, tüm yükler sıfırdır.



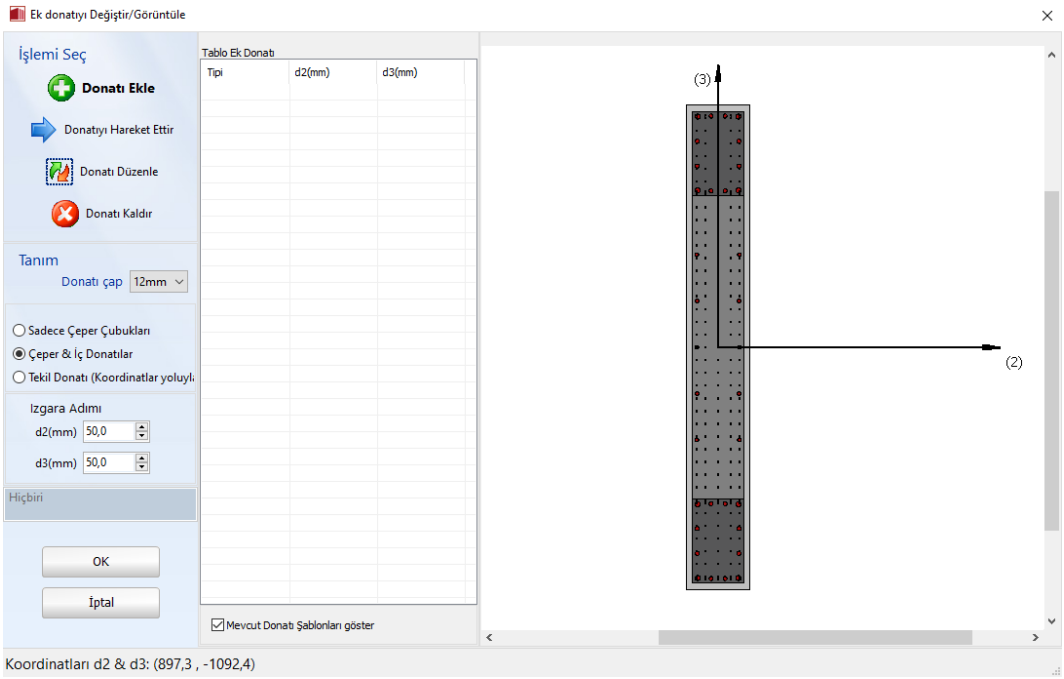
Dağıtılmış ve Kenar Yükleri Penceresi

Ayrıca, donatı alanında pseudo kolonları dahil etme seçeneği mevcuttur ve boyuna ve enine donatı, ilgili donatı modeli kontrolleri düzenlenerek tanımlanabilir.



Donatı şablonu

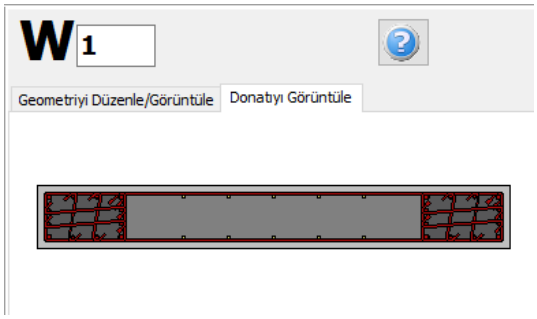
Tekil boyuna donatı çubukları ekleme işlemi, ilgili Ek Donatılar modülü aracılığıyla yapılabilir. Ek donatı şekilde gösterildiği gibi grafiksel olarak da eklenebilir:



Ek donatıyı düzenle/görüntüle penceresi

NOT: Ek Donatılar modülüyle boyuna donatı çubukları eklemek için, kullanıcılar ilk olarak modele, duvar boyutlarını tamamen tanımlamak için, duvar kesitini eklemelidir.

Kullanıcılar, Özellikler Penceresi'nden kesit donatısının görüntülendiği Donatı Görüntüle ile kesitin boyutlarının görüntülenebildiği ve değiştirilebildiği Geometriyi Görüntüle/Değiştir arasında seçim yapabilirler.

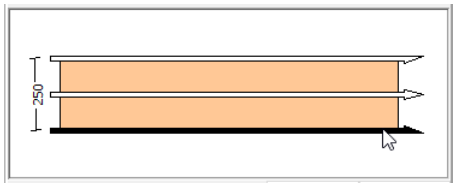


Donatı Görünümü

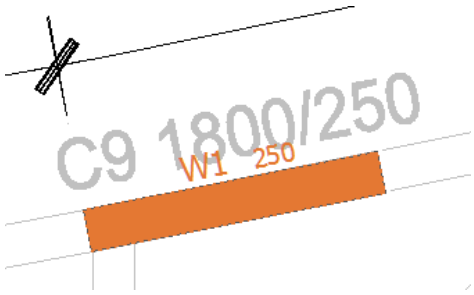
Dahası, FRP sargılar, kullanıcıların piyasada bulunan en yaygın ürünlerin listesinden FRP sargısını seçebileceği veya kullanıcı tanımlı değerler sunabileceği FRP Sargı modülü aracılığıyla kolon elemanlarına atanabilir.

Yapısal elemanın koda dayalı ayarları, Gelişmiş Eleman Özellikleri diyalog kutusu aracılığıyla da tanımlanabilir. Elemanın modelleme parametreleri, ilgili buton ile erişilen Modelleme Parametreleri iletişim kutusundan tanımlanabilir.

Eleman tanımlamak için tek fare tıklamasının yeterli olduğu kolonların tanımının aksine, duvar kesitlerinde, Yapı modelleyici Penceresi üzerinde iki nokta belirtilmelidir. Eklenen çizgi, duvarın merkezindeveya iki kenarı arasında olabilir; bu, Geometriyi Görüntüle/ Düzenle penceresinde herhangi üç çizgiye tıklanması ile olabilir (siyah çizgiseçili seçenektir).



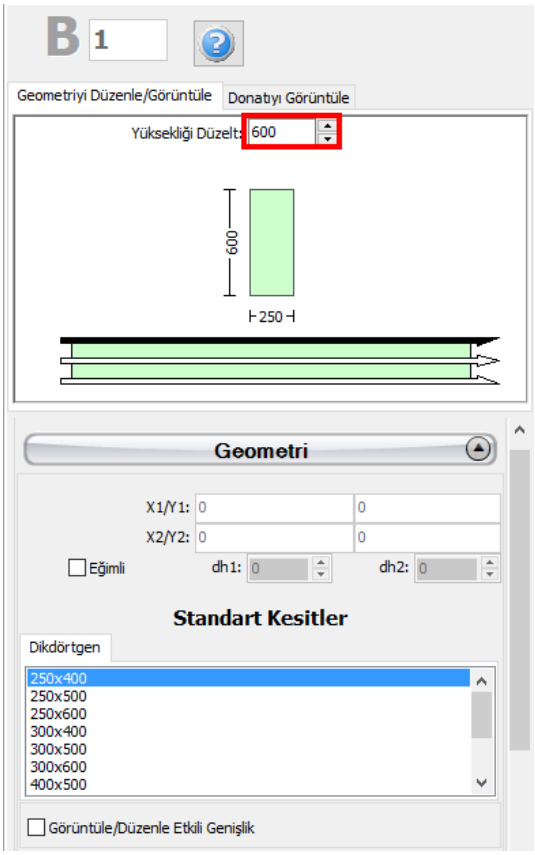
Ekleme çizgisinin seçimi



Duvar eklenmesi

Kiriş

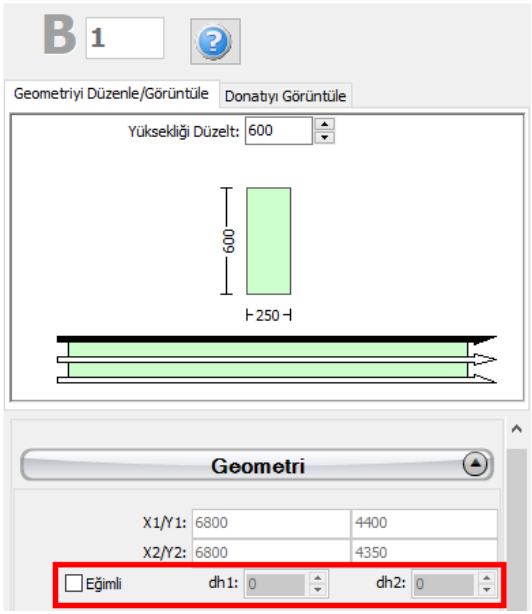
Kirişler, ana menüden (*Ekle >Kiriş)* veya ilgili araç çubuğu butonu aracılığıyla eklenebilir. Beliren Özellikler Penceresi'nden, kullanıcılar ya Geometriyi Görüntüle/Düzenle penceresinden ya da önceden tanımlanmış standart kesitlerden bir kesit seçerek kesit boyutlarını belirleyebilirler.



Kesit boyutlarını düzenle

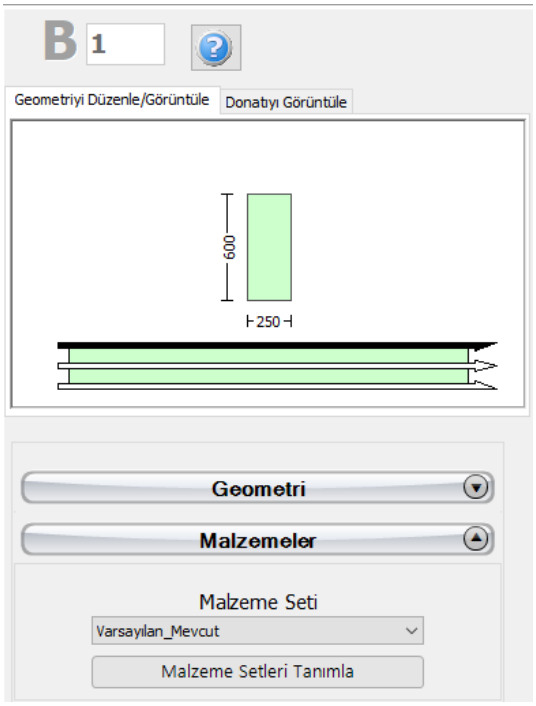
Eğimli kirişler, kat yüksekliğine göre iki kiriş ucunun yükseklik farkını belirterek modellenebilir. Sonrasında, destekleyici kolonların yüksekliği otomatik olarak ayarlanır.

NOT 1: Kirişlerin, farklı yüksekliklerde aynı kolon ile desteklenmesi durumunda, program otomatik olarak kolon elemanını parçalara ayırır, böylece oluşturulan kısa kolonlar etkili bir şekilde simüle edilir.



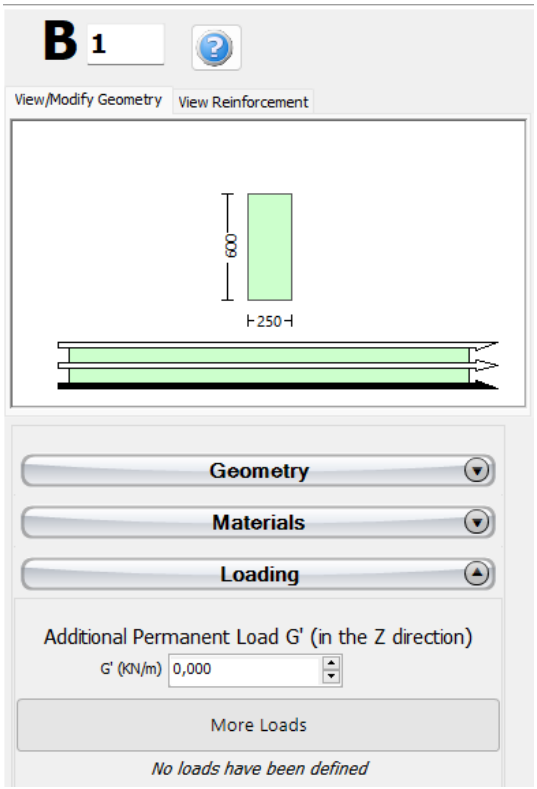
Eğimli kiriş

Malzeme özellikleri, ana menüden (*Araçlar> Malzeme Setlerini Tanımla*) ile, ilgili araç çubuğu butonu veya elemanın Özellikler Penceresi içerisindeki *Malzeme Setlerini Tanımla* butonu aracılığıyla tanımlanabilir. Malzeme özellikleri tanımı için gerekli değerler, elemanların türlerine bağlıdır, ör. mevcut veya yeni elemanlar. Varsayılan olarak, biri mevcut elemanlar için diğeri ise yeni elemanlar için olmak üzere, iki malzeme tertibi vardır.



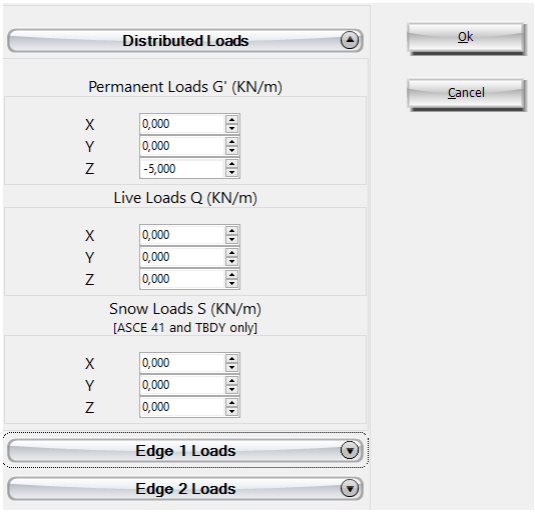
Malzemeler

Kirişlerin kesitleri modülüne, yapının zati ağırlığıyla ilişkilendirilmeyen herhangi bir yük (ör. ince işler, dolgular, değişken yük, vb.) tanımlamak için ek kalıcı yayılı yük atanabilir.



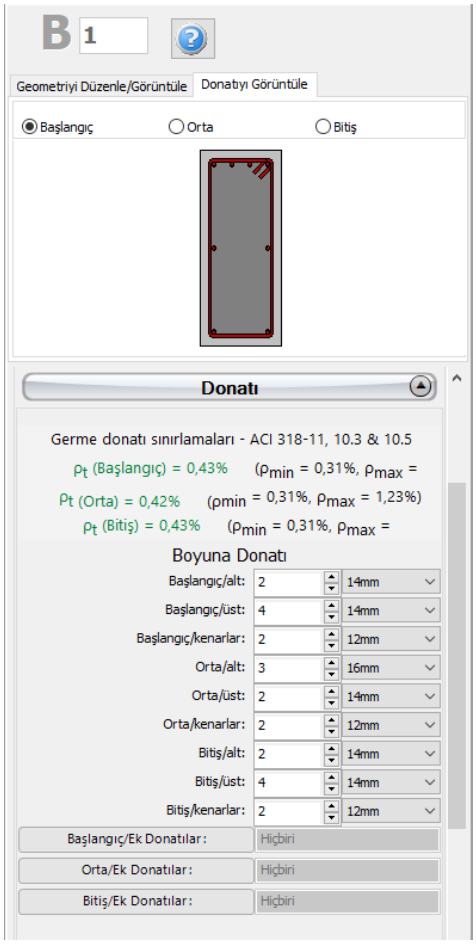
Yükleme

Ayrıca, yükler Daha Fazla Yük butonuna tıklayarak tanımlanabilir. Kullanıcılar, elemanın uzunluğu boyunca tüm üç çevirme yönü (X, Y, Z) ile düzgün dağıtılmış kuvvetler tanımlayabilir, ve elemanın iki kenarından birinde (başlangıç veya bitiş) herhangi bir çevirme veya dönme yönünde (X, Y, Z, RX, RY veya RZ) kuvvetler veya momentler uygulayabilir. Ek olarak, yapının kendi ağırlığıyla ilişkili olmayan sabit yükler G' (eklenmiş), canlı yükler Q ve kar yükleri S uygulanabilir; bunlardan sonuncusu yalnızca ASCE 41 ve TBDY'ye uygulanır. Varsayılan olarak, tüm yükler sıfır kabul edilir.



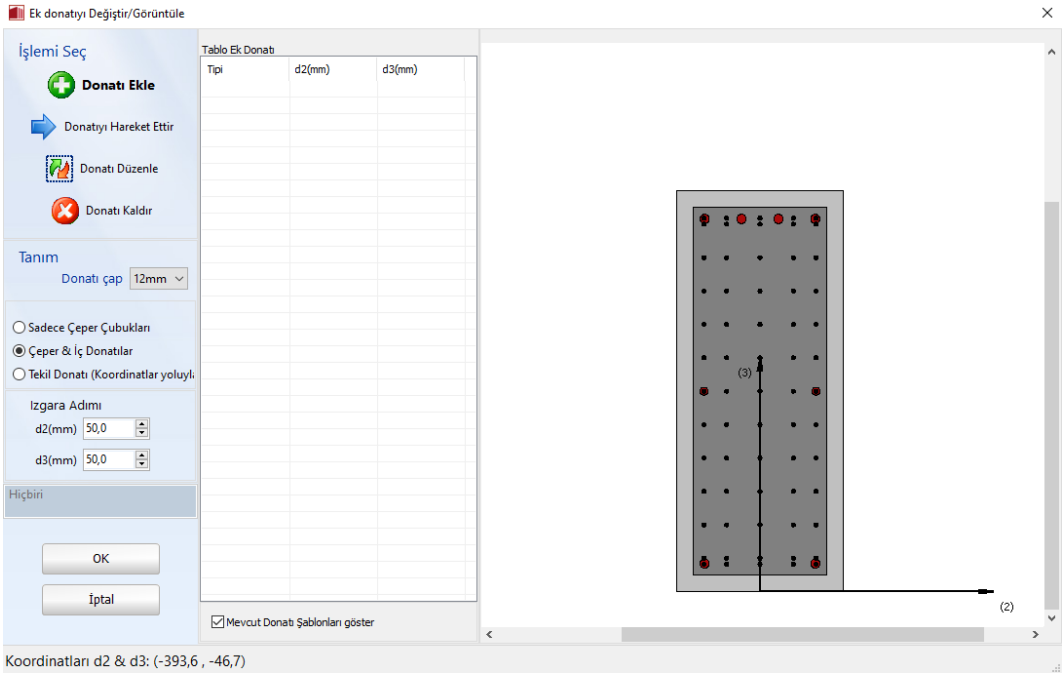
Dağıtılmış ve Kenar Yükleri Penceresi

Dahası, boyuna ve enine donatı, ilgili donatı şablonlarını düzenleyerek tanımlanabilir. Farklı donatı şablonları, kirişin iki ucuna ve ortasına tanımlanabilir.



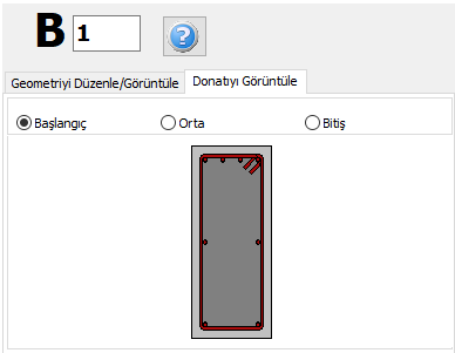
Donatı şablonu

Tekil boyuna donatı çubukları ekleme işlemi, ilgili Ek Donatılar modülü aracılığıyla yapılabilir. Ek donatı şekilde gösterildiği gibi grafiksel olarak da eklenebilir:

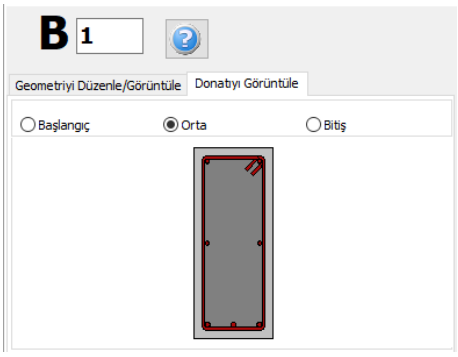


Ek donatıyı düzenle/görüntüle penceresi

Kullanıcılar, Özellikler Penceresi'nden donatının başlangıç, orta ve bitiş kesitlerinin görüntülendiği Donatı Görüntüle ile kesitin boyutlarının görüntülenebildiği ve değiştirilebildiği Geometriyi Görüntüle/Değiştir arasında seçim yapabilirler.

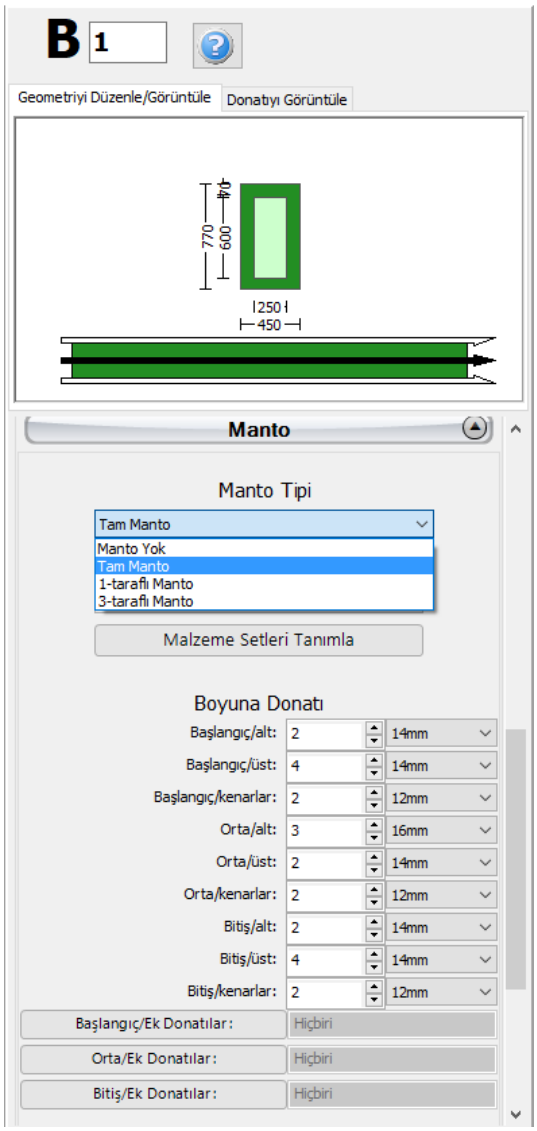


Kiriş başındaki kesit donatısı



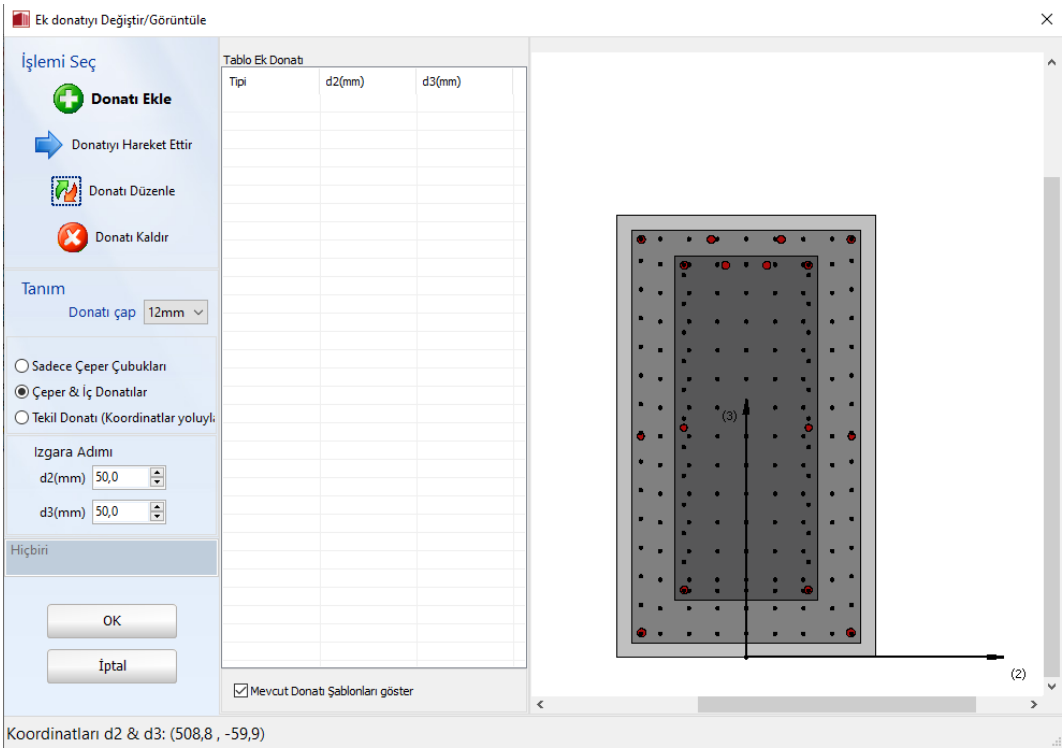
Kiriş ortasındaki kesit donatısı

Mantolama tipi seçilerek Mantolama bölgesindeki kesite yani tam manto, 1 taraflı, 2 taraflı veya 3 taraflı mantolama, ve malzeme setinin ve mantolamanın boyuna ve enine takviyesinin atanarak mantolama uygulanabilir.



Mantolama

Mantolamaya tekli uzunlamasına donatı çubuklarının eklenmesi, aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi, ek donatı bölümün hem mevcut hem de yeni kısmına grafiksel olarak eklenebildiği Ek Donatılar modülü aracılığıyla da gerçekleştirilebilir:

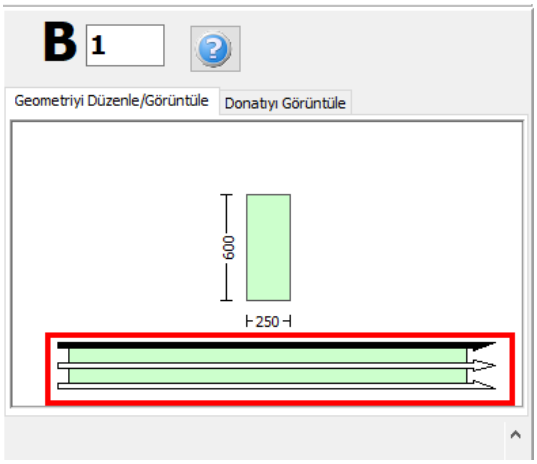


Ek donatıyı düzenle/görüntüle penceresi

Yapısal elemanın koda dayalı ayarları, Gelişmiş Eleman Özellikleri diyalog kutusu aracılığıyla da tanımlanabilir. Elemanın modelleme parametreleri, ilgili buton ile erişilen Modelleme Parametreleri iletişim kutusundan tanımlanabilir.

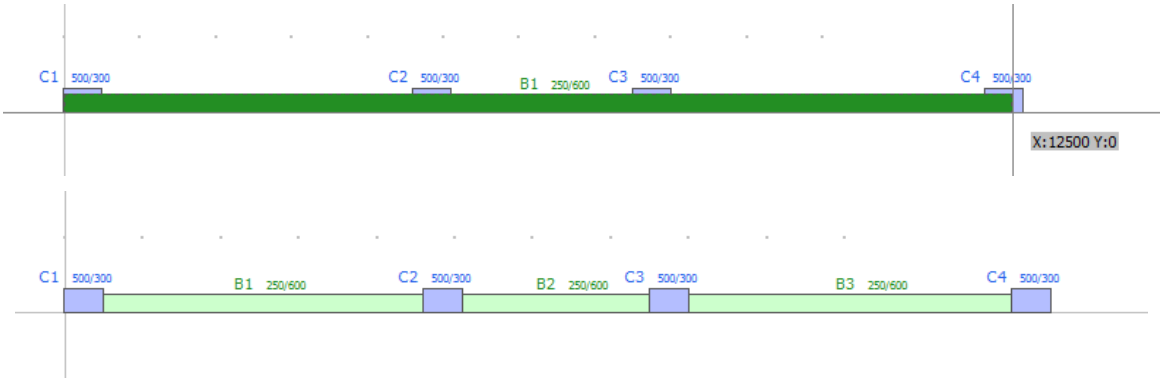
NOT 2: Kesit mantolandığında, *Gelişmiş Eleman Özellikleri* modülünde kullanıcılar, bölümün tamamını, yani hem mevcut hem de yeni parçaları hesaba katmak için parametreler üzerinde kararlar almalıdır.

Duvarlara benzer bir tarzda, kiriş tanımı için, Ana Pencere üzerinde iki nokta belirtilmelidir.Eklenen kirişin çizgi merkezinde veya iki kenarı arasında olabilir; bu, Geometriyi Görüntüle/ Düzenle penceresinde herhangi üç çizgiye tıklanması ile olabilir (siyah çizgiseçili seçenektir).



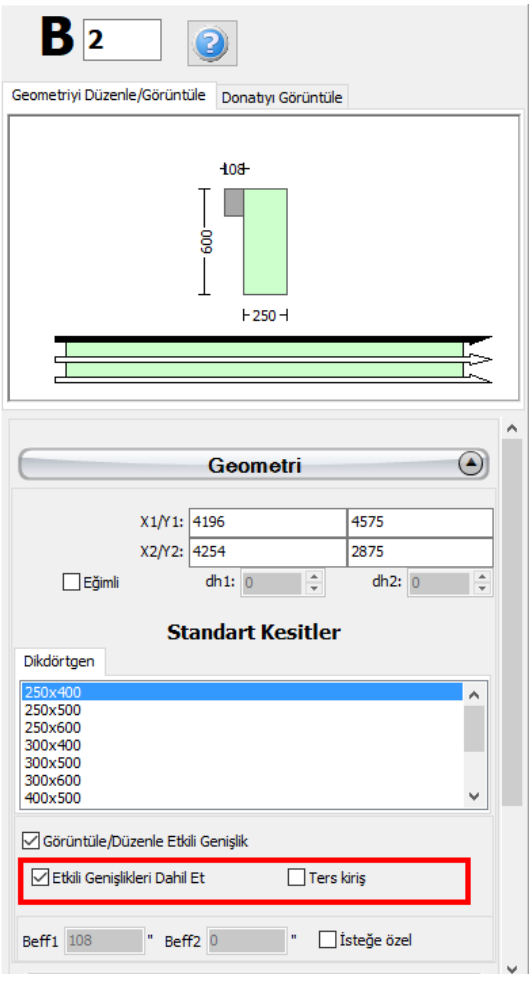
Kesitin ekleme noktasının seçimi

Çizilen bir kiriş, mevcut bir kolon veya duvarı kestiğinde, otomatik olarak parçalara ayrılır ve dolayısıyla, iki eleman yaratılmış olur. Sonuç olarak,bir sıra içindeki birden çok kiriş sadece iki fare tıklaması ile tanımlanabilir.



Üç kirişin tek hamlede eklenmesi

Döşemelerin tanımlanmasından sonra, kirişlerin Özellikler Penceresi'nin Geometri alanında iki ek seçenek belirebilir: (i)kirişin efektif (etkili) genişliğini hesapların içine dahil etmeyi veya etmemenin seçilmesi ve (ii) kirişin ters çevrilip çevrilmeyeceğinin seçilmesi. Efektif genişlik, program tarafından otomatik olarak hesaplanır ancak kullanıcı tarafından da değiştirilibilir.



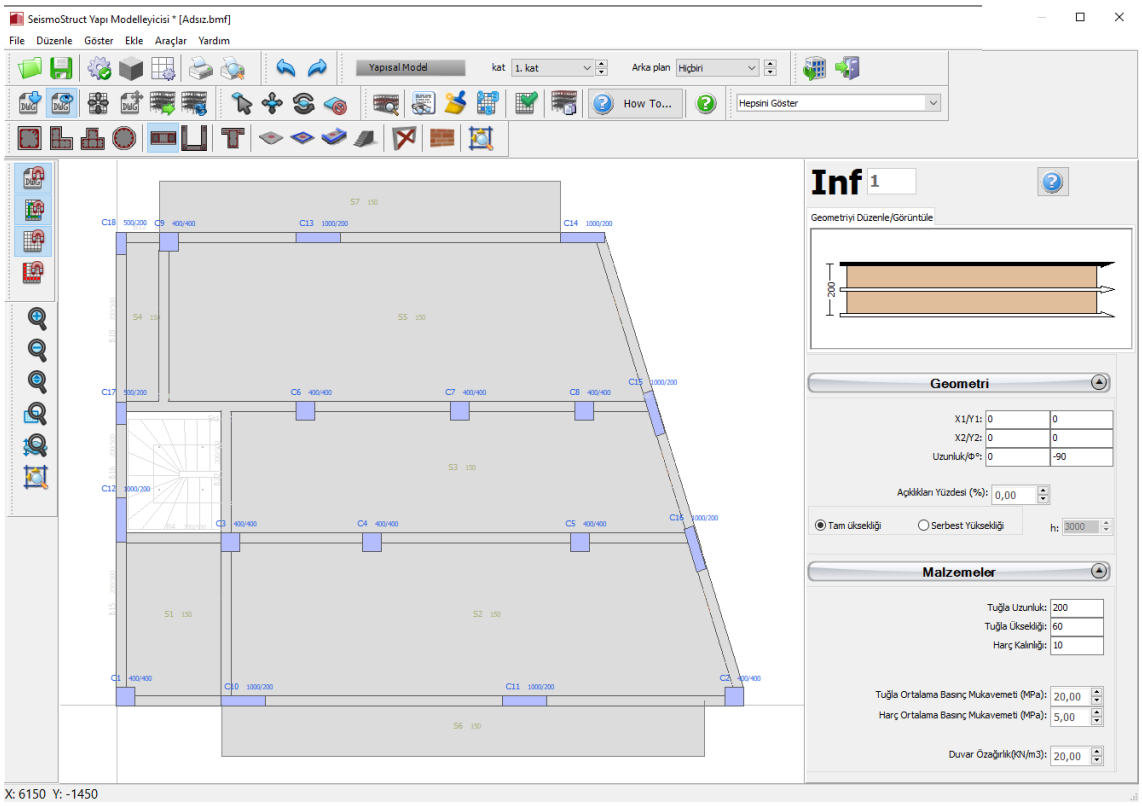
Kiriş Özellikleri penceresi (döşeme tanımından sonra)

Dolgu Duvarlar

Dolgu duvarlar ana menüden (Ekle > Dolgu Ekle) veya ilgili araç çubuğu butonu  aracılığıyla eklenebilir. Açılan Özellikler Penceresinde, kullanıcılar yeni dolgunun sağlamlığını ve rijitliğini etkileyen ana parametreleri uyarlayabilir.

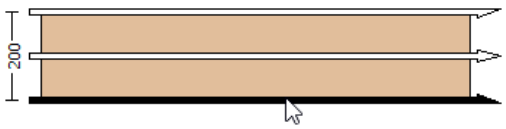
(i) Tuğla boyutları, uzunluğu ve yüksekliği
(ii) Harç kalınlığı
(iii) Tuğla ve harç basınç dayanımları
(iv) Duvardaki açıklıkların yüzdesi ve
(v) Duvar özgül ağırlığı.

Serbest Yükseklik radyo düğmesinin seçilmesi ve yüksekliğinin atanması yoluyla genel kat yüksekliğinden farklı bir dolgu yüksekliği tanımlamak mümkündür. Bu seçenek seçildiğinde, komşu kolonlar program tarafından otomatik olarak daha kısa elemanlara ayrılır. Ek olarak, Tam Yükseklik radyo düğmesi seçilirse, eleman kat yüksekliği ile aynı yüksekliğe sahip olur.

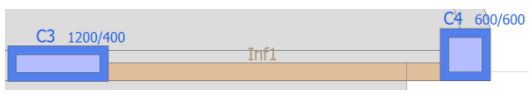


Dolgu parametrelerini düzenle

Yapı Modelleyici Penceresinde duvar ve kirişlerde olduğu gibi fare ile iki noktanın ana hatları çizilmelidir. Ekleme çizgisi, dolgunun ortasında veya iki yanından birinde yer alabilir; bu, Geometriyi Görüntüle/Değiştir penceresindeki üç çizgiden herhangi birine tıklanarak belirlenebilir (seçili seçenek siyah çizgidir).



Ekleme çizgisini seç

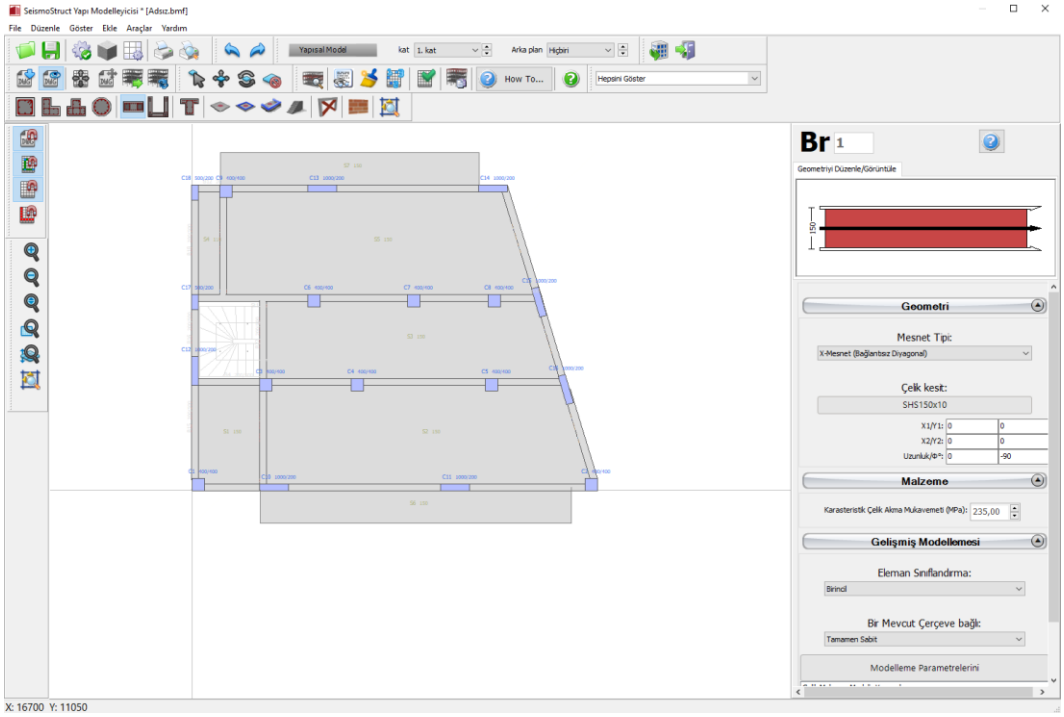


Dolgunun eklenmesi

Çelik Mesnetler

Çelik mesnetler, ana menüden (Ekle > Çelik Mesnet Ekle) veya ilgili araç butonu aracılığıyla eklenebilir. Açılan Özellikler Penceresinde, kullanıcılar yeni mesnetin mukavemetini ve rijitliğini etkileyen ana parametreleri uyarlayabilir.

(i) Mesnetin tipi: şu anda aşağıdaki tipler desteklenmektedir: (i) Köşegenleri birbirine bağlı X-Brace, (ii) Köşegenleri ayrılmış X-Brace, (iii) Çapraz mesnet, (iv) Ters köşegen mesnet, (v) V-Brace ve (vi) Ters V-Brace (Şevron Brace)
(ii) Mesnet elemanlarının çelik kesiti
(iii) Çelik mesnetin akma dayanımı
(iv) Beton çerçeveye bağlantı türü (sabitlenmiş veya tamamen sabitlenmiş)
(v) Modelleme parametreleri



Çelik mesnet parametrelerini düzenle

Yapı Modelleyici Penceresinde duvar ve kirişlerde olduğu gibi fare ile iki noktanın ana hatları çizilmelidir. Ekleme çizgisi, dolgunun ortasında veya iki yanından birinde yer alabilir; bu, Geometriyi Görüntüle/Değiştir penceresindeki üç çizgiden herhangi birine tıklanarak belirlenebilir (seçili seçenek siyah çizgidir).

İki fare tıklaması ile tanımlanan diğer yapı elemanlarının aksine, çelik mesnetlerde, mesnet genişliği seçilen çelik kesitten otomatik olarak kabul edildiği için kullanıcıların mesnet genişliğini seçmelerine gerek olmadığına dikkat edilmelidir.

V-Brace'in altında ve ters V-Brace'in üzerinde yer alan kirişlerin program tarafından otomatik olarak alt bölümlere ayrıldığı belirtilmektedir.

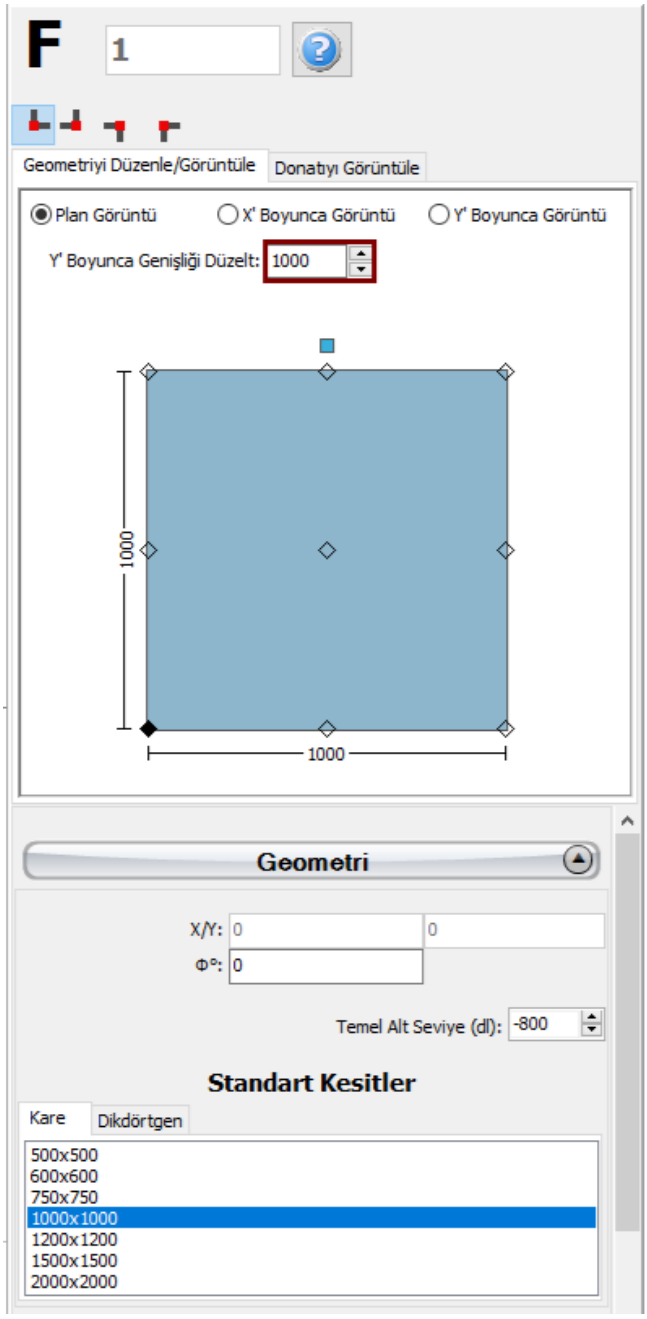


Ekleme çizgisini seç



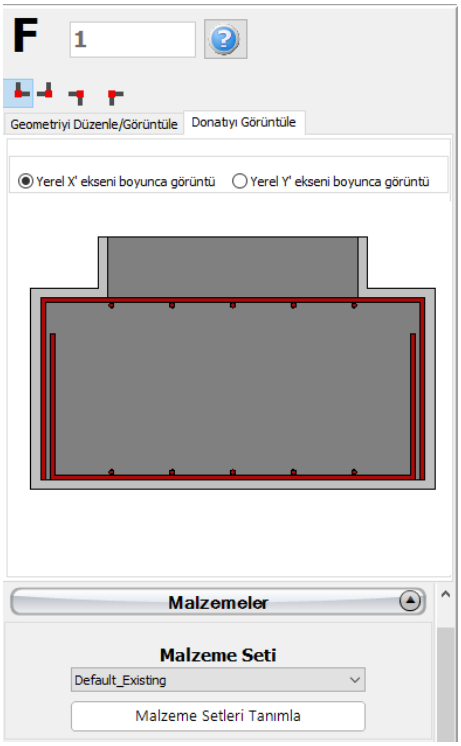
Çelik Mesnet'in eklenmesi

Tekil TemellerTekil Temeller ilgili araç çubuğu düğmesi aracılığıyla eklenebilir. Kullanıcılar Görüntülenen Özellikler Penceresinde, Görünüm/Geometri Değiştir penceresinden veya önceden tanımlanmış standart kesitlerden (kare veya dikdörtgen) bir kesit seçerek temelin boyutlarını ayarlayabilirler.



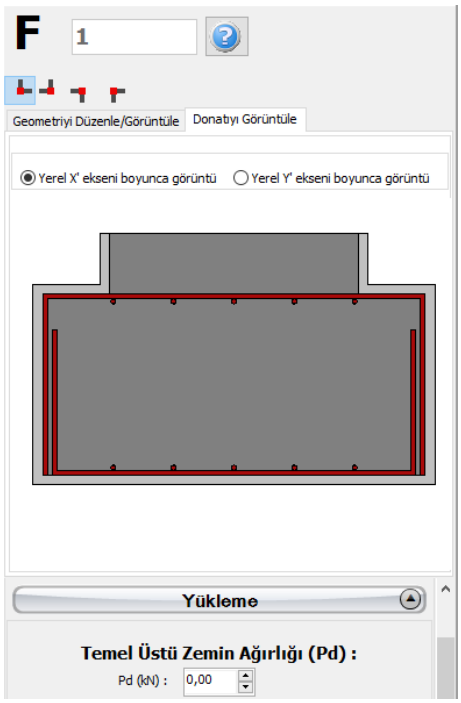
Temel boyutlarını düzenleme

Malzeme seti özellikleri ana menüden (Araçlar > Malzeme Setlerini Tanımla), ilgili araç çubuğu düğmesi aracılığıyla veya elemanın Özellikler Penceresindeki Malzeme Setlerini Tanımla düğmesi aracılığıyla tanımlanabilir. Malzeme özelliklerinin tanımlanması için gerekli değerler, elemanın türüne, yani mevcut veya yeni elemanlara bağlıdır. Temel olarak, biri mevcut elemanlar için diğeri de yeni elemanlar için olmak üzere iki malzeme şeması vardır.



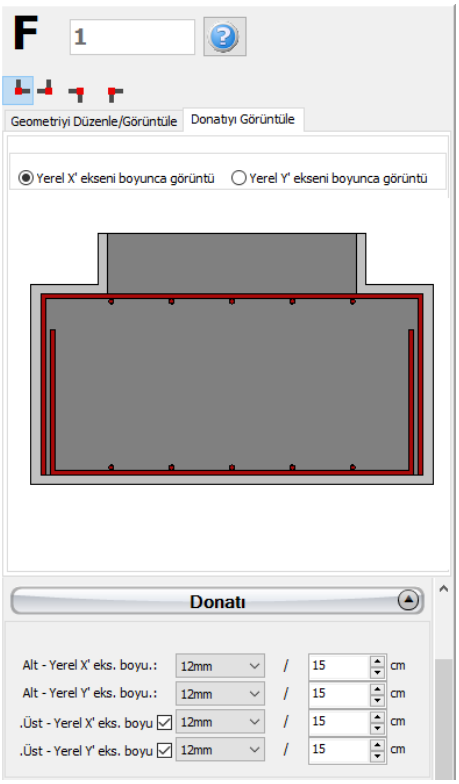
Malzemeler

Yükleme modülünde Tekil Temellere zeminden gelen ek yükler belirtilebilir.



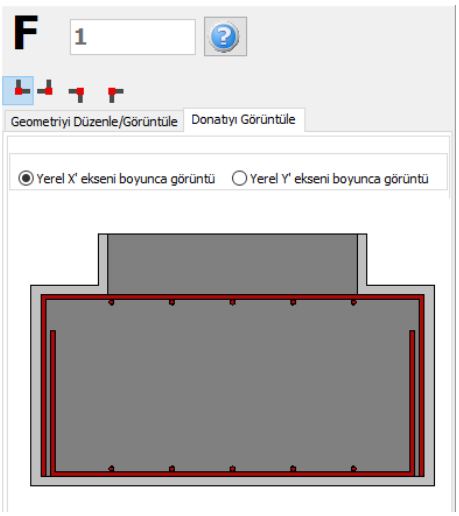
Yükleme

Ayrıca, tekil temelin alt ve üst kısmının iki donatı yönündeki güçlendirilmesi, ilgili donatımodeli kontrolleri düzenlenerek tanımlanabilir.



Donatı Modeli

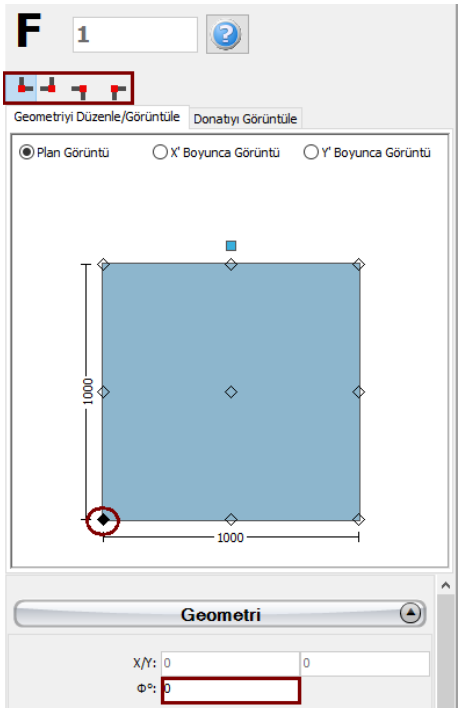
Özellikler Penceresinde kullanıcılar, kesitin donatısının görüntülendiği Donatıyı Görüntüle ile temelin boyutlarının görüntülenip değiştirilebildiği Geometriyi Görüntüle/Değiştir arasında seçim yapabilirler.



Donatı Görünümü

Gelişmiş Modelleme alanında, ilgili düğmeden açılan Gelişmiş Eleman Özellikleri iletişim kutusu aracılığıyla temelin kod tabanlı ayarları tanımlanabilir. Temelin modelleme parametreleri de ilgili düğme ile erişilen Modelleme Parametreleri iletişim kutusundan tanımlanabilir.

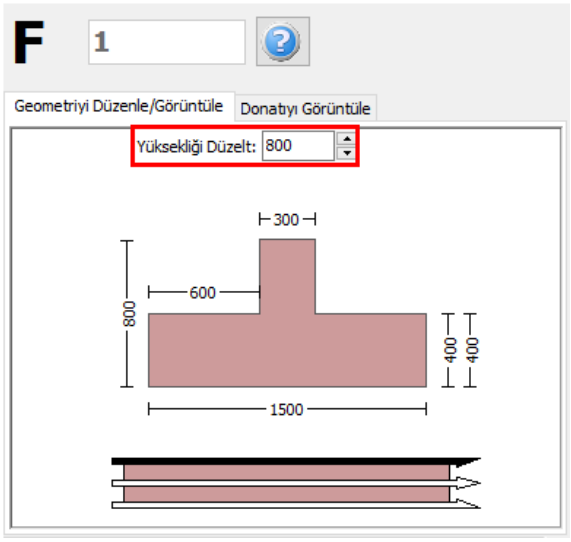
Her bir temelin tüm özellikleri tanımlandıktan sonra, yeni eleman Yapı Modelleyici Ana Penceresine basit bir tıklama ile eklenebilir. Ekleme noktasına (yani fare tıklamasına) karşılık gelen temelin konumu ve plan görünümünde elemanın rotasyonu, Eleman Özellikleri penceresinden seçilebilir.



Yerleştirme noktasının seçilmesi ve münferit temelin plan görünümünün döndürülmesi

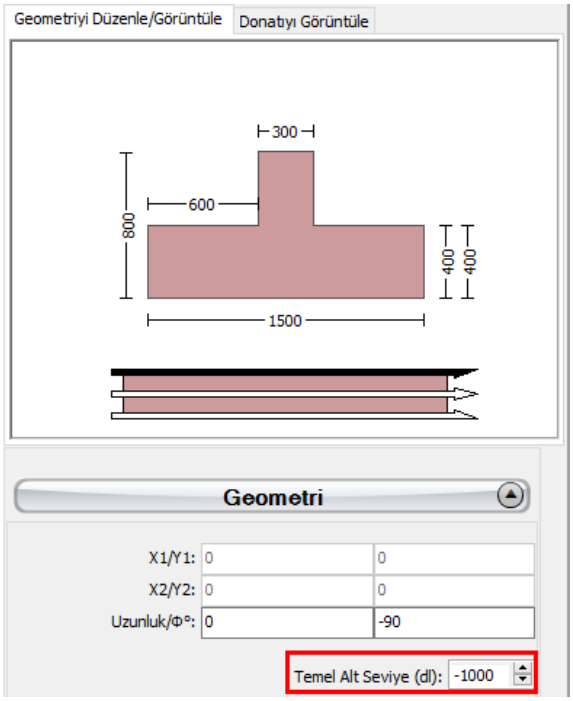
Şerit Temel

Şerit Temeller ana menüden (Ekle > Duvar Ekle) veya ilgili araç çubuğu düğmesinden eklenebilir. Görünen Özellikler Penceresinde kullanıcılar Görünüm/Geometri Değiştir penceresinde kesitin boyutlarını uyarlayabilirken, uzunluğu başlangıç ve bitiş olmak üzere iki nokta belirtilerek eklenmesiyle grafiksel olarak tanımlanmaktadır.



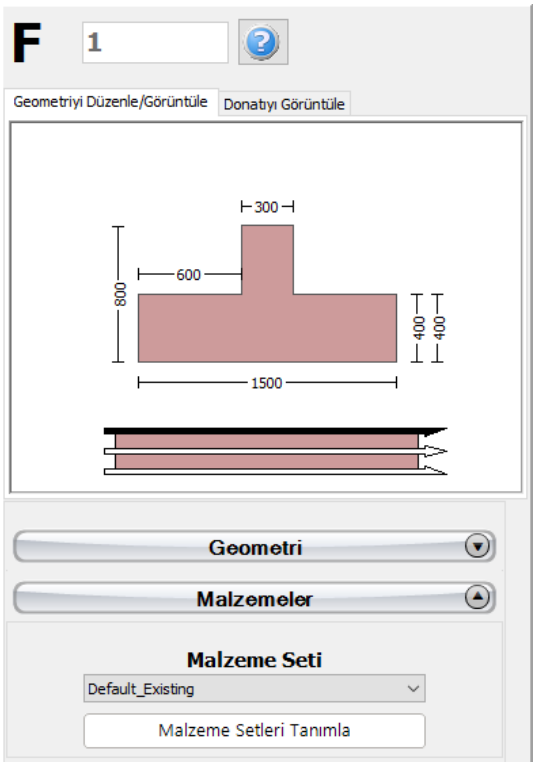
Kesit boyutlarını düzenleme

Şerit temelin taban seviyesi, belirli bir şerit temel için farklı bir temel seviyesi tanımlamak amacıyla binanın temel seviyesine göre uyarlanabilir.



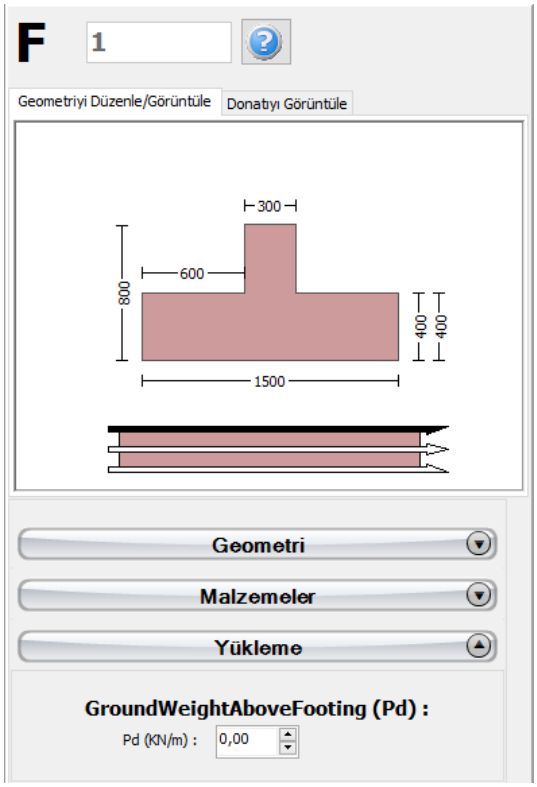
Temel Taban Seviyesi

Malzeme seti özellikleri ana menüden (Araçlar > Malzeme Setlerini Tanımla), ilgili araç çubuğu düğmesi aracılığıyla veya elemanın Özellikler Penceresindeki Malzeme Setlerini Tanımla düğmesi aracılığıyla tanımlanabilir. Malzeme özelliklerinin tanımlanması için gerekli değerler, elemanların türüne, yani mevcut veya yeni elemanlara bağlıdır. Temel olarak, biri mevcut elemanlar için diğeri de yeni elemanlar için olan iki malzeme şeması vardır.



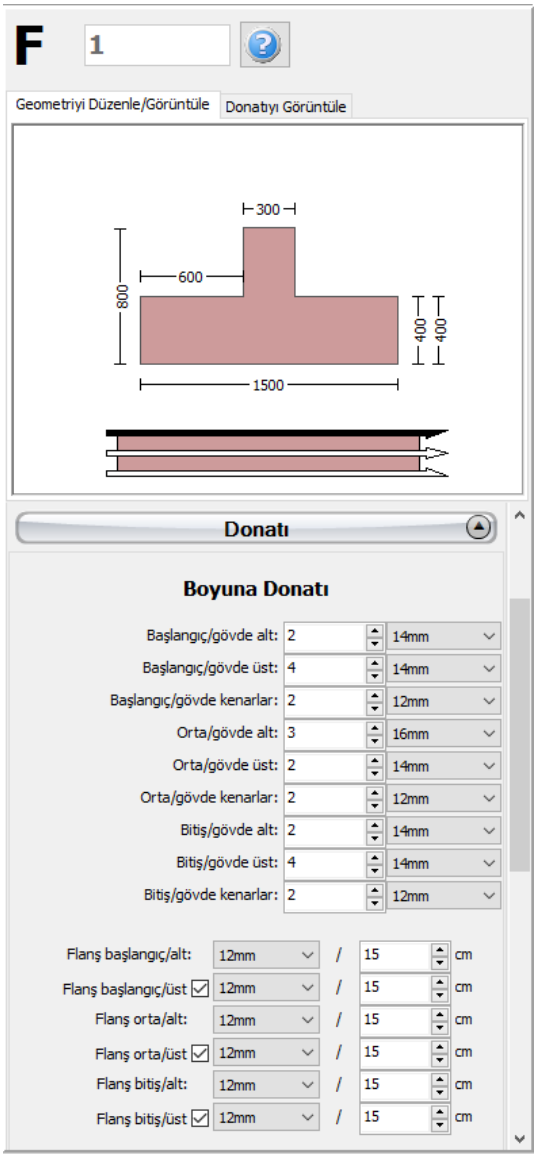
Malzemeler

Yükleme alanında, zeminden şerit temele kadar her türlü yükü tanımlamaya yarayacak ilave dağıtılmış yük de atanabilir.



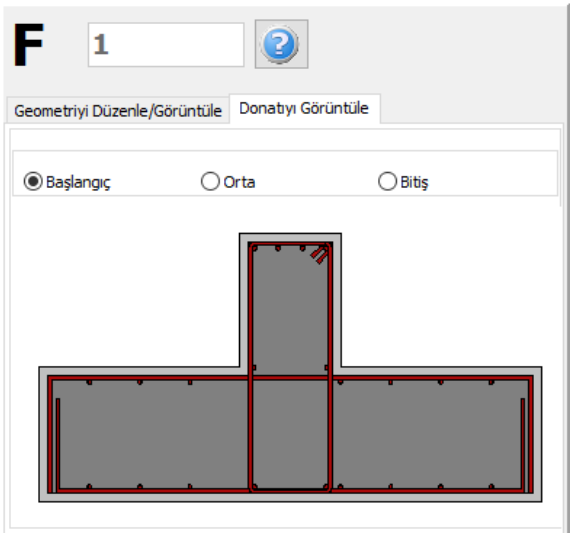
Yükleme

Ayrıca, boylamasına ve enlemesine donatı, donatı alanındaki ilgili donatı modeli kontrolleri düzenlenerek tanımlanabilir.



Donatı Modeli

Özellikler Penceresinde kullanıcılar, kesitin güçlendirmesinin (boyuna ve enine) görüntülendiği Donatıyı Görüntüle ile kesitin boyutlarının görüntülenip değiştirilebildiği Geometriyi Görüntüle/Değiştir arasında seçim yapabilirler.



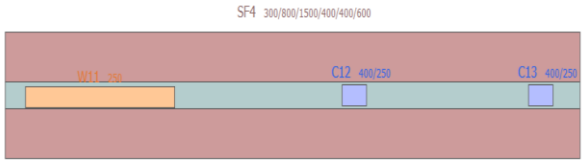
Donatı Görüntüsü

Gelişmiş Modelleme alanında, yapısal elemanın kod tabanlı ayarları, ilgili düğmeden açılan Gelişmiş Eleman Özellikleri iletişim kutusu aracılığıyla tanımlanabilir. Elemanın modelleme parametreleri de ilgili düğmeden erişilen Modelleme Parametreleri iletişim kutusundan tanımlanabilir.

Elemanı tanımlamak için basit bir tıklamanın yeterli olduğu Bireysel Temel tanımının aksine, Şerit Temel bölümlerinde Yapı Modelleyici Penceresinde iki noktanın ana hatlarıyla belirtilmesi gerekir. Ekleme çizgisi duvarın merkezinde veya iki kenarından birinde yer alabilir; bu, Görünüm/Geometri Değiştir penceresindeki üç çizgiden herhangi birine tıklanarak belirlenebilir (siyah çizgi seçili seçenektir).

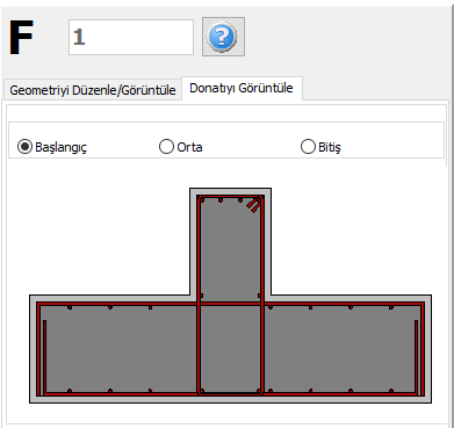


Ekleme çizgisini seçin

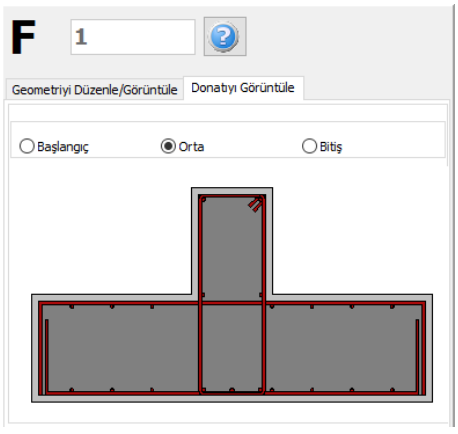


Şerit temelin yerleştirilmesi

Özellikler Penceresinde kullanıcılar başlangıç, orta ve bitiş bölümlerinin güçlendirmesinin (boyuna ve enine) görüntülendiği Donatıyı Görüntüle ile bölümün boyutlarının görüntülenip değiştirilebildiği Geometriyi Görüntüle/Değiştir arasında seçim yapabilirler.



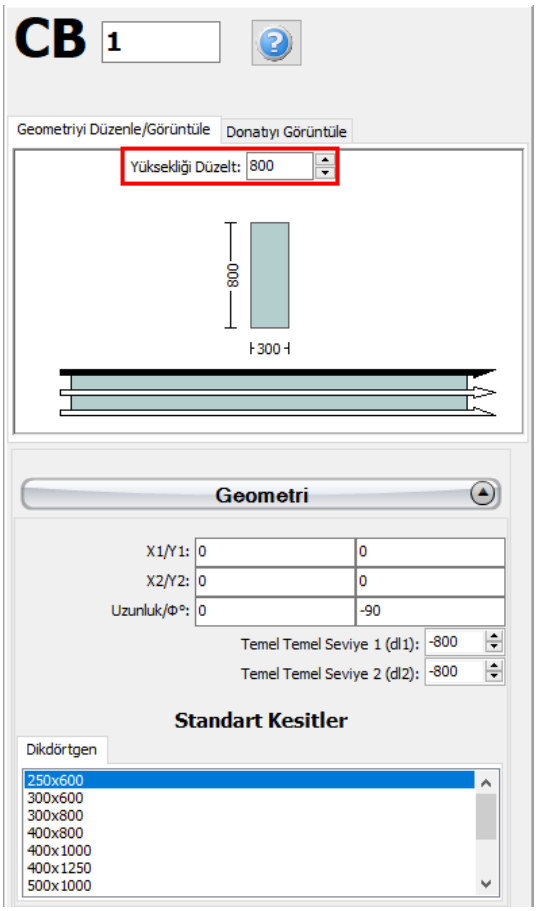
Şerit Temelin başlangıç kesit donatısı



Şerit Temelin orta bölüm donatısı

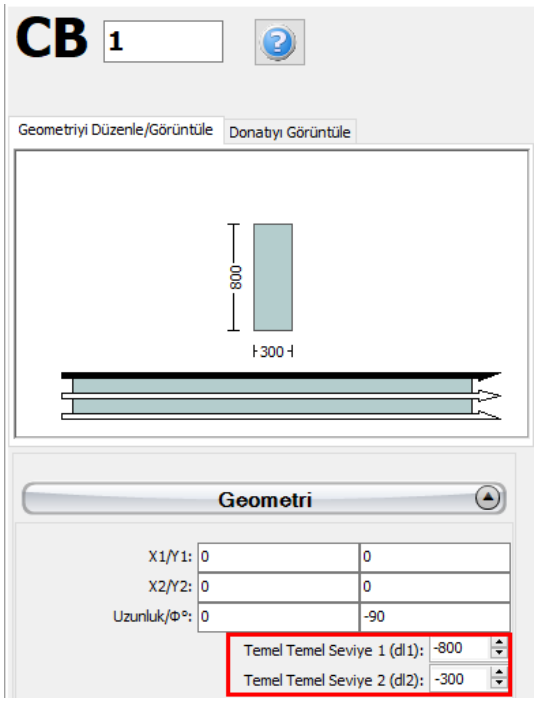
Bağlantı Kirişi

Bağlantı kirişleri ilgili araç çubuğu düğmesi aracılığıyla eklenebilir. Görüntülenen Özellikler Penceresinde kullanıcılar kesitin boyutlarını Görünüm/Geometri Değiştir penceresinden veya önceden tanımlanmış standart kesitlerden bir kesit seçerek ayarlayabilir.



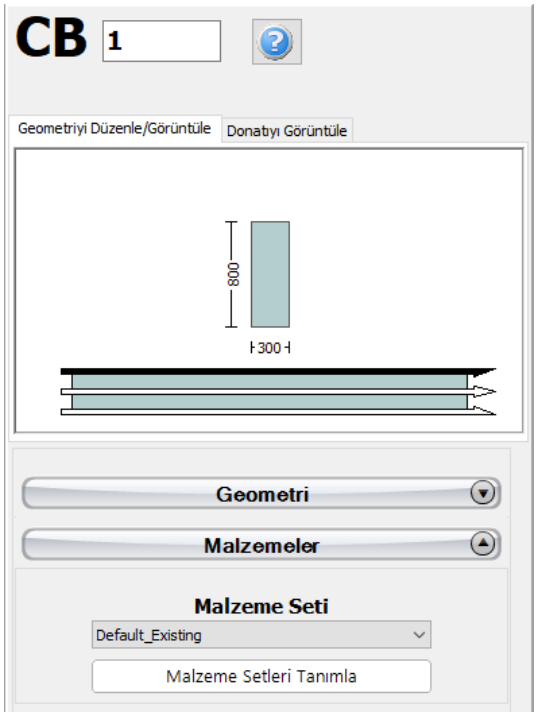
Kesit boyutlarını düzenleme

Eğimli bağlantı kirişleri, iki bağlantı kirişi ucunun temel taban seviyesine göre yükseklik farkları belirtilerek kolaylıkla modellenebilir.



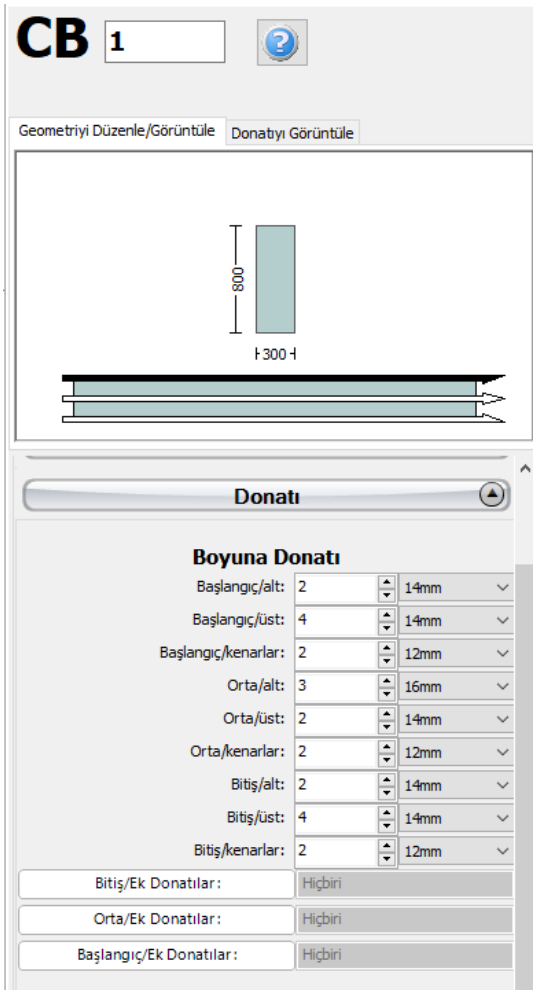
Eğimli bağlantı kirişi

Malzeme seti özellikleri ana menüden (Araçlar > Malzeme Setlerini Tanımla), ilgili araç çubuğu düğmesi aracılığıyla veya elemanın Özellikler Penceresindeki Malzeme Setlerini Tanımla düğmesi aracılığıyla tanımlanabilir. Malzeme özelliklerinin tanımlanması için gerekli değerler, elemanların türüne, yani mevcut veya yeni elemanlara bağlıdır. Temel olarak, biri mevcut elemanlar için diğeri de yeni elemanlar için olmak üzere iki malzeme şeması vardır.



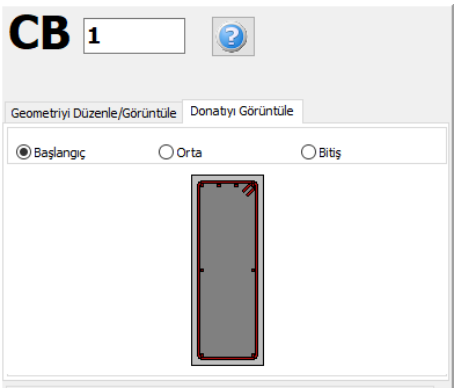
Malzemeler

Ek olarak, boyuna ve enine donatı ilgili donatı modeli kontrolleri aracılığıyla atanabilir. Kirişin ortasında ve iki kenarında farklı donatı modelleri tanımlanabilir.

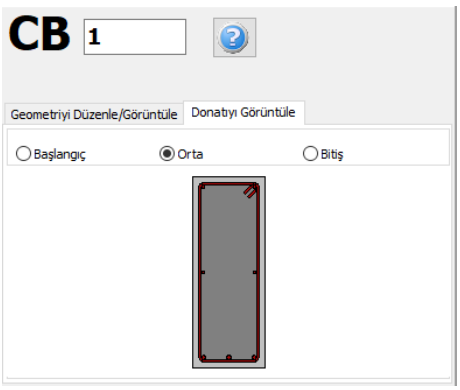


Donatı Modeli

Kullanıcılar, Özellikler Penceresinde başlangıç, orta ve bitiş bölümlerinin donatılarının (boylamasına ve enlemesine) görüntülendiği Donatıyı Görüntüle ile bölüm boyutlarının görüntülenip değiştirilebildiği Geometriyi Görüntüle/Değiştir arasında seçim yapabilir.



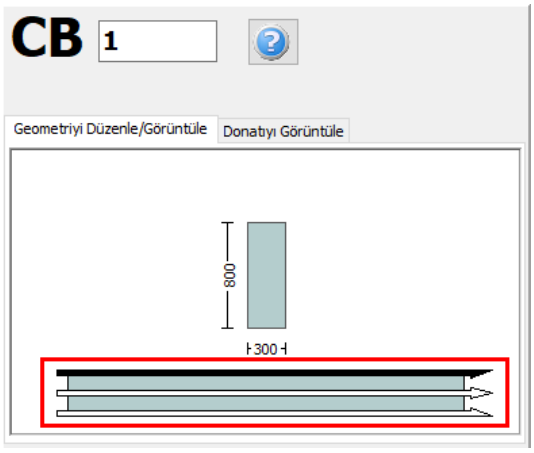
Bağlantı Kirişinin başlangıç bölümü donatısı



Bağlantı Kirişinin orta bölüm donatısı

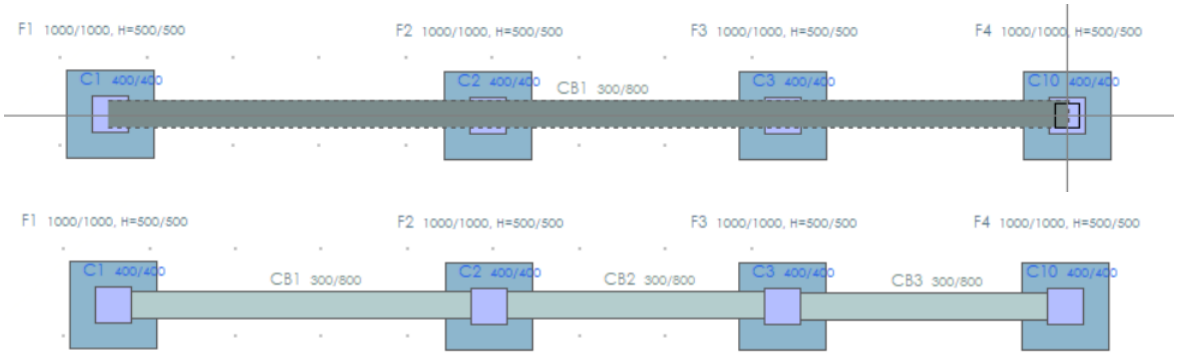
Gelişmiş Modelleme alanında, yapısal elemanın kod tabanlı ayarları, ilgili düğmeden açılan Gelişmiş Eleman Özellikleri iletişim kutusu aracılığıyla tanımlanabilir. Elemanın modelleme parametreleri de ilgili düğmeden erişilen Modelleme Parametreleri iletişim kutusundan tanımlanabilir.

Kirişlere benzer şekilde, bağlantı kirişinin tanımı için Ana Pencerede iki noktanın ana hatlarıyla belirtilmesi gerekir. Ekleme çizgisi bağlantı kirişinin merkezinde veya iki kenarından birinde yer alabilir; bu, Görünüm/Geometriyi Değiştir'deki üç çizgiden herhangi birine tıklanarak belirlenebilir (siyah çizgi seçili seçenektir).



Ekleme noktasını seçme

Atanan bir bağlantı kirişi mevcut bir kolon veya duvarla kesiştiğinde, otomatik olarak alt bölümlere ayrılır ve böylece iki eleman oluşturulur. Sonuç olarak, sadece iki tıklama ile bir satırda birden fazla kiriş tanımlanabilir.



Tek hareketle 3 bağlantı kirişi yerleştirme

Ek F – Eleman Sınıfları

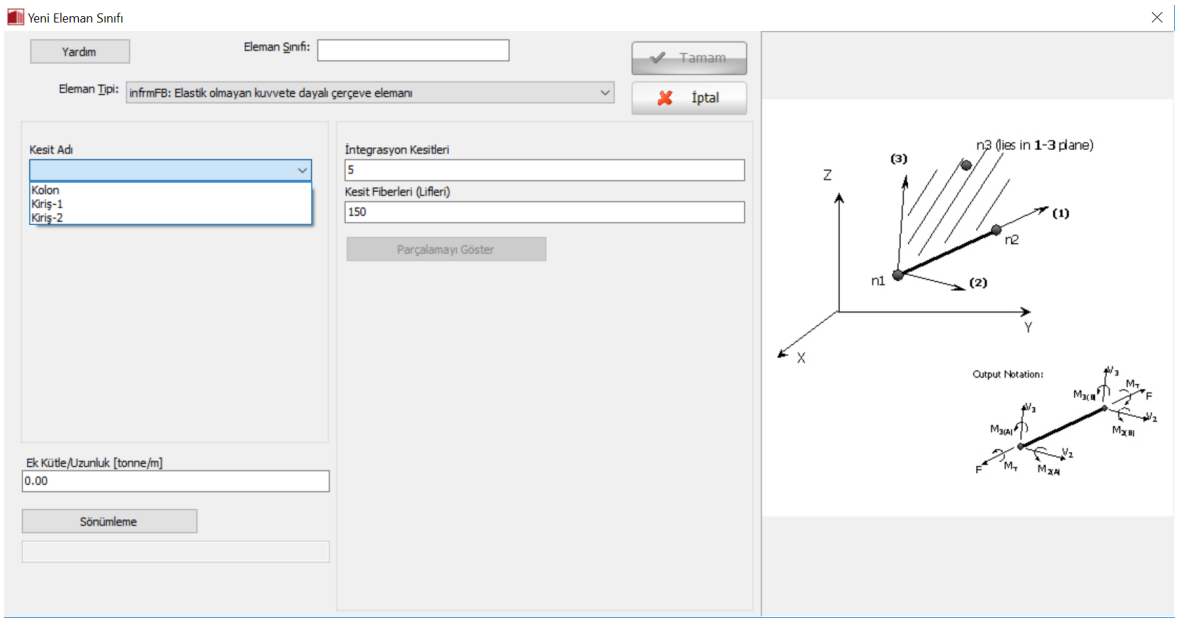
Bu ekte, kullanılabilen eleman tipleri detaylarıyla birlikte anlatılacaktır.

KİRİŞ-KOLON ELEMAN TİPLERİ

Kuvvete dayalı elastik olmayan (inelastik) çerçeve elemanı tipi - infrmFB

Bu elemanlar 3D kiriş-kolon elemanları olup, çerçeve sistemlerini geometrik ve malzeme nonlineeritelerini hesaba katarak modelleyebilirler. Burada da tarif edildiği üzere, kesitlerin genel gerilme-birim şekil değiştirme durumu, bölünüş oldukları her bir fiber elemanın (lifin) tek eksenli doğrusal olmayan (nonlineer) malzeme davranışının kesit içerisinde toplanması yoluyla elde edilir. Böylelikle, elastik olmayan (inelastik) davranış eleman boyunca ve kesit derinliğince hesaba katılır.

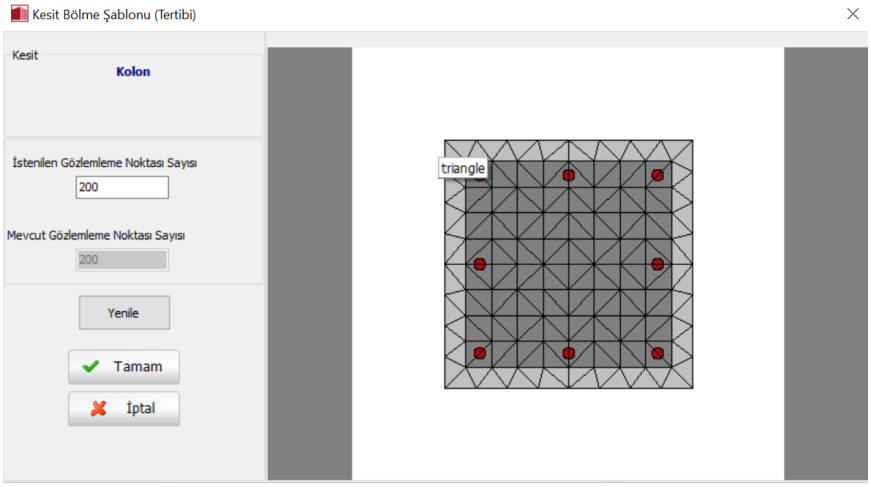
Malzeme İnelastisitesi'nde de belirtildiği üzere kuvvete dayalı formulasyon, infrmFB, dört çerçeve elemanı tipi içerisinde en hassas olanıdır. Bu eleman tipleri, elemanda yalnızca tek bir parça bulunduğu durumlarda bile elastik olmayan davranışın modellenmesinde etkilidirler. Ayrıca, bir yapısal elemanda sadece tek bir parça bulunması da kullanıcılara eleman dönme değerleri çıktısı'nın gerekli kontrollerde (ör: Eurocode 8, NTC-18, KANEPE, ASCE/SEI 7-05, vb) ilgili olan eleman dönme çıktılarını direkt olarak kullanabilme olanağı sağlar. Kullanıcılar *Parçalamayı Göster* düğmesine tıklayarak kesit üçgenlemesini görebilirler (bknz. İki aşağıdaki şekil).



Yeni infrmFB elemanı tanımı

Elemanlara ait her integrasyon kesidinde denge koşullarının sağlanabilmesi için kullanılan kesitte bulunan fiber (lif) sayısının tanımlanması gerekmektedir. Kesitte bulunan ideal fiber (lif) sayısı kesitteki gerilme-birim şekil değiştirme dağılımını modellemeye yetecek kadar fazla olmalıdır. Tabii ki bu yeterlilik kesidin şekline, kesitte kullanılan malzeme özelliklerine ve elemanın inelastisite düzeyine bağlıdır. Kaba bir başlangıç değeri kesit başına 100 fiber (lif) elemanı olarak tanımlanabilirken, karmaşık ve yüksek derecede inelastisite gösteren kesitlerde bu sayının 200 ve üzerine çıkması da olağandır. Açıkça da anlaşılabileceği üzere, bu sayının düzgün olarak ayarlanması yapılacak hassisiyet çalışmalarıyla mümkündür.

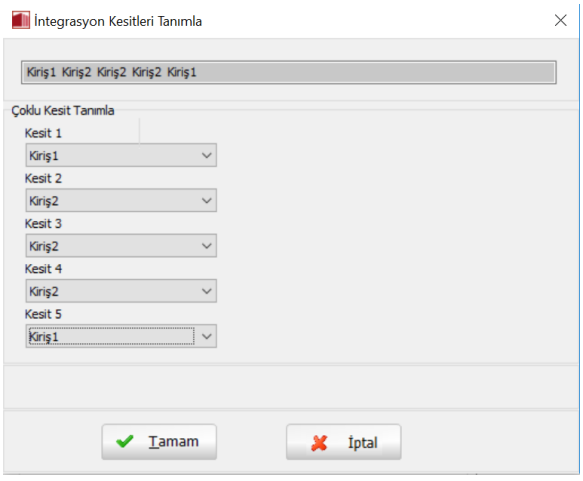
Yazılım, *Kesit Üçgenlemesi* iletişim kutusunda istenilen ve mevcut gözlemleme noktası sayılarını sunar. *Yenile* düğmesine tıklanarak, kesit parçalaması güncellenebilir.



Kesit üçgenlemesi ya da bölme şablonu (tertibi)

infrmFB elemanların kullanılmaları durumunda integrasyon kesidi sayısının da tanımlanması gereklidir. Bu hususta kullanıcılara literatür taraması önerilmekte olup (ör: Papadrakakis 2008; Calabrese et al. 2010), bahsi geçen sayıysa genel olarak 4 ila 7 arasında seçilebilir (parçalanan kısımların uzunluklarının ayarlanması için Malzeme İnelastisitesi'ne başvurunuz). Önemle belirtilir ki, genellikle, pekleşme davranışını modelleyebilmek için 7 integral kesidi gerekirken yumuşama davranışı gösteren elemanlar için 4-5 integrasyon kesidi yeterli olmaktadır.

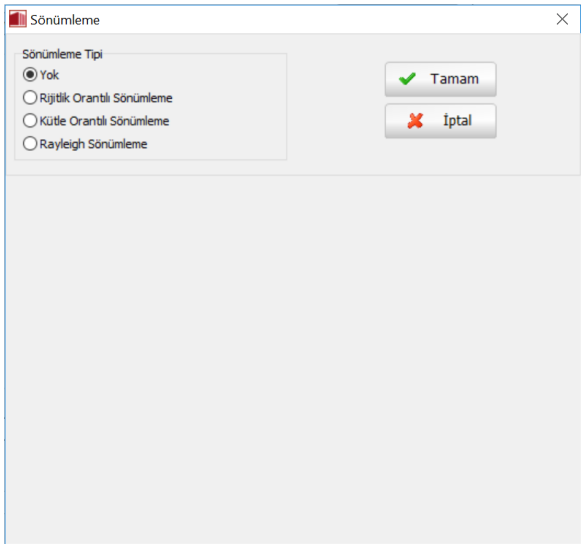
NOT: Donatı şemasının değişmesi durumunda gereken olan eleman parçalama sonrasında tek bir infrFB elemanı ile çoklu kesit tanımlamak mümkündür. Çoklu kesitler sadece donatı dizilimi olarak farklı olabilirler (kesit şekli, boyutları ve malzemeler aynı olmalıdır).



Çoklu Kesitler

Genel>Proje Ayarları > Sönümleme içerisinde tanımlanan genel (global) sönümlemenin yanı sıra, Eleman iletişim kutusu üzerinden elemana ait sönümleme de tanımlanabilir. Bu işlemi gerçekleştirebilmek için kullanıcıların *Sönümleme* düğmesine basarak en uygun sönümleme tipini seçmeleri gerekir (bu konuda daha iyi bir seçim için *Sönümleme*'ye başvurunuz). Eleman bazında tanımlanan sönümleme, genel (global) sönümleme'ye göre önceliklidir. Global sönümleme, serbestlik dereceleriyle bağıntılı olan ve "model bazında" hesaplanan sönüm matrisi katsayılarıdır. Rayleigh tipi sönümlemenin seçilmesi

durumunda sönüm matrisi; kütle matrisinin ve rijitlik matrisinin ilgili parametrelerle çarpılıp, birbirleriyle toplanması yoluyla bulunur.

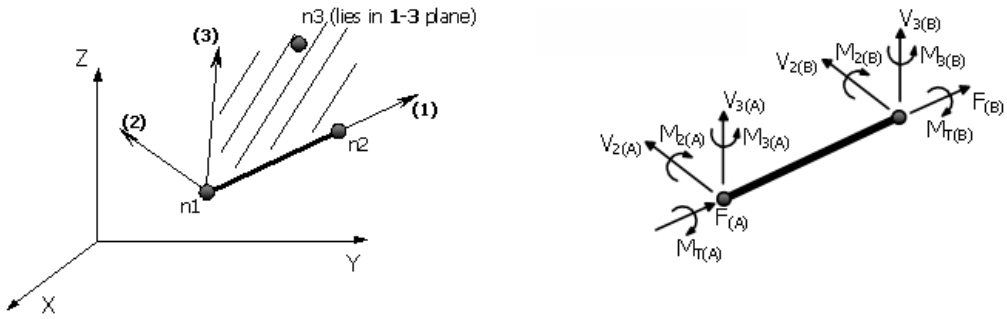


Elemana özel sönümleme tanımlanması

ÖNEMLİ: Eleman seviyesinde tanımlanan sönümleme, global sönümleme'ye göre daha önceliklidir. Yani, belirli bir elemanın serbestlik dereceleri ile ilişkili "global olarak hesaplanmış" sönümleme matris terimleri, elemanın kütle matrisinin kütle-orantılı parametre ile çarpımından veya elemanın rijitlik matrisinin rijitlik-orantılı parametre ile çarpımından veya eleman Rayleigh sönümleme matrisi sonucu hesaplanan terimlerle yer değiştirir.

NOT: Rayleigh sönümleme eleman bazında tanımlanırsa, klasik olmayan Rayleigh sönümlemesi kullanılır; çünkü klasik Rayleigh sönümlemesinde sönüm miktarı elemanlar arasında farklılık göstermez, aynıdır.

Lokal eksenler ve çıktı gösterimi aşağıda gösterilen şekildeki gibidir. Eleman bazında tanımlı olan yerel (lokal) eksenlerle global eksenler hakkındaki bilgilere ulaşabilmek ve yerel eksen konumlandırması hakkındaki bilgilere erişebilmek için Ek A'ya göz atınız.



infrmFB elemanları için Lokal Eksenler ve Çıktı Gösterimi

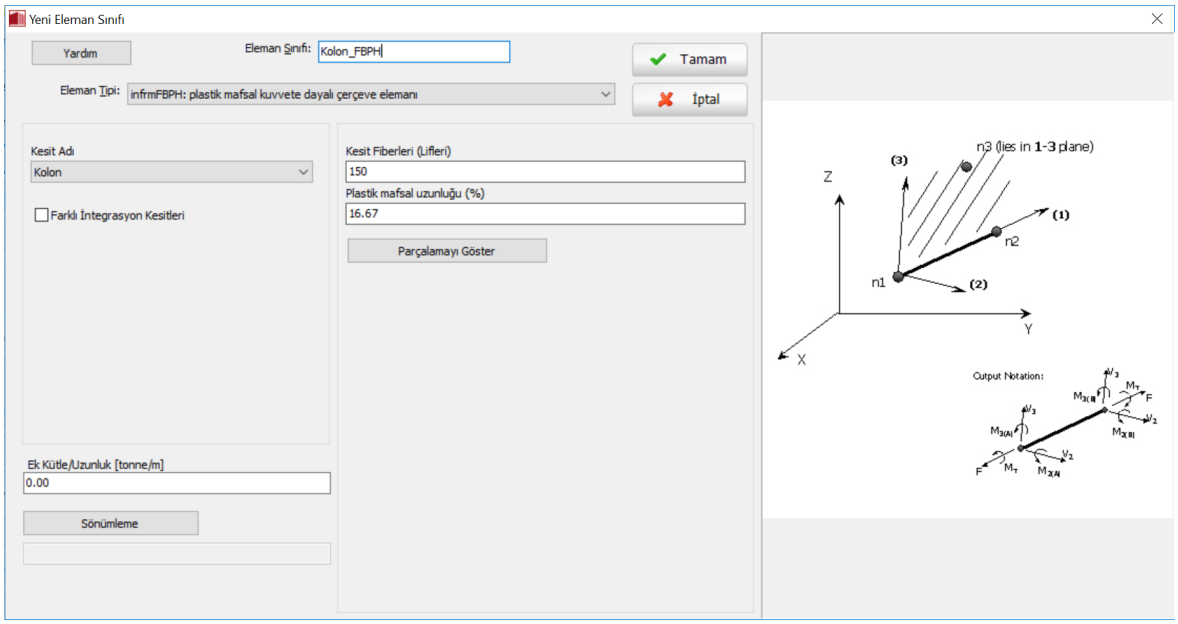
Kuvvete dayalı plastik mafsal çerçeve elemanı - infrmFBPH

Bu eleman, infrmFB elemanının plastik mafsal benzeridir; yayılı inelastisiteyi kuvvete dayalı formulasyonla modeller, yalnız plastisiteyi sonlu bir uzunlukla sınırlandırır (Scott ve Fenves [2006]).

Bu elemanın kullanımı analiz süresini kısalttığı (fiberlerin integrasyonu sadece iki uç kesitte yapılır) gibi plastik mafsal uzunluğu (ya da yaylı inelastisite uzunluğu) üzerinde tam bir kontrol de sağlar, bu durum da lokalizasyon problemlerinin üstesinden gelinmesine izin verir (Calabrese et al. [2010]).

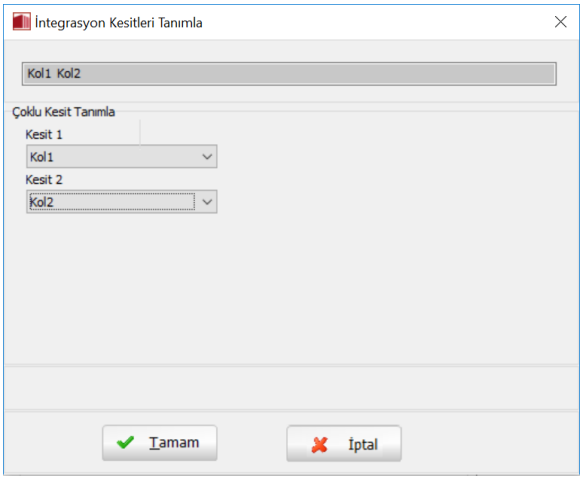
Elemanın uçlarında bulunan integrasyon kesitlerinde denge koşullarının sağlanabilmesi için kullanılan kesitte bulunan fiber (lif) sayısının tanımlanması gerekmektedir. Kesitte bulunan ideal fiber (lif) sayısı kesitteki gerilme-birim şekil değiştirme dağılımını modellemeye yetecek kadar fazla olmalıdır. Tabii ki bu yeterlilik kesidin şekline, kesitte kullanılan malzeme özelliklerine ve elemanın inelastisite düzeyine bağlıdır. Kaba bir başlangıç değeri kesit başına 100 fiber (lif) elemanı olarak tanımlanabilirken, karmaşık ve yüksek derecede inelastisite gösteren kesitlerde bu sayının 200 ve üzerine çıkması da olağandır. Açıkça da anlaşılabileceği üzere, bu sayının düzgün olarak ayarlanması yapılacak hassisiyet çalışmalarıyla mümkündür.

Ayrıca, plastik mafsal uzunluğunun da tanımlanması gereklidir, bu hususta literatür taraması yapılması önerilir [ör: Scott and Fenves 2006, Papadrakakis 2008, Calabrese et al. 2010].



Yeni bir infrmFBPH elemanının tanımlanması

infrmFB'ye benzer olarak, donatı detaylandırması eleman başına tek bir infrmFBPH elemanının çoklu kesitlerle birlikte tanımlanması yoluyla tanımlanabilir. Bu kesitlerde sadece donatı detayı değişmelidir, diğer bütün özellikler (kesit tipi, boyutlar, malzemeler) aynı kalmalıdır.



infrmFBPH elemanı için çoklu kesit tanımlama

Genel>Proje Ayarları > Sönümleme içerisinde tanımlanan genel (global) sönümlemenin yanı sıra, Eleman iletişim kutusu üzerinden elemana ait sönümleme de tanımlanabilir. Bu işlemi gerçekleştirebilmek için kullanıcıların *Sönümleme* düğmesine basarak en uygun sönümleme tipini seçmeleri gerekir (bu konuda daha iyi bir seçim için *Sönümleme*'ye başvurunuz). Eleman bazında tanımlanan sönümleme, genel (global) sönümleme'ye göre önceliklidir. Global sönümleme, serbestlik dereceleriyle bağıntılı olan ve "model bazında" hesaplanan sönüm matrisi katsayılarıdır. Rayleigh tipi sönümlemenin seçilmesi durumunda sönüm matrisi; kütle matrisinin ve rijitlik matrisinin ilgili parametrelerle çarpılıp, birbirleriyle toplanması yoluyla bulunur.

ÖNEMLİ: Eleman seviyesinde tanımlanan sönümleme, global sönümleme'ye göre daha önceliklidir. Yani, belirli bir elemanın serbestlik dereceleri ile ilişkili "global olarak hesaplanmış" sönümleme matris terimleri, elemanın kütle matrisinin kütle-orantılı parametre ile çarpımından veya elemanın rijitlik matrisinin rijitlik-orantılı parametre ile çarpımından veya eleman Rayleigh sönümleme matrisi sonucu hesaplanan terimlerle yer değiştirir.

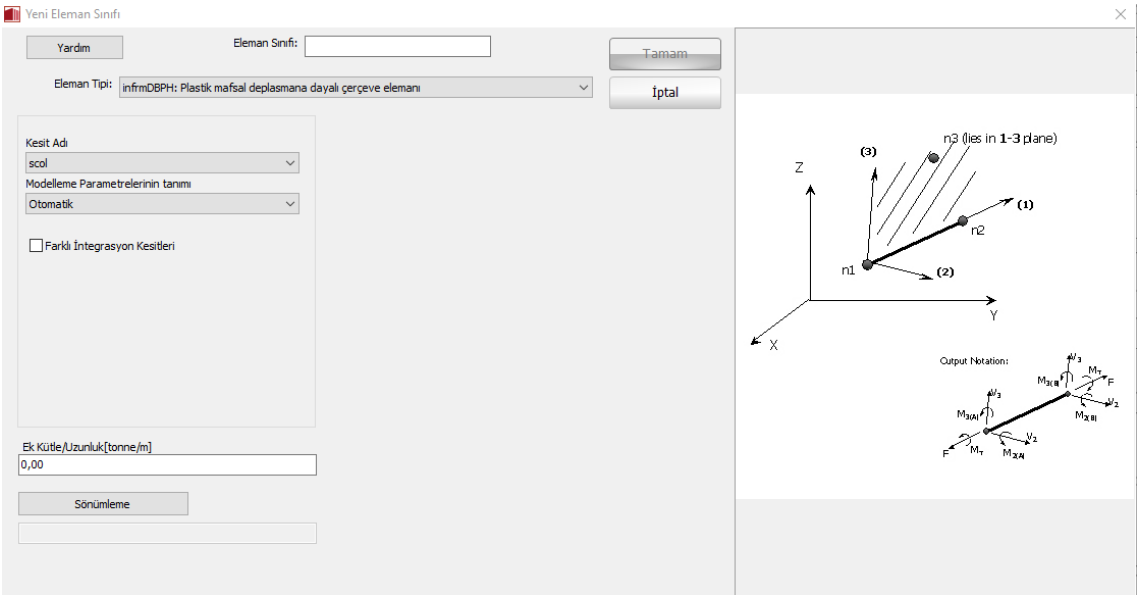
NOT: Rayleigh sönümleme eleman bazında tanımlanırsa, klasik olmayan Rayleigh sönümlemesi kullanılır; çünkü klasik Rayleigh sönümlemesinde sönüm miktarı elemanlar arasında farklılık göstermez, aynıdır.

Lokal eksen ve çıktı gösterimleri infrmFB eleman sınıfıyla aynıdır.

Deplasmana dayalı plastik mafsal elemanı - infrmDBPH

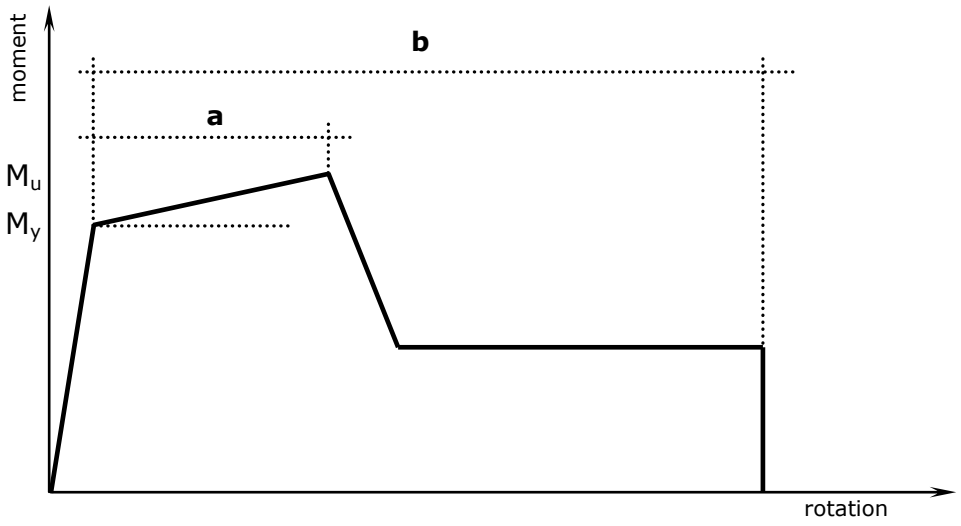
İki ucunda yığılı plastisiteye sahip plastik mafsallı, formulasyonu deplasmana dayalı üç boyutlu kiriş-kolon elemanıdır. Doğrusal olmayan tüm deformasyonlar,plastik mafsallarda tanımlı dönel yaylarda toplanırken, elemanın geri kalanı elastik davranır. DBPH formülasyonu, geometrik nonlineeriteleri modelleme yeteneğine sahiptir.

Eleman, uçlarda yerel 2 ve 3 eksenleri etrafındak plastik dönmelerin yoğunlaştığı iki bağlantı elemanı ve ortada elemanın elastik kalan kısmını modelleyen elastik çerçeve elemanı olmak üzere üç alt-eleman içerir.. Alt-elemanlar seri şekilde bağlıdır ve içsel denge koşullarının sağlanması için iteratif bir prosedüre ihtiyaç duyar.



Yeni bir infrmDBPH elemanı tanımlanması

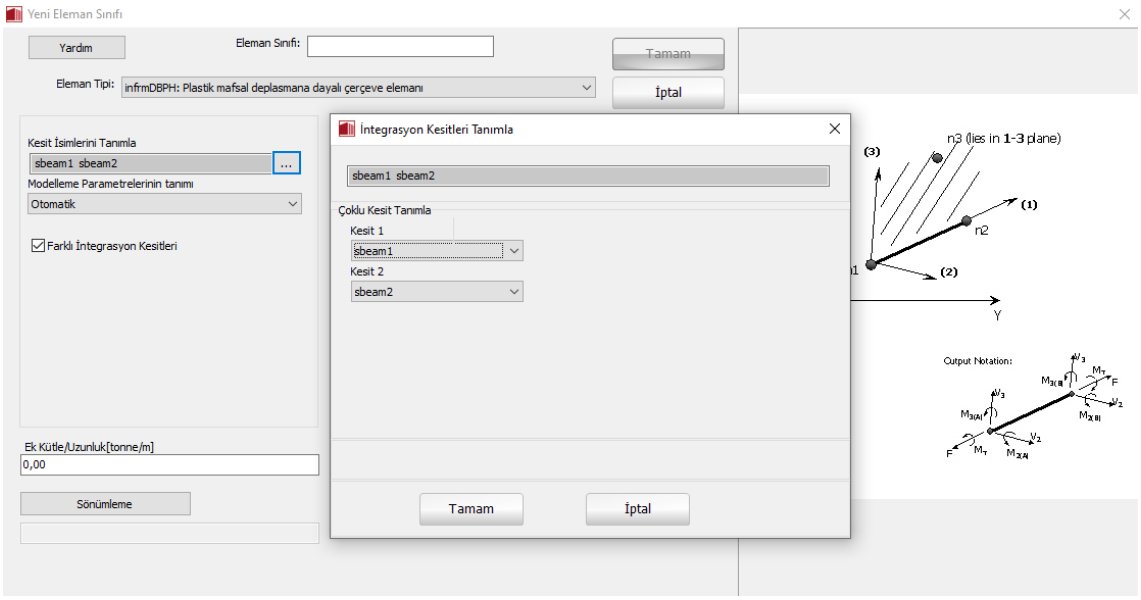
Eleman uçlarında bulunan dört dönel yayda, SeismoStruct'ta tanımlı olan MIMK_bilin (İki doğrulu histeretik davranışlı değiştirilmiş Ibarra-Medina-Krawinkler bozulma modeli) kullanılır.Akma ve azami eğilme moment mukavemetleri (sırasıyla M_y and M_u) ve akmadaki deformasyon (d_y), yapıya etkiyen ilk düşey yükler altında takip edilen moment-eğrilik analizleri sonucunda atanır. Plastik dönme kapasitesi (**a**), azami dönme (**b**) değerleri doğrudan ASCE 41-23 yönetmeliğinden elde edilir (kirişler için Tablo 10-7; kolonlar için Tablo 10-8 ve 10-9; duvarlar için: Tablo 10-19). Daha ayrıntılı bilgi için aşağıdaki çizime ve ASCE 41-23'ye gözatınız.



ASCE 41-23'ye göre plastik dönme kapasitesi (a) ve azami dönme (b)

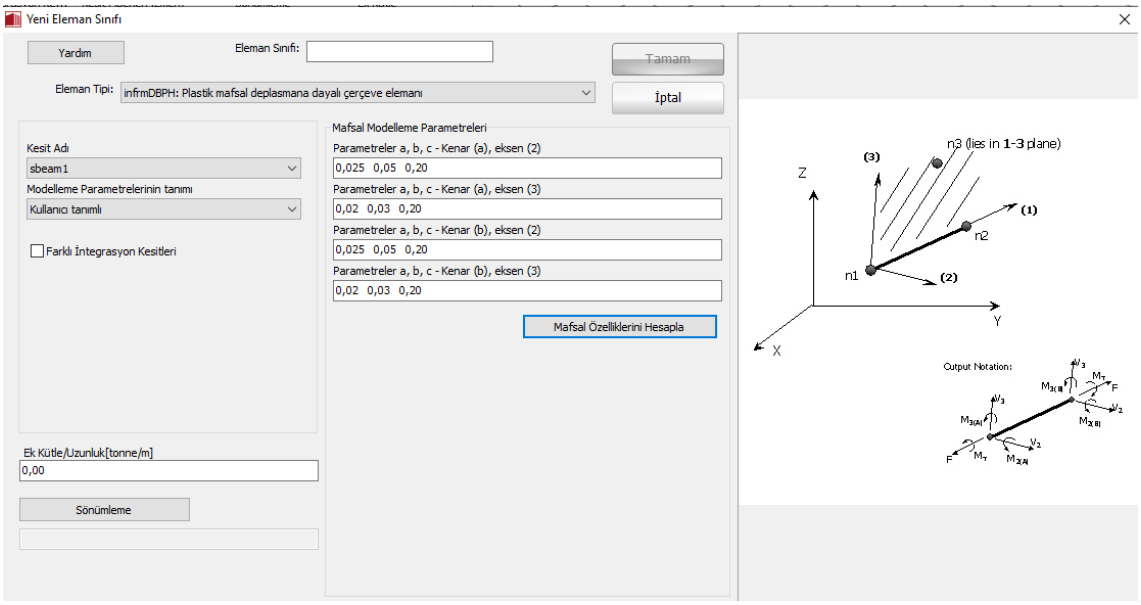
Her iki uçtaki iki yerel eksendeki moment-dönüş eğrileri birbirinden bağımsızdır.Bu durum açıkça, kirişin uçlarında sonlu bir bölge üzerinde elastik olmayan deformasyonların yayıldığı ve iki yerel eksendeki davranışın ilişkilendirildiği kuvvete dayalı plastik mafsal elemanına göre bir basitleştirmedir. Ancak bu doğru modelleme eksikliği, daha kısa analiz süreleriyle telafi edilir. Histeretik eğri parametreleri program tarafından otomatik olarak hesaplandığından, kullanıcıların sadece elemanın kesidini belirtmesi yeterlidir. infrmFB ve infrmFBPH elemanlarına benzer şekilde, aynı eleman içindeki

donatı detaylarındaki değişiklikler, eleman başına birden fazla (çoklu)kesit kullanılarak gerçekleştirilebilir.



Çoklu kesitli yeni bir inrmDBPH elemanının tanımlanması

SeismoStruct, plastik mafsal özelliklerinin otomatik olarak hesaplanmasının yanı sıra, hesaplananlardan farklı a, b ve c değerlerinin (c nihai/azami dayanım oranıdır) tanımlanmasına da izin verir.İlgili işlem, Modelleme Parametrelerinin aşağı çekilen menüsünde Kullanıcı tanımlı seçeneği seçilerek gerçekleştirilir. Bunun sonucunda da, plastik mafsal modelleme parametreleri serbestçe tanımlanabilir.Bununla birlikte, kullanıcı tanımlı parametrelerin tanımlanması durumunda bile, daha sonra yapılacak olan görüntüleme amacıyla (örneğin elemanı 3D çizimde göstermek için) hala bir kesit tanımlamanız gerektiğini unutmayınız.



Kullanıcı tanımlı plastic mafsal parametrelerinin girilmesi yoluyla yeni bir infrmDBPH elemanının tanımlanması

Son olarak, Mafsal Özelliklerini Hesapla düğmesine tıklandığında, boyuna donatı alanının brüt beton alanına oranı ρ_l, enine donatı alanının brüt beton alanına oranı ρ_t, toplam kesit alanı A_g, boyuna ve enine

donatıların beklenen akma mukavemetleri (f_{ylE}vef_{ytE}), beklenen beton basınç mukavemeti (f'_{cE}), elemana etkiyen eksenel kuvvet (N_{ud})ve eleman enine donatısının elemanın eğilme/kesme ile uyumlu davranıp davranmayacağı gibi bir dizi yardımcı bilgi belirir.

Genel>Proje Ayarları > Sönümleme içerisinde tanımlanan genel (global) sönümlemenin yanı sıra, Eleman iletişim kutusu üzerinden elemana ait sönümleme de tanımlanabilir. Tanımlanma biçimi infrmFB ve infrmFBPH eleman sınıflarıyla benzerlik gösterir.

Lokal eksen ve çıktı gösterimleri kuvvete dayalı eleman sınıflarıyla aynıdır.

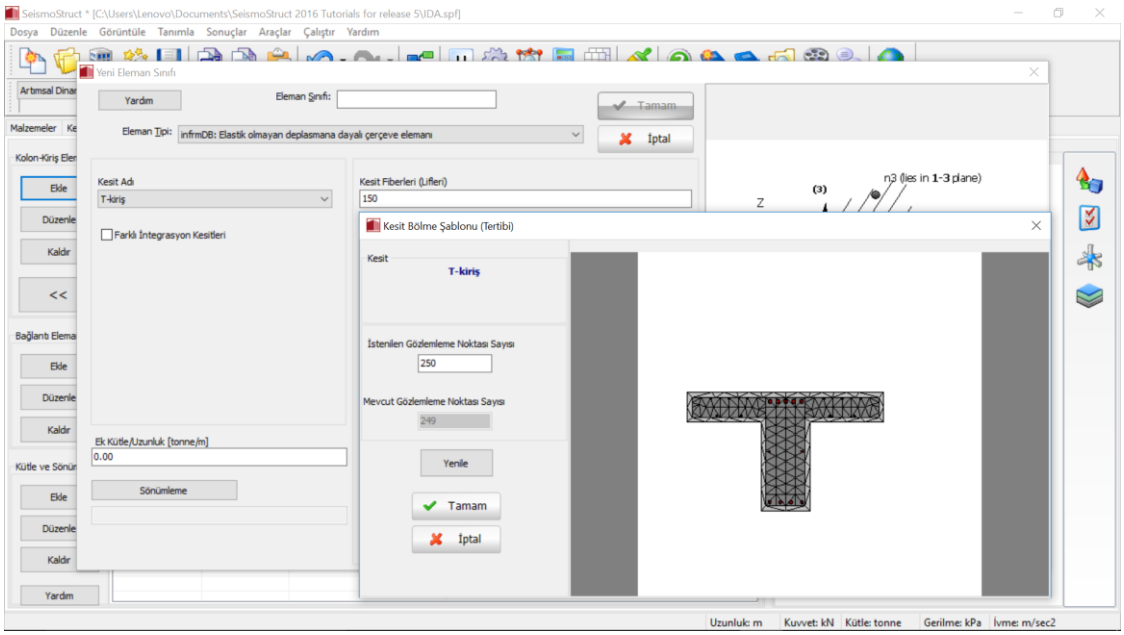
Deplasmana dayalı elastik olmayan (inelastik) çerçeve elemanı tipi - infrmDB

Bu elemanlar 3D kiriş-kolon elemanları olup, çerçeve sistemlerini geometrik ve malzeme nonlineeritelerini hesaba katarak modelleyebilirler. Malzeme İnelastesitesi'nde de tarif edildiği üzere, kesitlerin genel gerilme-birim şekil değiştirme durumu, bölünüş oldukları her bir fiber elemanın (lifin) tek eksenli doğrusal olmayan (nonlineer) malzeme davranışının kesit içerisinde toplanması yoluyla elde edilir. Böylelikle, elastik olmayan (inelastik) davranış eleman boyunca ve kesit derinliğince hesaba katılır.

Deplasmana dayalı (DB) formulasyon, eleman deformasyonlarının, eleman içindeki denge koşulları kontrolünden önce gerçekleştirilen, yaklaşık bir deplasman alanından elde edildiği standart Sonlu Elemanlar yaklaşımını muhteva eder [ör: Hellesland and Scordelis 1981; Mari and Scordelis 1984]. DB formulasyonu eleman başına iki integrasyon kesidi kullanır; daha yüksek hassasiyetiyse içerisinde tanımlı olan Gauss quadrature tekniği temin eder.

Doğrusal olmayan eleman davranışını yaklaşık olarak modelleyebilmek için, eleman boyunca düzgün eksenel deformasyon ve doğrusal eğrilik dağılımı kabul edilir; bu kabuller ise yalnızca prizmatik doğrusal elemanlar için doğrudur. Dolayısıyla, deformasyonların yüksek seviyeli dağılımının elde edilebilmesi için, infrmDB kullanılacak olan elemanların kısa boylu olmaları ve kesit içerisinde bulunan sonlu eleman sayısında bir detaylandırma gerekmektedir. Genel olarak, her bir yapısal eleman içinde 4-6 parça eleman tanımlanmalıdır; dolayısıyla eleman dönme değerlerine ulaşabilmek için düğüm noktası deplasman/dönme değerleri kullanıcıların kendileri tarafından bir art işlemden geçirilmelidir [ör: Mpampatsikos et al. 2008].

Eleman integrasyon kesitlerinde denge kontrollerinin yapılabilmesi için kesit lif sayısının da tanımlanması gereklidir. Kullanıcılar, *Parçalamayı Göster* düğmesine tıklayarak, kesit üçgenlendirmesini görüntüleyebilirler.



Yeni bir infrmDB elemanı eklenmesi ve kesit parçalanması

infrmFB ve infrmFBPH eleman sınıflarına benzer olarak, donatı şemasındaki olası değişiklikleri modelleyebilmek için kullanıcılar iki integrasyon kesidi arasında çoklu kesit tanımlayabilirler. Eleman bazında geçerli olacak sönümleme, *Sönümleme* iletişim kutusu üzerinden tanımlanabilir. Kullanıcılar, farklı türde tanımlanabilen sönüm türleri ve hangilerinin daha iyi olasılıklar olabilecekleri konularında daha detaylı bilgiye sahip olabilmek için Sönümleme menüsüne göz atabilirler.

Lokal eksen ve çıktı gösterimi diğer çerçeve elemanlarıyla aynıdır.

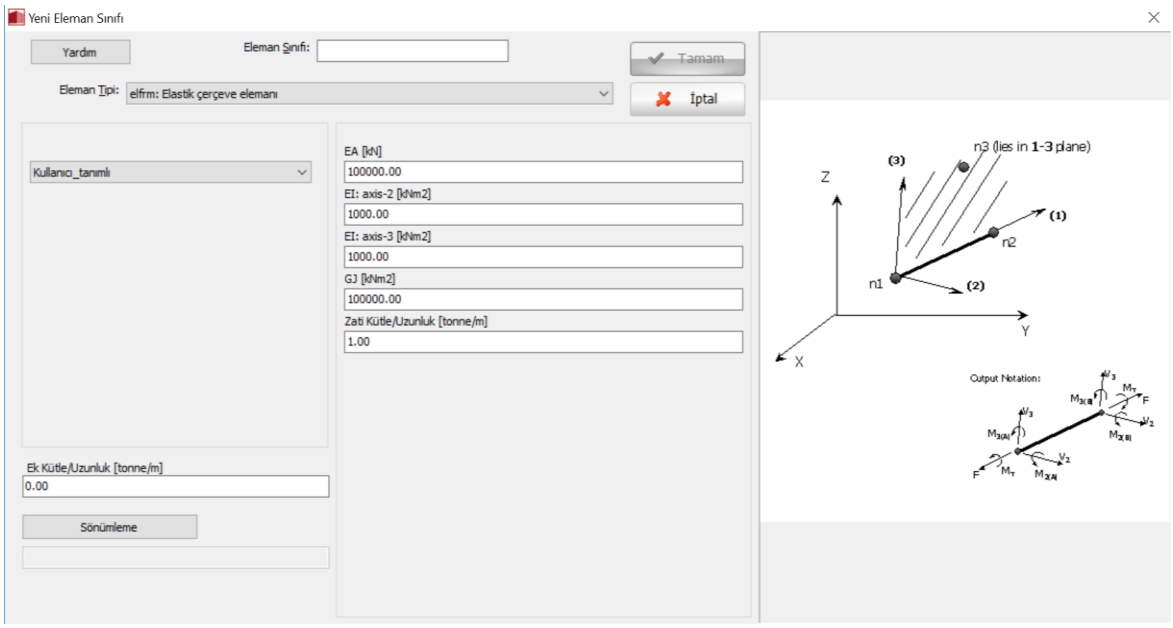
Elastik çerçeve elemanı - elfrm

Belirli koşullar altında elastik olmayan çerçeve elemanının tanımlanması gerekli olmayabilir (ör: özdeğer analizi, düşük şiddetli harekete maruz kalarak elastik davranan yapılar, köprü döşemesinin dinamik davranışı, vb). Böyle durumlarda doğrusal (lineer) elastik çerçeve elemanlarının kullanımı tercih sebebi olabilir, bu nedenle elfrm eleman tipi geliştirilmiş ve SeismoStruct içerisine yerleştirilmiştir.

Bu elemanın eksiksiz tanımlanabilmesi için, kullanıcılardan halihazırdaki bir kesidi seçmeleri (program gerekli elastik mekanik özellikleri kendi hesaplar) veya EA, EI2, EI3 and GJ değerlerini girmeleri istenir. Burada E, elastisite modülü; A, kesit alanı; I2 ve I3 de kesidin sırasıyla lokal eksen (2) ve (3) etrafındaki atalet momentleridir. Burulma katsayısı J ile gösterilir (ve polar atalet momentine eşit değildir); G ise kesme modülüdür ve G=E/(2(1+ν)) eşitliğinden elde edilir;ν Poisson oranıdır [bknz. Pilkey, 1994].

elfrm elemanının rijitlik matrisi eleman lokal eksen sisteminde aşağıda tanımlandığı gibidir:

$$\frac{1}{L}\begin{bmatrix} 4EI_2 & 0 & 2EI_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 4EI_3 & 0 & 2EI_3 & 0 & 0 \\ 2EI_2 & 0 & 4EI_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2EI_3 & 0 & 4EI_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & EA & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & GJ \end{bmatrix}$$



Yeni elfrm elemanı tanımlanması

Genel>Proje Ayarları>Sönümleme içerisinde tanımlanan genel (global) sönümlemenin yanı sıra, iletişim kutusu üzerinden elemana ait sönümleme de tanımlanabilir. Bu işlemi gerçekleştirebilmek için kullanıcıların *Sönümleme* düğmesine basarak en uygun sönümleme tipini seçmeleri gerekir (bu konuda daha iyi bir seçim için Sönümleme'ye başvurunuz).

ÖNEMLİ: Eleman seviyesinde tanımlanans önümleme, global sönümleme'ye göre daha önceliklidir. Yani, belirli bir elemanın serbestlik dereceleri ile ilişkili "global olarak hesaplanmış" sönümleme matris terimleri, elemanın kütle matrisinin kütle-orantılı parametre ile çarpımından veya elemanın rijitlik matrisinin rijitlik-orantılı parametre ile çarpımından veya eleman Rayleigh sönümleme matrisi sonucu hesaplanan terimlerle yer değiştirir.

NOT 1: *elfrm* elemanında, P-delta etkilerinin yanı sıra büyük yer değiştirme/dönme etkileri de gerektiği gibi hesaba katılır.

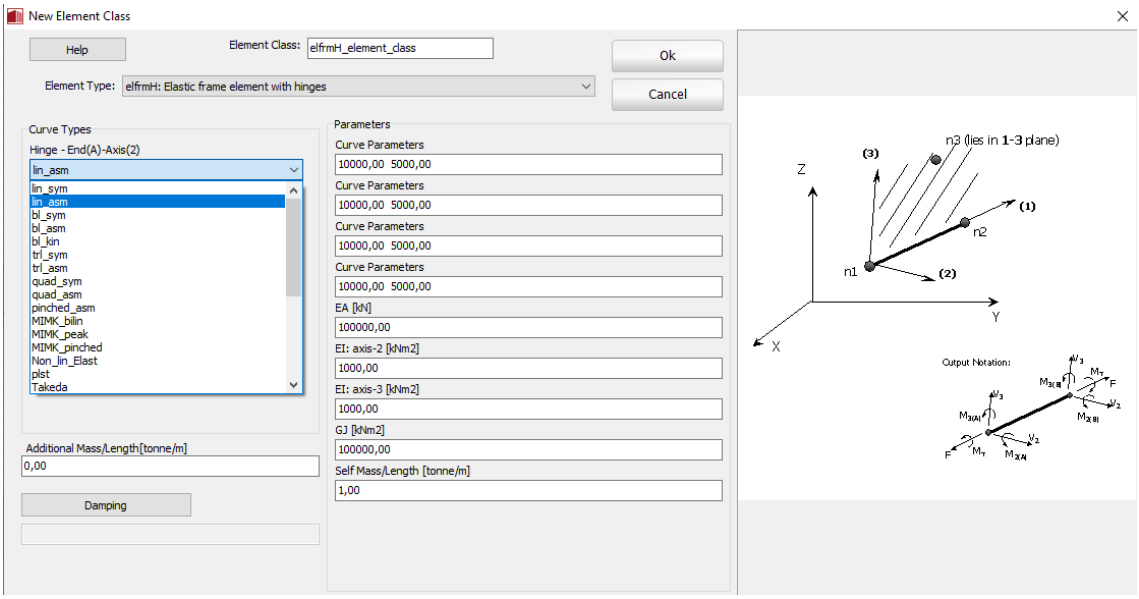
NOT 2: Rayleigh sönümleme eleman bazında tanımlanırsa, klasik olmayan Rayleigh sönümlemesi kullanılır; çünkü klasik Rayleigh sönümlemesinde sönüm miktarıelemanlar arasında farklılık göstermez, aynıdır.

Lokal eksenler ve çıktı gösterimi infrmDB ve infrmFB elemenlarıyla aynıdır.

Menteşeli elastik çerçeve elemanı – elfrmh

Bu, iki ucunda iki dönme yayı bulunan elastik doğrusal bir çerçeve elemanıdır. Doğrusal olmayan hareket, öğenin geri kalanı elastikken, öğenin uçlarındaki parçalı plastiklik yoluyla modellenir. İkinci ve üçüncü yerel eksenler etrafındaki plastik dönme deformasyonları moment-dönme tepki eğrileri kullanılarak modellenir.

Sonuç olarak, kullanıcının öğenin iki kenarındaki iki dönme derecesinin moment-dönme ilişkisini modelleyen tepki eğrilerini tanımlaması gerekir.



Yeni bir elfrmH öğesinin tanımı

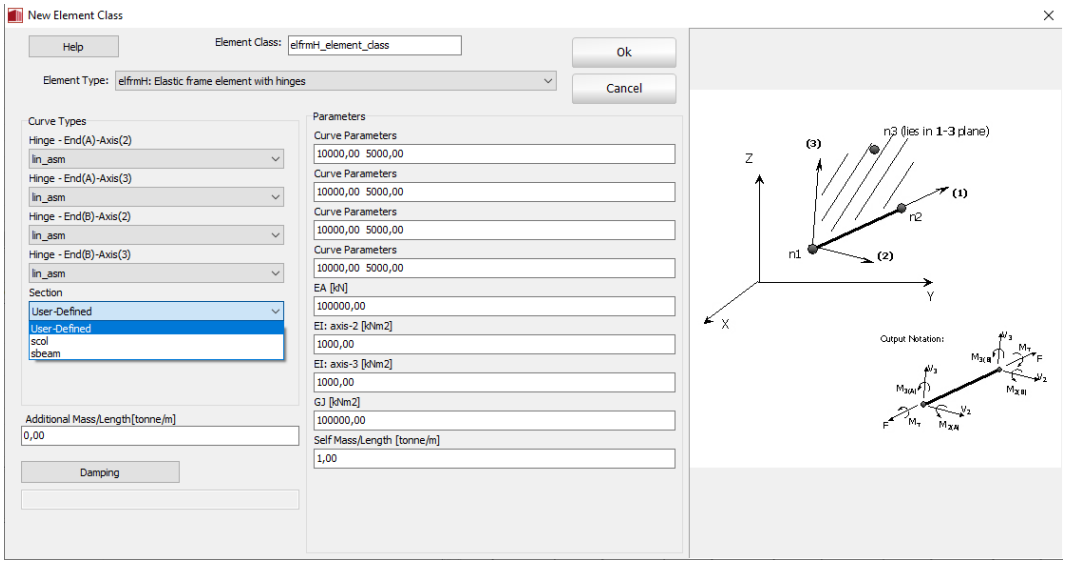
Şu anda, bir rackh öğe türü seçildiğinde, Öğe Sınıfı iletişim kutusundan seçilebilen yirmi dokuz tepki eğrisi mevcuttur.

- Doğrusal simetrik eğri - lin_sym
- Doğrusal asimetrik eğri - lin_asm
- Bilineer simetrik eğri - bl_sym

- Bilineer asimetrik eğri - bl_asm
- Bilineer kinematik sertleşme eğrisi - bl_kin
- Üç doğrusal simetrik eğri - trl_sym
- Üç doğrusal asimetrik eğri - trl_asm
- Dörtgen simetrik eğri - quad_sym
- Dörtgen asimetrik eğri - quad_asm
- Sıkıştırılmış asimetrik eğri - pinched_asm
- Bilineer Histeretik Yanıtlı Modifiye Ibarra-Medina-Krawinkler Bozulma eğrisi - MIMK_bilin
- Tepe Noktası Odaklı Histeretik Yanıtlı Modifiye Ibarra-Medina-Krawinkler Bozulma Modeli - MIMK_peak
- Sıkıştırılmış Histeretik Yanıtlı Modifiye Ibarra-Medina-Krawinkler Bozulma Modeli - MIMK_Pinched
- Doğrusal olmayan elastik eğri - Non_lin_Elast
- Plastik eğri - plst
- Basitleştirilmiş bilineer Takeda eğrisi -Takeda
- Asimetrik bilineer Takeda eğrisi -Takeda_asm
- Ramberg Osgood eğrisi - Ramberg_Osgood
- Değiştirilmiş Richard-Abbott eğrisi - Richard_Abbott
- Zemin-yapı etkileşim eğrisi - ssi_py
- Boşluk-kanca eğrisi - gap_hk
- Çoklu doğrusal eğri - multi_lin
- Pürüzsüz eğri - pürüzsüz
- Viskoz Damper - vsc_dmp
- Bouc Wen eğrisi - Bouc_Wen
- Elastik - Mükemmel plastik Boşluk eğrisi - gap_elpl
- Darbe tepki eğrisi - pound_hz
- Kendinden Merkezlemeli Brace tepki eğrisi - scb
- Jenerik Histeretik Eğri - gen_hyst

Bağlantı elemanı ile ilgili mevcut tepki eğrilerinin kapsamlı bir açıklaması için Ek G'ye bakınız.

Bu tür bir elemanı tam olarak karakterize etmek için kullanıcılardan ya önceden oluşturulmuş bir kesit belirtmeleri (program bunun için gerekli tüm elastik mekanik özellikleri otomatik olarak hesaplayacaktır) ya da bunun yerine EA, EI2, EI3 ve GJ'nin özel değerlerini belirtmeleri istenir; burada E elastikiyet modülü, A kesit alanı ve I2 ve I3 yerel eksenler (2) ve (3) etrafındaki eylemsizlik momentleridir (veya alanın ikinci momentleridir). Torsiyon sabiti J ile temsil edilir (kutupsal eylemsizlik momenti ile karıştırılmamalıdır), G ise G=E/(2(1+□)) olarak elde edilen sertlik modülünü temsil eder, burada □ Poisson oranıdır [örn. bkz. Pilkey, 1994].

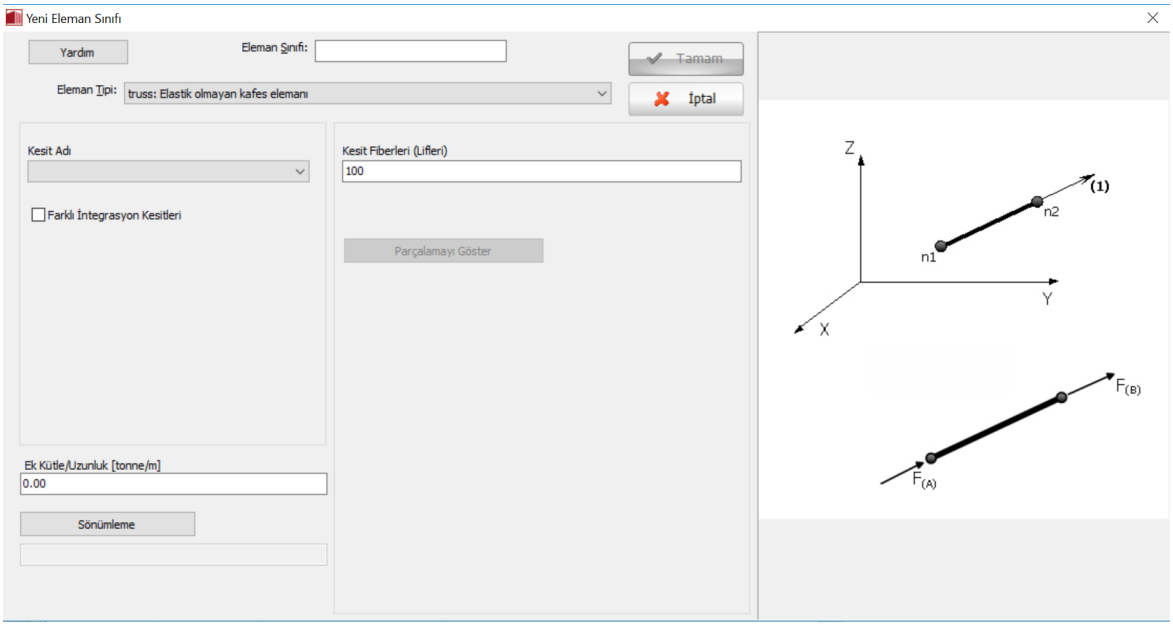


Yeni bir elfrmh öğesinin tanımı

Ayrıca, elfrm bölümlerinde açıklandığı gibi, Genel>Proje Ayarları>Damping'de tanımlanan global dampinge karşı elemana özgü bir damping tanımlamak da mümkündür. Son olarak, yerel eksenler ve çıktı gösterimi elfrm elemanı ile aynıdır.

Elastik olmayan kafes elemanı - truss

Elastik olmayan *kafes* elemanı, sadece eksenel yönde çalışan elemanların modellenmesinde kullanılır (ör: yatay ve düşey çaprazlar, çelik kafes sistemleri, vb). Bu elemanın tamamen tanımlanabilmesi için kullanıcıların kesidi ve kesitte kullanılacak olan fiber (lif) eleman sayısını girmeleri gerekmektedir. kafes elemanının rijitlik matrisi sadece bir terimden oluşur (EA) ve her analiz adımı başı güncellenir.



Yeni kafes (truss) elemanı tanımlanması

Genel>Proje Ayarları>Sönümleme içerisinde tanımlanan genel (global) sönümlemenin yanı sıra, iletişim kutusu üzerinden elemana ait sönümleme de tanımlanabilir. Bu işlemi gerçekleştirebilmek için kullanıcıların Sönümleme düğmesine basarak en uygun sönümleme tipini seçmeleri gerekir (bu konuda daha iyi bir seçim için Sönümleme'ye başvurunuz). Eleman bazında tanımlanan sönümleme, genel

(global) sönümleme'ye göre önceliklidir. Global sönümleme, serbestlik dereceleriyle bağıntılı olan ve "model bazında" hesaplanan sönüm matrisi katsayılarıdır. Rayleigh tipi sönümlemenin seçilmesi durumunda sönüm matrisi; kütle matrisinin ve rijitlik matrisinin ilgili parametrelerle çarpılıp, birbirleriyle toplanması yoluyla bulunur.

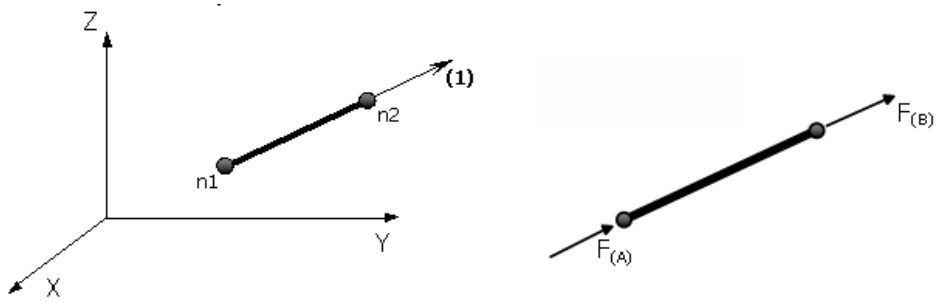
ÖNEMLİ: Eleman seviyesinde tanımlanan sönümleme, global sönümleme'ye göre daha önceliklidir. Yani, belirli bir elemanın serbestlik dereceleri ile ilişkili "global olarak hesaplanmış" sönümleme matris terimleri, elemanın kütle matrisinin kütle-orantılı parametre ile çarpımından veya elemanın rijitlik matrisinin rijitlik-orantılı parametre ile çarpımından veya eleman Rayleigh sönümleme matrisi sonucu hesaplanan terimlerle yer değiştirir.

NOT 1:E leman üzerinde herhangibir eğilme etkisi mevcut olmaadığından ötürü, infrm elemanlarına nazaran çok daha az fiber (lif) eleman sayısı kullanımıyla yeterli doğrulukta çözümlere ulaşılabilir.

NOT 2:Çapraz kafeselemanlarıyardımıylarijit kat döşemesi tanımlanması kat kirişlerinde gerçek dışı eksenel tesirler meydana getirebilir. Bu durumun çözümü için kullanıcılar sadece eksenel yönde etkileri iletebilen bağlantı elemanlarına bağlı çakışık sonsuz rijit *elfrm* elemanları tanımlayabilirler. Bu yolla, rijit eleman eksenel yükü kendi üzerine alırken, eğilme (dolayısıyla momentler) gerçek kiriş elemanlarına aktarılır.

NOT 3:Rayleigh sönümlemeni neleman bazında tanımlandığı durumlarda klasik olmayan Rayleigh sönümlemesi kullanılır. Çünkü klasik Rayleigh sönümlemesi genel olarak sönüm katsayısını tüm elemanlar için aynı kabul eder.

Lokal eksenler ve çıktı gösterimi aşağıdaki şekilde gösterildiği gibidir:

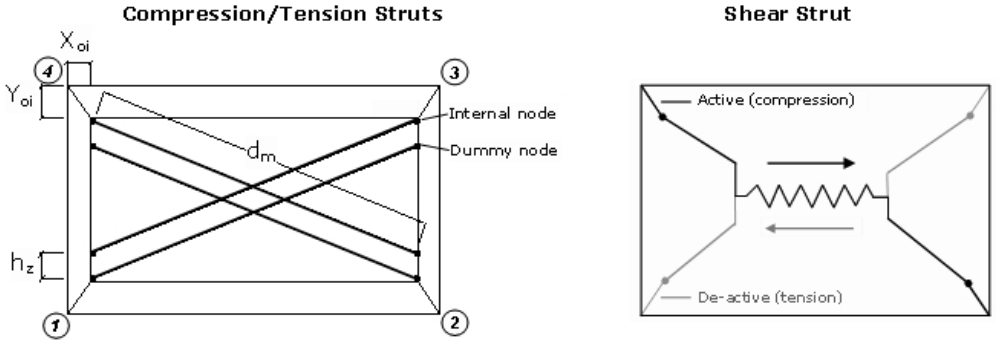


Elastik olmayan dolgu panel elemanı- infill

Çerçeveli yapılardaki dolgu panellerin doğrusal olmayan davranışlarını modellemek için Crisafulli [1997] tarafından geliştirilen ve ilk kez programlanan dört düğüm noktalı yığma panel (duvar) elemanı, Blandon [2005] tarafından SeismoStruct'a uygulandı. Her panel altı çubuk tarafından temsil edilmektedir; her iki diyagonal yönde, iki çapraz köşe arasında eksenel yükü taşımak için ikişer paralel çubuk ve panelin üstünden altına kadar kesme kuvvetini taşımak için bir üçüncü çubuk bulunmaktadır. Bu sonuncu çubuk sadece basınçta olan diyagonal boyunca çalışır, dolayısıyla "etkinleştirilmesi" panelin deformasyonuna bağlıdır. Eksenel yük çubukları yığma çubuk histeretik modelini kullanırken, kesme çubuğu özel iki doğrulu histeretik kuralını kullanır.

Ayrıca, aşağıdaki şekilde gözlendiği üzere, çerçeve ve dolgu paneli arasındaki gerçek teması hesaba katmak için dört dahili düğüm noktası kullanılırken (yani, kolonların ve kirişlerin sırasıyla genişlik ve yüksekliklerini hesaba katmak için), çerçeve ve dolgu panel arasındaki temas uzunluğunu hesaba

katmak amacıyla dört dummy (sahte) düğüm noktası tanımlanır. Tüm iç kuvvetler elemanın çerçeveye bağlandığı dört dış düğüm noktalarına dönüştürülür (burada belirtildiği gibi, bu noktalar saat yönünün tersi sırasında tanımlanmalıdır).



NOT: Dolgu duvar elemanları, yukarıda belirtildiği gibi çerçeve yapılardaki dolgu duvar etkisini hesaba katmak için modellense de, döşemelerdeki rijitlik katkılarını ve elastic olmayan davranış şablonlarını da akıllı bir şekilde taklit etmek için de kullanılabilirler. İstenen davranış, uygun özelliklere sahip bu eleman tiplerini ve/veya inelastic çubuk (kafes) eleman tiplerini stratejik olarak konumlandırılarak elde edilebilir (bkz. SeismoStruct Forum)

Bu tür bir elemanın tam olarak nitelendirilebilmesi için, aşağıdakilerin tanımlanması gerekmektedir:

Çubuk Eğrisi Parametreleri

inf_strut davranış eğrisi ile birlikte modellenen yığma çubuk histeretik modelinin tanımında kullanılır.

Eğri özellikleri	Tipik değerleri	Varsayılan değerler
İlk Young modülü – $\mathbf{E_m}$	$400f_m\theta$ - $1000\ f_m\theta$(kPa)	1600000 (kPa)
Basınç dayanımı – $\mathbf{f_m\theta}$	(bkz. Yardım Sistemi)	1000 (kPa)
Çekme dayanımı – $\mathbf{f_t}$	-	0 (kPa)
Maksimum gerilmede birim şekil değiştirme – ε_m	0.001 - 0.005 (m/m)	0.0012 (m/m)
Nihai birim şekil değiştirme – ε_u	-	0.024 (m/m)
Kapanma birim şekil değiştirmesi – ε_{cl}	0 - 0.003 (m/m)	0.004 (m/m)
Çubuk alan azaltma birim şekil değiştirmesi – ε_1	0.0003 - 0.0008 (m/m)	0.0006 (m/m)
Kalan çubuk alan birim şekil değiştirmesi – ε_2	0.0006 - 0.016 (m/m)	0.001 (m/m)
Başlangıç boşaltma rijitlik faktörü – γ_{un}	1.5 - 2.5 (-)	1.5 (-)
Birim şekil değiştirme geri yükleme faktörü – α_{re}	0.2 - 0.4 (-)	0.2 (-)
Birim şekil değiştirme büküm faktörü – α_{ch}	0.1 - 0.7 (-)	0.7 (-)
Tam boşaltma birim şekil değiştirme faktörü – β_a	1.5 - 2.0 (-)	1.5 (-)
Gerilme büküm faktörü – β_{ch}	0.5 - 0.9 (-)	0.9 (-)
Sıfır gerilme rijitlik faktörü – γ_{plu}		1 (-)
Yeniden yükleme rijitlik faktörü – γ_{pr}		1.5(-)
Plastik boşaltma rijitlik faktörü – e_{x1}		3 (-)

Eğri özellikleri	Tipik değerleri	Varsayılan değerler
Tekrarlanan tekrarlı birim şekil değiştirme faktörü – e_{x2}		1.4 (-)

Kesme Eğrisi Parametreleri

inf_shear davranış eğrisi ile birlikte modellenen yığma çubuk histeretik modelinin tanımında kullanılır.

Eğri özellikleri	Tipik değerleri	Varsayılan değerler
Kesme bağ dayanımı – τ_0	300 - 600 (kPa) (Hendry, 1990) 100 - 1500 (kPa) (Paulay ve Priestley, 1992) 100 - 700 (kPa) (Shrive, 1991)	300 (kPa)
Sürtünme katsayısı – μ	0.1 - 1.2 (-)	0.7 (-)
Maksimum kesme dayanımı – τ_{MAX}	-	600 (kPa)
Kesme azaltma faktörü – α_S	1.4 - 1.65 (-)	1.5 (-)

Dolgu Panel Kalınlığı (t)

Panel tuğlalarının tek başına genişliğine (örn. 12 cm) eşit olarak düşünülebilir veya sıvanın da katkısı dahil edilebilir (örn. 12+2x1.5=15 cm).

Düzlem Dışı Yıkılma Ötelemesi

Kat yüksekliğinin yüzdesi olarak ifade edilir ve panel elemanının devre dışı bırakılmasını (etkisizleştirme) belirler. Yani, panel (çerçeve değil) belirli bir düzlem dışı yıkılma ötelemesine ulaştığında, düzlem dışı mekanizma sebebiyle yıkıldığı varsayıldığından, artık yapının dayanımı ya da rijitliğine katkıda bulunmamaktadır.

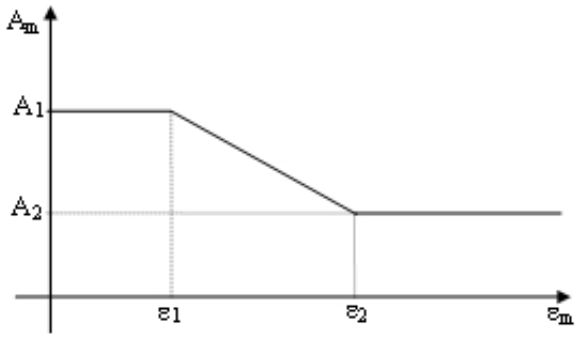
NOT: Yüksek frekansa ve/veya istenmeyen ivme modlarına çok hassas olabileceğinden, ivme-tetikli devre dışı bırakılma tanıtılmamıştır. Bununla birlikte, yine de geçici bir çözüm aşağıda not 5'te önerilmiştir.

Çubuk Alanı 1 (A1)

Panel kalınlığı ve eşdeğer çubuk genişliğinin (b_w) çarpımı olarak tanımlanır. Eşdeğer çubuk genişliği, bir çok araştırmacı tarafından deneysel veri ve analitik sonuçlara dayanarak belirtildiği üzere, genellikle dolgu duvarın köşegeninin (d_m) %10 ile %40'ı arasında değişir. Aslında, kullanıcının başvurabileceği, çeşitli yazarlar tarafından önerilen farklı derecelerde karmaşıklık gösteren bir çok ampirik ifade vardır [e.g. Holmes, 1961; Stafford-Smith, 1962; Mainstone & Weeks, 1970; Mainstone, 1971; Liauw & Kwan, 1984; Decanini & Fantin, 1986; Paulay & Priestley, 1992]. Bunlar Smyrou [2006] çalışmasında özetlenmiştir. Burada, Holmes [1961] veya Paulay & Priestley [1992] 'nin pratik önerileri b_w değerini mümkün olduğunca kolaylaştırarak(hatalı olduğu anlamına gelmez) sırasıyla d_m'nin 1/3 veya 1/4'ü olarak kabul etmektedir.

Çubuk Alanı 2 (A2)

A1'in yüzdesi olarak tanımlanır. Dolgu panelin çatlaması nedeniyle, yatay ve dolayısıyla eksenel yer değiştirmeler arttıkça, çerçeve ve dolgu arasındaki temas uzunluğunun azalmasının hesaba katılmasını amaçlar. Sonuç olarak, eşdeğer çubuk alanı etkilenir. Alanın eksenel birim şekil değiştirmenin bir fonksiyonu olarak doğrusal olarak değiştiği varsayılır (bkz. alttaki figür); bu değişmenin gerçekleştiği iki birim şekil değiştirme değeri yığma çubuk histeretik model'e girdi parametreleri olarak tanımlanır.



Eşdeğer temas uzunluğu (h_z)

Panel yüksekliğinin yüzdesi olarak tanımlanır, etkin olarak dahili ve dummy düğüm noktaları arasındaki mesafe, ve çerçeve ile dolgu panel arasındaki temaz uzunluğunu bir şekilde dikkate almak için kullanılır. Stafford-Smith [1966] tarafından $0.5\pi\lambda^{-1}$değerine eşit olarak tanımlanan gerçek temas uzunluğunun (z) 1/3'ünden 1/2'sine kadar olan değerlerle makul sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Burada, aşağıda verilen denklemle hesaplanan birimsiz göreceli rijitlik parametresidir; E_m yığma malzemenin elastik modülü, t_w panelin kalınlığı, diyagonal çubuğun kirişlerle olan açısıdır, E_cI_c kolonların eğilme rijitliği ve h_w dolgu panelin yüksekliğidir.

$$\lambda = h\sqrt[4]{\frac{E_m t_w \sin(2\vartheta)}{4E_c I_c h_w}}$$

Yatay ve Düşey Kaydırmalar (X_{oi} ve Y_{oi})

Panelin yatay ve düşey boyutlarının yüzdesi olarak tanımlanır ve çerçeve elemanlarının derinlikleri nedeniyle panelin boyutlarındaki azalmayı temsil eder. Diğer bir deyişle, bu parametreler harici ve dahili köşe düğüm noktaları arasındaki uzunluğu sağlar.

Kesmeye Atanan Rijitlik Oranı (γ_S)

Kesme yayına atanan panel rijitliği (program tarafından dahili olarka hesaplanır) oranını temsil eder (genellikle, 0.20 ve 0.60 arasında değişen bir değer kabul edilir). Diğer bir deyişle, çubuk rijitliği (K_A) ve kesme rijitliği (K_S) aşağıdaki gibi hesaplanır:

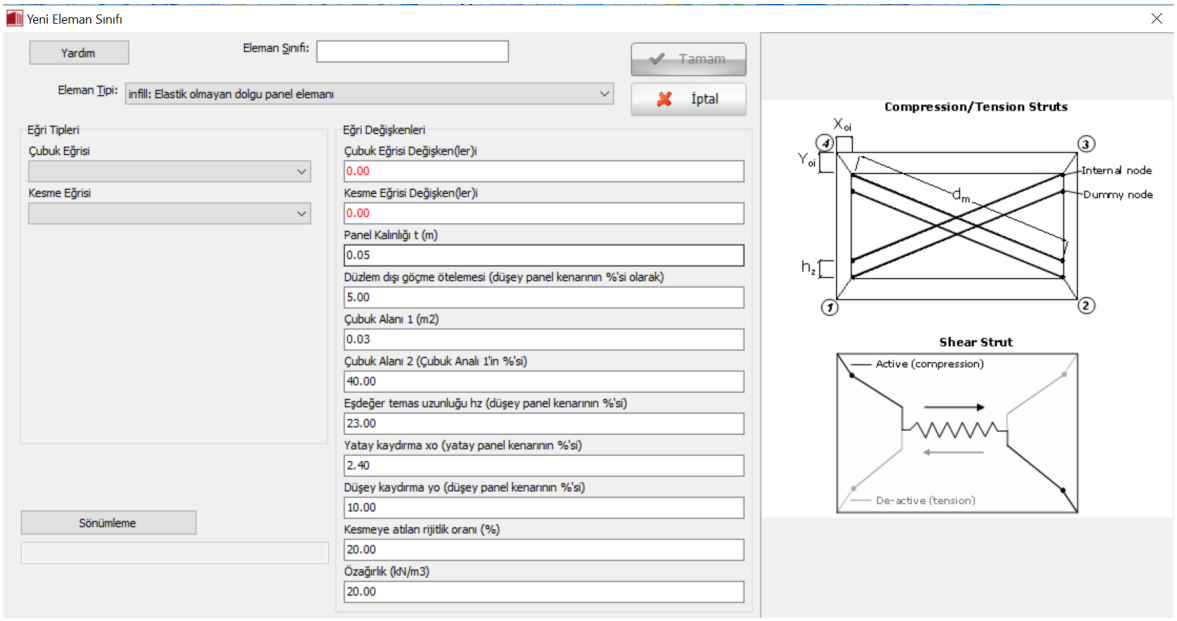
$$K_A = (1-\gamma_s)\frac{A_{ms}E_m}{2d_m} \qquad ve \qquad K_S = (\gamma_s)\frac{A_{ms}E_m}{d_m}cos^2\vartheta$$

Özgül ağırlık (γ)

Panelin hacimsel ağırlığını temsil eder (bu elemana herhangi bir kesit veya malzeme atanmadığı için zati ağırlığı burada tanımlanmalıdır). Varsayılan değer 10 kN/m^3'tür.

Bu elemanın iletişim kutusunda, burada açıklanan global sönümlemeye karşı, elemana-özgü sönümleme tanımlamak mümkündür. Bunu yapmak için, kullanıcıların sadece *Genel > Proje Ayarları > Sönümleme*'de bulunan *Sönümleme* düğmesine basmaları ve daha sonra söz konusu elamana en iyi uyan sönümleme tipini seçmeleri gerekir (kullanıcıların mevcut olan farklı sönümleme tipleri ve daha iyi seçenek ipuçları için *Sönümleme* menüsüne bakmaları tavsiye edilir).

ÖNEMLİ: Eleman seviyesinde tanımlanan sönümleme, global sönümleme'ye göre daha önceliklidir. Yani, belirli bir elemanın serbestlik dereceleri ile ilişkili "global olarak hesaplanmış" sönümleme matris terimleri, elemanın kütle matrisinin kütle-orantılı parametre ile çarpımından veya elemanın rijitlik matrisinin rijitlik-orantılı parametre ile çarpımından veya eleman Rayleigh sönümleme matrisi sonucu hesaplanan terimlerle yer değiştirir.



Yeni bir dolgu elemanının tanımlanması

NOT 1: Bu model (çubuk konfigürasyonu ile), sadece en yaygın yıkılma modlarını açıklama kapasitesine sahiptir. Çünkü, bütün yığma yıkılmalarını hesaba katacak bir model kayda değer bir karmaşıklık ve belirsizlik seviyesi nedeniyle kullanışlı olmayacaktır. Kullanıcıların bu model ile ilgili daha fazla detay için Crisafulli et al. [2000] ve Smyrou et al. [2006] çalışmalarına başvurmaları şiddetle tavsiye edilir.

NOT 2: Dolguduvarlarındayanımve rijitlikleri ilk yükler'in uygulanmasından sonra sunulur, böylece dolgu duvarlar yer çekimi yüklerini taşımaz (bu yükler, normal olarak daha önce inşa edilen çerçeve tarafından taşınır). Eğer kullanıcılar, bu yer çekimi yüklerinin dolgu duvarlar tarafından taşınmasını isterlerse, bu yükleri ilk-olmayan yükler olarak tanımlamalıdırlar.

NOT 3: Çokdetaylımodellerde, dolgu duvarların çerçeveye çoğunlukla rijit bir şekilde bağlanmamasını dikkate almak için, kullanıcılar çerçeve ve dolgu panel düğüm noktaları arasında bağlantı elemanları tanımlamak isteyebilirler.

NOT 4: Ayrıca, kullanıcılarpanelindüzlem dışı yıkılmasına sebep olan belirli bir eşik sınırını aşan düzlem dışı ivme değerlerini kontrol etmek isteyebilirler.

NOT 5: Dolguduvarlıçerçevelerindavranışının değerlendirilmesinde, dolgu panellerde yer alan boşluklar önemli bir belirsizlik oluşturmaktadır. Bir çok araştırmacı [örn. Benjamin & Williams, 1958; Fiorato et al., 1970; Mallick & Garg, 1971; Liauw & Lee, 1977; Utku, 1980; Dawe & Young, 1985; Thiruvengadam, 1985; Giannakas et al., 1987; Papia, 1988; Hamburger, 1993; Bertoldi et al., 1994; CEB, 1996; Mosalam et al., 1997; Gostic & Zarnic, 1999; De Sortis et al., 1999; Asteris, 2003], boşlukların farklı konfigürasyonlarının (boyut ve yerleşim bakımından) dayanım ve rijitlik üzerine etkisini araştırmıştır. Ne yazık ki,bir şekilde anlaşılır olan çok sayıda değişken ve belirsizliğin dahil olması nedeniyle, bu konu üzerinde bir karara henüz varılamamıştır; yukarıda listelenen yayınların her biri farklı nicel sonuç ve önerilere bağlanmıştır. Bu nedenle kullanıcıların, söz konusu yapıda var olan boşlukların nasıl dikkate alınması gerektiğine karar vermesi için, kendi mühendislik muhakemesi ve deneyimleri ile literatürün bu konu hakkında kapsamlı istişaresine (yukarıda küçük bir kısmı listelenmiştir) başvurmaları gerekir. Kolaylaştırıcı bir öneri olarak, boşlukların dolgu çerçevenin davranışına etkisi, Çubuk Alanı (A1) 'nın değerini, ve dolayısıyla panelin rijitliğini, boşluk alanının panele göre orantılı olarak azaltılmasıyla dikkate alınabilir. Yani, Smyrou et al. [2006] tarafından gösterildiği üzere, eğer belirli bir dolgu panelindeki boşluklar panel alanının %15'inden %30'una kadarsa, A1 değerini (yani dayanımını) %30 ve %50 arasında değişen bir değerle azaltmakla iyi bir davranış elde edilebilir. Dolgu panelin mukavemeti söz konusu olduğunda, ve başka araştırmacılar tarafından bu konu üzerine yapılmış gözlemlerin çeşitliliği düşünüldüğünde, eğer iyi bir kanıt yoksa, kullanıcılar standart boşlukları (dolgu panelin alanının %30'undan fazla olmayan boşlukları) hesaba katmak için bu değeri değiştirmemelidirler.

NOT 6: KullanıcılaraCelarec and Dolšek [2012]'in çalışmasını okumaları tavsiye olunur. Bahsi geçen çalışmada, betonarme binalarda bulunan dolgu duvarların kesme kuvveti istemine ve kolon göçmelerine olan etkileri tarışılmaktadır ve bu etkilerin direct olarak hesaba katılamadığı basitleştirilmiş modeller kullanarak modelleme şekilleri incelenmektedir.

Yığma eleman tipi - masonry

Bu eleman, 3 boyutlu, kuvvet bazlı, esas olarak yığma elemanının eğilme davranışının modellenmesinde kullanılan plastik mafsal elemanı ile (burada 'iç alt-eleman' olarak anılacaktır), elemanın iki ucunda kesme davranışını simüle eden iki bağlantıdan (burada "dış bağlantılar" veya "bağlantı alt-elemanlar" olarak anılacaktır) oluşan bir kombinasyonudur. İç alt-eleman ve dış bağlantılar bükülme momenti ve kesme kuvvetinde dengeyi sağlamak üzere seri olarak bağlanmıştır. Bağlantı alt-elemanlarının tek 'aktif' serbestlik dereceleri, kayma yönlerindeki (düzlem içi ve düzlem dışı) iki öteleme dereceleridir, diğer dört serbestlik dereceleri (eksenel ve 3 dönme) tam olarak rijit bağlantılardır. Hem duvar duvarları hem de kirişler böyle bir konfigürasyonla doğru bir şekilde modellenebilir.

Bağlantı alt-elemanlarının kesme serbestlik derecelerinin oluşturduğu histeretik eğri, tüm elemanın kesme davranışını tanımlayan olgusal bir yasaya göre, SeismoStruct'ın içinde hali hazırda bulunan MIMK doğrusal olmayan iki doğrulu eğriye bağlıdır (iki doğrulu histeretik kurallara sahip Modifiye Ibarra-Medina-Krawinkler bozulma eğrisi). Aynı anda, fiber-kesit modelleme de iç alt-elemanda birleştirilmiş eksenel-eğilme davranışının daha doğru bir tanımlanmasını sağlar. Kesit gerilme-birim şekil değiştirme, kesitin bölündüğü her bir lifin (fiber) doğrusal olmayan tek eksenli malzeme tepkisinin entegrasyonu ile, inelastisitenin eleman uzunluğu ve kesit derinliği boyunca tamamen yayılmasını hesaba katarak, elde edilir, (bkz. Malzeme inelastisitesi bölümü).

Elemanın kayma mukavemetinin belirlenmesi modelin doğruluğu açısından çok önemlidir ve bu, yığma malzemesinin özellikleri, elemanın boyutları ve seçilen Yapısal Koda bağlı olarak model tarafından otomatik olarak hesaplanır. Aşağıdaki denklemler eleman kesme kapasitesinin hesaplanması için kullanılır (farklı standartlarda farklı denklemlerin kullanıldığı dikkate alınmalıdır).

- Eurocode 8'de, sürtünmeye bağlı kayma göçme mekanizması için aşağıdaki ifadeler kullanılır:
  $V_f = f_{vd} D' t$ (C.2) EC8: Bölüm 3

- ASCE 41-23'de donatısız yığma duvarlar için, aşağıdaki ifadelere göre sürtünmeye bağlı kayma ve diyagonal çekme mukavementinin alt değeri kullanılmaktadır:

$$Q_{CE} = V_{bjs1} = v_{me}A_n \quad \text{(11-10) ASCE 41-23}$$

$$Q_{CL} = V_{dt} = f'_{dt}A_n\beta\sqrt{1+\frac{f_\alpha}{f'_{dt}}} \quad \text{(11-13) ASCE 41-23}$$

- ASCE 41-23'de donatısız yığma kirişler için, aşağıdaki ifadelere göre sürtünmeye bağlı kayma ve diyagonal çekme mukavementinin alt değeri kullanılmaktadır:

$$V_{s1} = \frac{2}{3}\left(c_{bj} + \mu_f p_{sp}\right)h_{sp}b_{sp} \quad \text{(11-18) ASCE 41-23}$$

$$V_{s2} = f'_{dt}\beta_{sp}h_{sp}b_{sp}\sqrt{1+\frac{p_{sp}}{f'_{dt}}} \quad \text{(11-19) ASCE 41-23}$$

- ASCE 41-23'de donatılı yığma duvarlar ve kirişler için, aşağıdaki ifadeler kullanılır:

$$V_n = (V_{nm} + V_{ns})\gamma_g \quad \text{(Equation 9-21) TMS 402}$$

- NTC-18'de donatısız yığma için, farklı malzeme türleri için farklı ifadeler kullanılır: (i) bloklu yığmada Mohr-Coulomb kriteri kullanılır, (ii) tuğla veya düzenli taş yığmada, mukavemet, Turnšek-Čačovič ve Mann-Müller kriterleri arasından düşük değeri alır ve (iii) düzensiz taş yığmada Turnšek-Čačovič ifadesi kullanılır.

  Mohr-Coulomb (§7.8.2.2.2 NTC-18 ve §6.2 EC6): $V_t = f_{vd}l't$

  Turnšek-Čačovič (NTC-18 §C8.7.1.3.1.1 Açıklaması):

$$V_t = \frac{1.5\tau_{0d}lt}{b}\sqrt{1+\frac{\sigma_0}{1.5\tau_{0d}}} = \frac{f_{td}lt}{b}\sqrt{1+\frac{\sigma_0}{f_{td}}}$$

  Mann-Müller (NTC-18 §C8.7.1.3.1.1 Açıklaması): $V_t = \frac{lt}{b}\left(\frac{f_{vod}}{1+\mu\phi}+\frac{\mu}{1+\mu\phi}\sigma_0\right) \le V_{t,lim}$

- NTC-18 ve donatılı yığma için, kesme mukavemeti §7.8.3.2.2 NTC2018 göre hesaplanır:

$$V_t = V_{t,M} + V_{t,S} \quad \text{(7.8.7) NTC-18}$$

$$V_{t,M} = d \cdot t \cdot f_{vd} \quad \text{(7.8.8) NTC-18}$$

ve

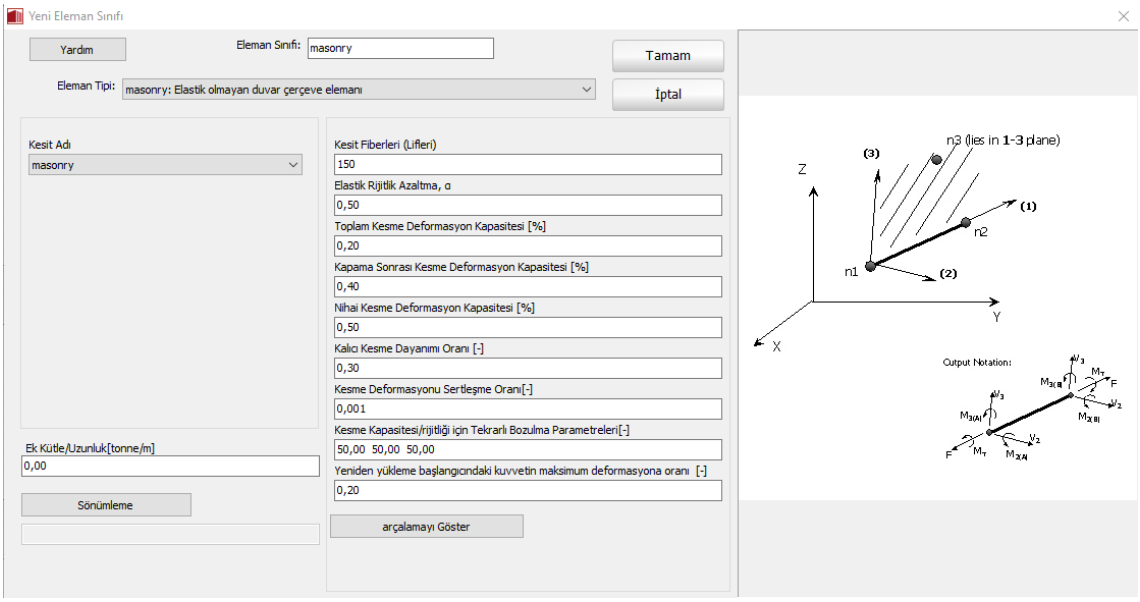
$$V_{t,S} = \left(0{,}6 \cdot d \cdot A_{sw} \cdot f_{yd}\right)/s \quad \text{(7.8.9) NTC-18}$$

KANEPE'ye göre, kontroller için EC8 ifadelerinin kullanıldığına dikkat edin. Benzer şekilde, TBDY ile ASCE 41 denklemleri kullanılır. Her bir Standartta kullanılan ifadelerin tam bir açıklaması için, kullanıcılar Ek H1 ila H6'ya başvurabilir.

Yığma eleman tipi ile iki özel yığma malzeme modeli kullanılabilir; mas_par ve mas_tl. İlki, con_ma beton malzeme modeline dayanırken, ikincisi degradasyon ve nihani mukavemete sahip daha basit bir çoklu doğrusal modeldir. Her iki model de, eleman kesme mukavemetinin belirlenmesinde kullanılan basınç, kesme ve gerilme mukavemeti gibi parametrelere sahiptir. Benzer şekilde, SeismoStruct'ta biri duvar, mws diğeri kiriş, mss olmak üzere yığmaya özgü iki kesit türü vardır. Hem donatısız, hem donatılı yığma elemanlar önerilen özelliklerle etkili bir şekilde modellenebilir.

NOT: Yığma elemanı türü yalnızca mas_par ve mas_tl malzeme modelleriyle kullanılabilir. Benzer şekilde, sadece mws ve mss özel yığmakesit tipleri kullanılabilir. Bunun nedeni, bunların eleman kayma mukavemetinin otomatik olarak hesaplanmasında kullanılan parametreleri saklayabilmesidir.

Kullanıcılar, yığma kesme mukavemetini (i) yalnızca ilk adımda, (ii) kaymada akmaya kadar tüm adımlarda veya (iii) her adımda, yani en yüksek eleman kapasitesine ulaştıktan sonra bile hesaplayıp hesaplamayacaklarını seçebilirler. Varsayılan seçenek ikincisidir, yani kesme dayanımını akmaya kadar güncellemektir. Bu doğruluk ve stabilite için en iyi kombinasyondur, çünkü kapasite eğrisinin azalan kısmındaki kesme dayanımının güncellenmesi, çözümün doğruluğunu önemli ölçüde artırmadan yakınsama zorluklarına yol açar.



Yeni bir yığma elemanının tanımı

Eleman özelliklerinin tam tanımı için gerekli parametreler şunlardır (yukarıdaki şekle bakınız):

- İç alt-elemanın entegrasyon bölümlerinin her birinde gerçekleştirilen denge hesaplamalarında kullanılan kesit fibrelerinin sayısı.

- Elastik rijitlik azalması α, hesaplamalarda kullanılan kesme kuvveti-deformasyon eğrisinin elastik çatlaksız rijitlik azalmasıdır.

- Elemanın nihai deformasyon kapasitesi olan toplam kayma deformasyon kapasitesi $d_{tot}=d_{yield}+d_{plastic}$. Akma dayanımındaki deformasyonun, d_{yield}, doğrudan program tarafından elastik kayma rijitliği ve akma mukavemetinden kullanılarak hesaplandığı belirtilmelidirç

- Kapatma sonrası (post-capping) kayma deformasyon kapasitesi: Bu, kesme kuvveti-deformasyon eğrisinin azalan dalının ekstrapolasyonunun sıfır eksenine ulaştığı deformasyon seviyesidir.

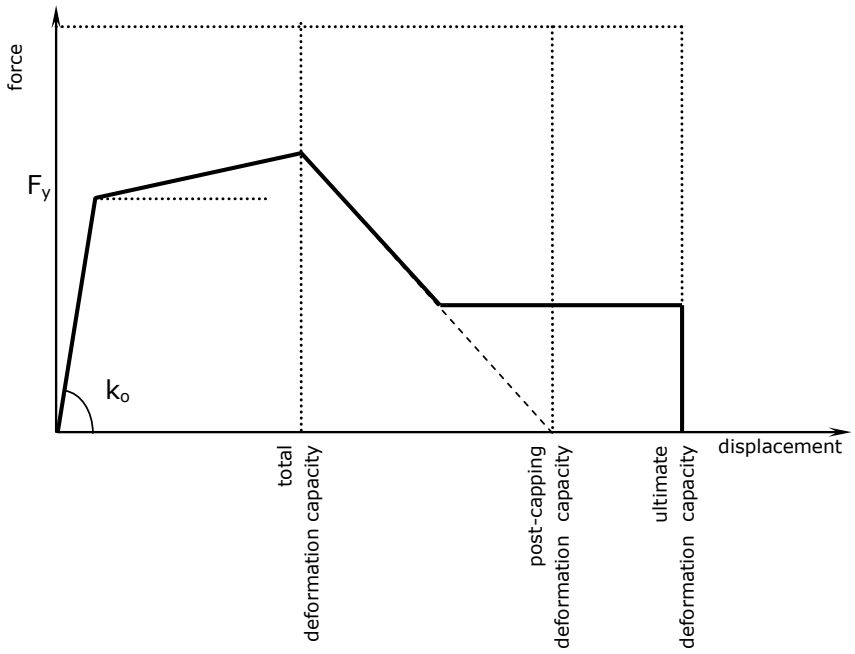
- Nihai kayma deformasyon kapasitesi: Bu, nihai mukavemetin olmadığı deformasyon seviyesidir.

- Nihai kesme mukavemeti oranı, maksimum mukavemet (toplam deformasyon kapasitesi seviyesinde) ile nihai mukavemet arasındaki orandır.

- Kayma deformasyon pekleşme oranı, kesme kuvveti-deformasyon eğrisinin elastik ve plastik kısımları arasındaki orandır.

- Kesme mukavemeti ve rijitlik için döngüsel bozulma parametreleri şu üç parametredir: (i) mukavemet bozulması için döngüsel bozulma parametresi - Λs, (ii) yük boşaltma rijitlik bozulması için döngüsel bozulma parametresi - ΛK ve (iii) kapatma sonrası (post-capping) mukavemet bozulması için döngüsel bozulma parametresi - Λc. Tüm parametreler için, faktör ne kadar küçükse, eğride empoze edilen bozulma o kadar büyük olur, ancak sıfır değerinin hiçbir bozulmaya yol açmayacağına dikkat edin. Parametrelerin tam açıklaması için MIMK_bilin eğrisinin belgelerine bakın.

- Yeniden yüklemenin başlangıcındaki kuvvet ile pozitif ve negatif yükleme yönleri için deneyimlenen maksimum deformasyona karşılık gelen kuvvet arasındaki oran.

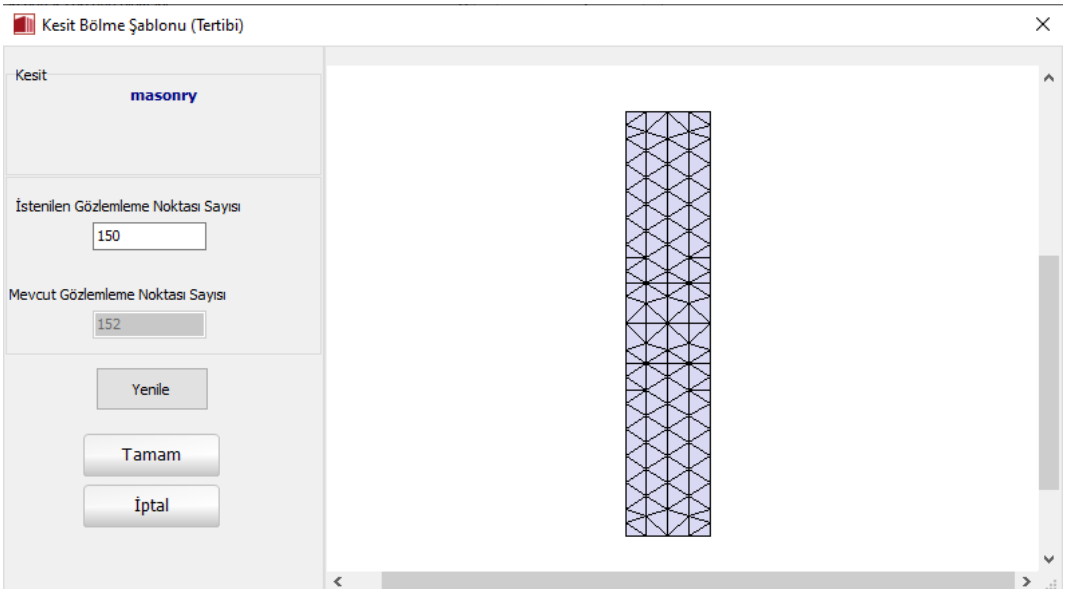


Yığma modelinde kullanılan kesme kuvveti-deformasyon eğrisi

Kesit lifleri (fiber) ile ilgili olarak, elemanın kesiti boyunca gerilme-birim şekil değiştirme dağılımının yeterli bir şekilde yeniden oluşturulmasını garanti etmek için yeterli olan ideal sayı şekil ve malzeme özellikleri ve elemanın zorlanacağı inelastisiteye göre değişir. Genel bir kural olarak, kullanıcılar genel olarak 100 lifin yeterli olması gerektiğini düşünebilirler.

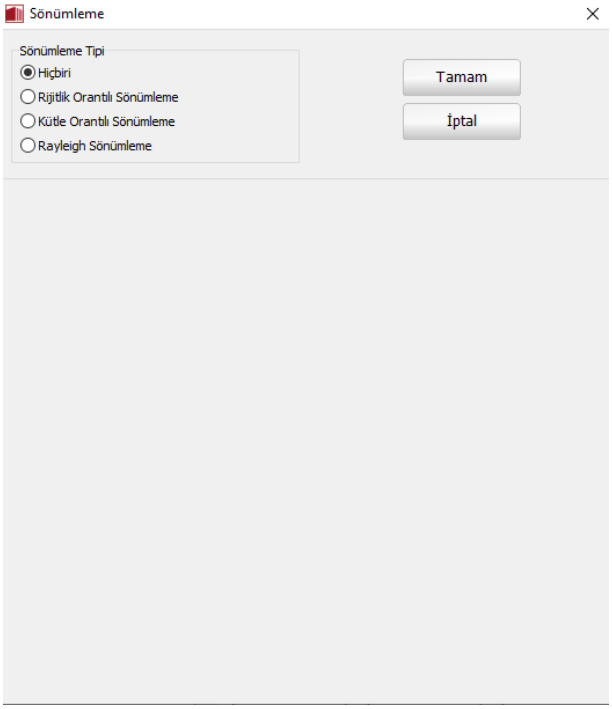
Bölüm Parçalarına Ayırma Modülü diyalog kutusunda yazılım, analizde kullanılacak olan izleme noktalarının istenen ve gerçek (üçgenleme prosedürlerini kullanarak kesit parçalarına ayrıldıktan sonra) sayısını sağlar. Yenile düğmesine tıklayarak, kesitparçalanmasının görünümünü güncellemek mümkündür.

Elastik olmayan çerçeve eleman tiplerine benzer şekilde, donatı detaylarındaki değişiklikleri temsil etmek için elemanları ayırmak yerine, eleman başına tek bir parça kullanmak ve daha sonra içinde birden fazla kesit tanımlamak mümkündür. Bu kesitlerin sadece donatıda farklılık gösterebileceğine dikkat edilmelidir (yani kesit tipi, boyutlar ve malzemeler aynı olmak zorundadır).



Çoklu kesitler

Bu elemanın diyalog kutusunda, *Genel> Proje Ayarları> Sönümleme*'de tanımlanan global sönümlemenin aksine, elemana özgü bir sönümleme tanımlamak da mümkündür. Bunu yapmak için, kullanıcıların sadece Sönümleme düğmesine basması ve ardından söz konusu elemana daha iyi uyan sönümleme türünü seçmesi gerekir (kullanıcılar, mevcut farklı sönümleme türleri hakkında Sönümleme menüsüne başvurmalı ve hangilerinin daha iyi seçenek olabileceğine dair ipuçları almalıdır).

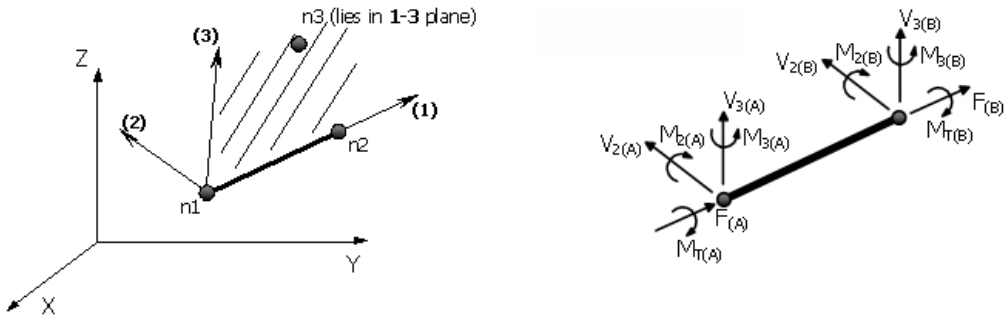


Elemana özgü sönümlemenin tanımı

ÖNEMLİ: Eleman seviyesinde tanımlanan sönümleme, global sönümlemeye göre önceliklidir, yani belirli bir elemanın serbestlik dereceleriyle ilişkili "global olarak hesaplanan" sönümleme matrisi katsayıları şu katsayılar ile değiştirileceltir; elemanın kütle matrisinin kütle orantılı bir parametre ile çarpımı veya eleman rijitlik matrisinin rijitlikorantılı bir parametre ile çarpımı veya bir eleman Rayleigh sönümleme matrisinin hesaplanması.

NOT: Rayleigh sönümlemesi, bir elemandan diğerine değişen katsayılar kullanılarak veya global sönümleme ayarlarında kullanılanlara göre eleman seviyesinde tanımlanırsa, klasik olmayan Rayleigh sönümlemesi modellenir, çünkü Rayleigh sönümlemesi tek tip sönümleme tanımı gerektirir.

Yerel eksenler ve çıktı gösterimi aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır. Yerel eleman eksen sisteminin oryantasyonunun belirlenmesi hakkında ayrıntılı bir açıklama için Ek A'daki global ve yerel çerçeve eksenleri irdelemesine bakınız.



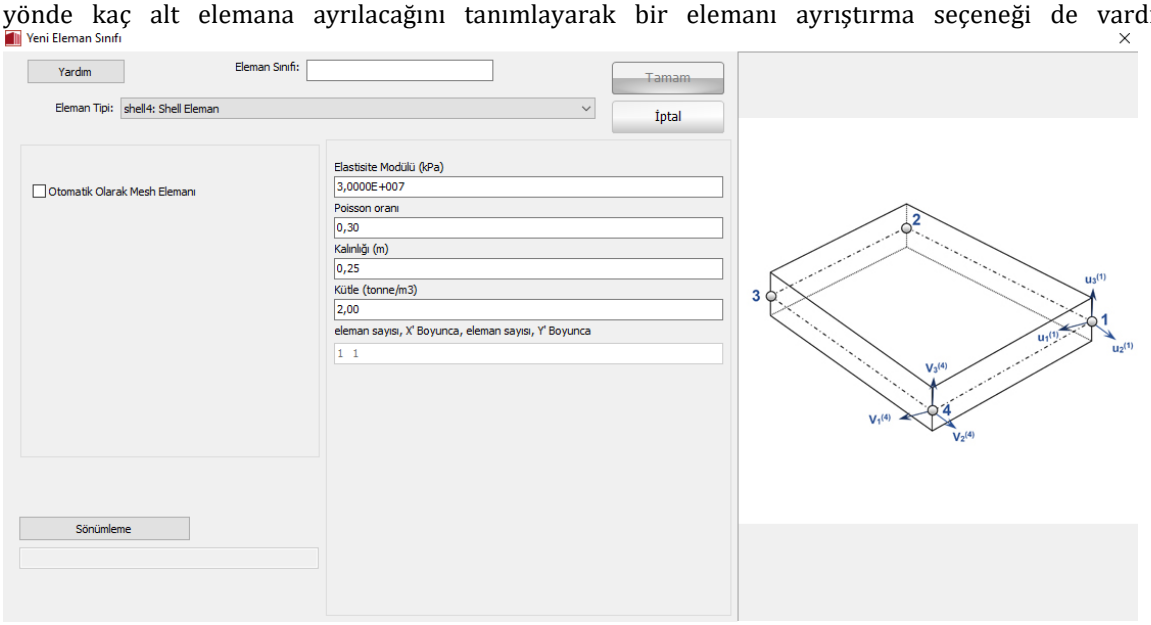
Yığma elemanlar için Yerel Eksenler ve Çıktı Gösterimi

Kabuk eleman tipi - shell4

Bu eleman 4 düğümlü 3 boyutlu bir kabuk elemanıdır (dörtgen kabuk elemanı). Dvorkin ve Bathe (1984) tarafından tanımlanan karışık interpolasyonlu gerilme bileşenleri (MITC) eleman formülasyonunu takip eder. Bu eleman plaka bükme ve kabuk davranışını birleştirmektedir. Kabuk eleman, zeminler/plakalar (hem ince hem de kalın plakalar için geçerlidir) ve duvarlar gibi yapısal elemanların ve genel olarak düzlem içi ve düzlem dışı yük taşıyan yüzeylerin modellenmesinde kullanılabilir. Bu eleman düğüm başına altı serbestlik derecesi ile elastiktir.

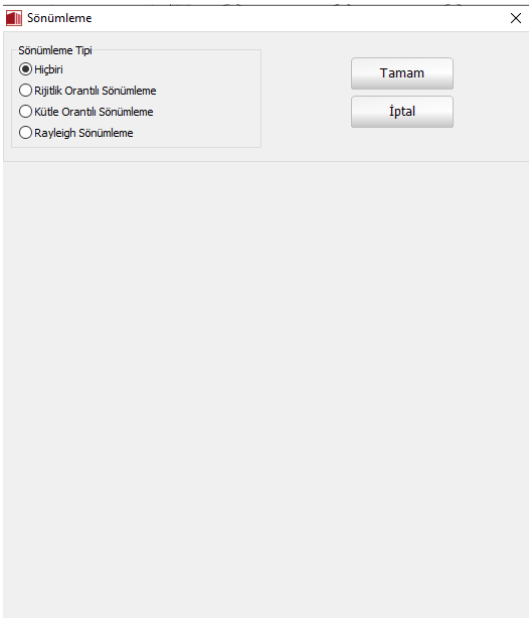
Shell4n elemanını tam olarak tanımlamak için kullanıcının esneklik modülünü, Poisson Oranını, kalınlığı ve elemanın dağıtılmış kütlesini belirtmesi gerekir. Ayrıca, ilgili seçeneği işaretleyerek ve elemanın her

yönde kaç alt elemana ayrılacağını tanımlayarak bir elemanı ayrıştırma seçeneği de vardır.



Yeni bir shell4 elemanının tanımı

Bu elemanın iletişim kutusunda, Genel>Proje Ayarları>Sönümleme (Damping)'de tanımlanan global sönümlemenin aksine, elemana özgü bir sönümleme tanımlamak da mümkündür. Bunu yapmak için kullanıcıların Sönümleme (Damping) düğmesine basmaları ve ardından söz konusu elemana daha uygun olan sönümleme türünü seçmeleri yeterlidir (kullanıcılar, mevcut farklı sönümleme türleri hakkında bir tartışma ve hangisinin daha iyi seçenekler olabileceğine dair ipuçları için Sönümleme menüsüne başvurmalıdır).

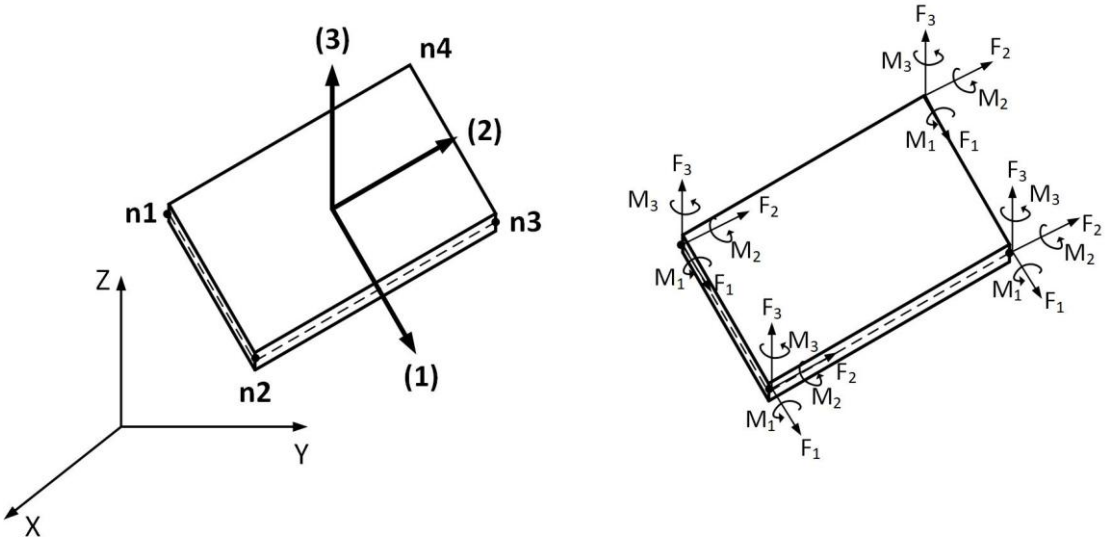


Elemana özgü bir sönümlemenin tanımı

ÖNEMLİ: Eleman seviyesinde tanımlanan sönümleme global sönümlemeye göre önceliklidir, yani belirli bir elemanın serbestlik dereceleriyle ilişkili "global olarak hesaplanan" sönümleme matrisi katsayıları, elemanın kütle matrisinin kütle orantılı bir parametre ile çarpılmasıyla, eleman sertlik matrisinin sertlik orantılı bir parametre ile çarpılmasıyla veya bir eleman sönümleme Rayleigh matrisinin hesaplanmasıyla hesaplanan katsayılarla değiştirilecektir.

NOT: Rayleigh sönümlemesi, bir elemandan diğerine değişen katsayılar kullanılarak veya global sönümleme ayarlarında kullanılanlara göre eleman seviyesinde tanımlanırsa, klasik olmayan Rayleigh sönümlemesi modelleniyor demektir; Rayleigh sönümlemesinin sınıflandırılması için tek tip sönümleme tanımı gerekir.

Yerel eksenler ve çıkış notasyonu aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır. Genel olarak yerel eksen (1) düğüm 1 - düğüm 2 yönü ile aynı hizada, yerel eksen (2) eleman düzleminde eksen (1)'e dik ve yerel eksen (3) eksen (1) ve eksen (2) tarafından oluşturulan düzleme diktir.



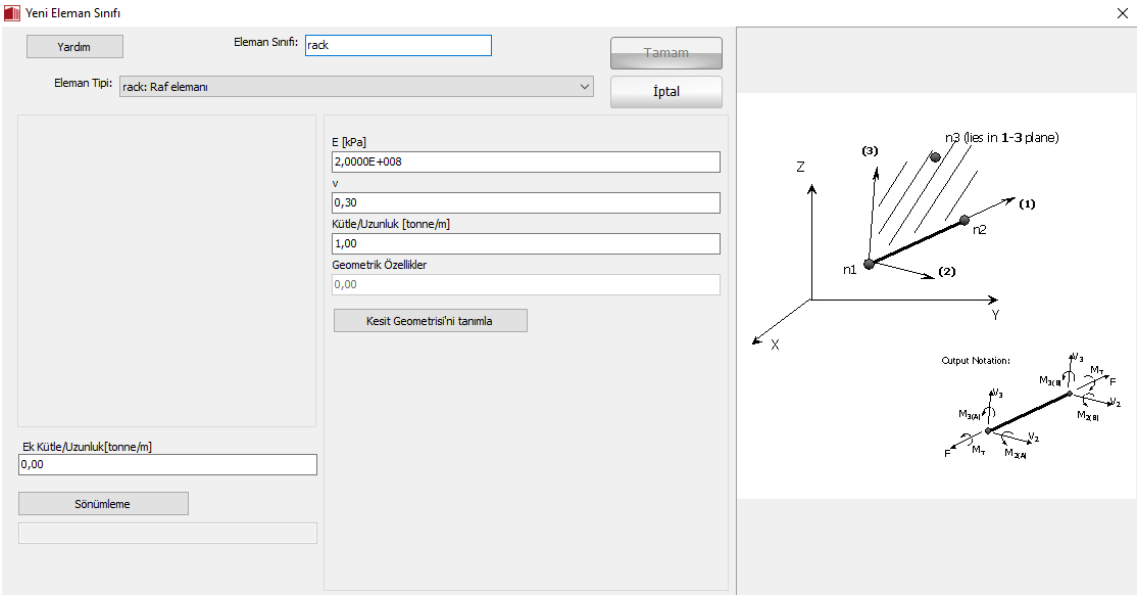
Shell4n elemanları için Yerel Eksenler ve Çıkış Gösterimi

Raf eleman tipi - rack

Bu eleman, ince duvarlı, açık kesitli bir 3D kiriş elemanıdır. Eleman, düğüm başına yedi serbestlik derecesiyle karakterize edilir. Böylece hem yer değiştirmeler, hem iç gerilmeler, eğilme yer değiştirmeleri ve iki momentli gerilmelerin dahil olduğu hem de eğilme ile burulma arasındaki bağlaşıklıktan elde edilen eğilme-burulma ve yanal-burulma burkulması doğru bir şekilde tahmin edilir. Dahası, model, kesme merkezinin kütle merkezine eksantrikliğini hesaba katar ve tüm Wagner katsayılarını dikkate alır, bu da onu simetrik olmayan kesitlerle kullanım için uygun kılar.

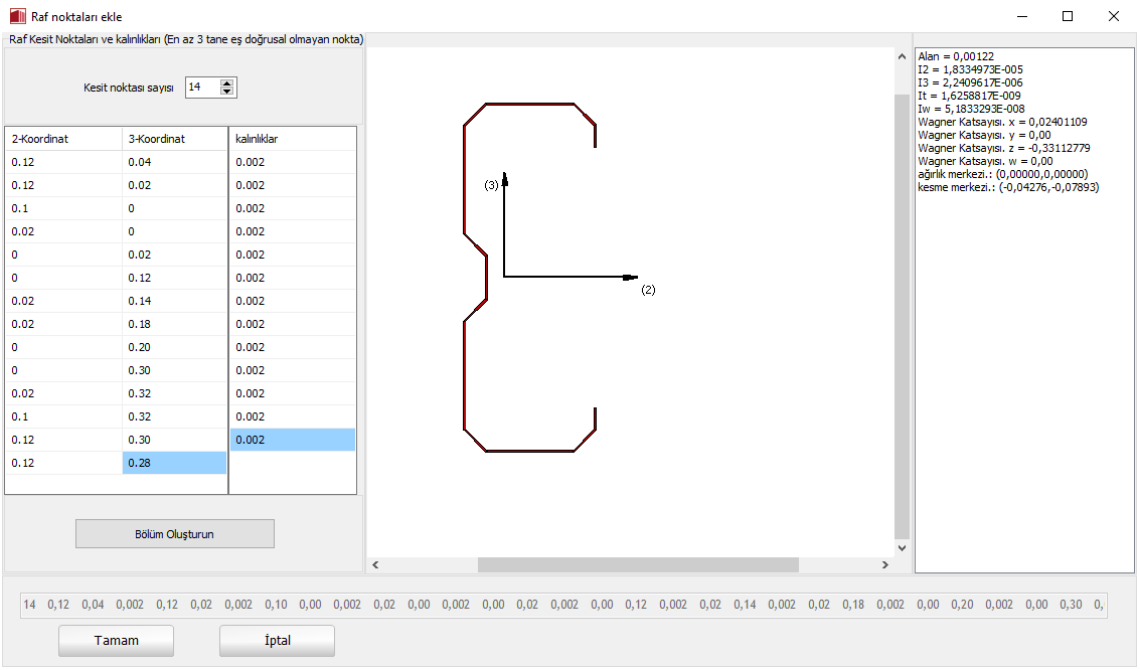
Sonuç olarak formülasyon, çelik depolama palet raflarının (lojistik alanında) ve genellikle mono-simetrik dudaklı kanal kesitlerine sahip dikmelerden oluşan iskelelerin modellenmesi için de idealdir.

Raf elemanı, (elastik) malzeme özellikleri (elastisite modülü ve Poisson oranı) ve kesit konfigürasyonu sağlanırsa tam olarak tanımlanabilir. İlki, raf elemanı sınıfının ana diyalog kutusunda verilmiştir (aşağıdaki şekle bakınız).



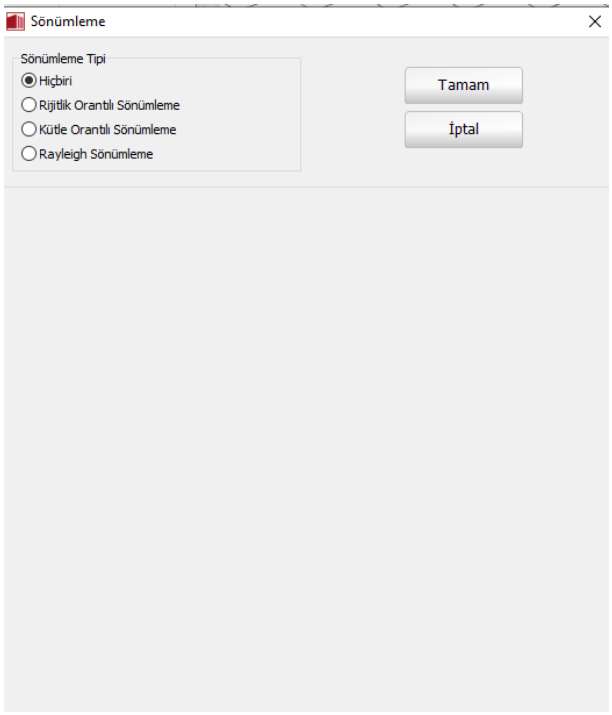
Yeni bir raf elemanının tanımı

Kesit geometrisi özel bir diyalog kutusunda tanımlanabilir. Herhangi bir ince duvarlı açık kesit konfigürasyonu modellenebilir ve kesitin farklı kısımlarına farklı kalınlıklar atanabilir. Kullanıcı kesitin köşe noktalarının koordinatlarını tanımladıktan ve Kesit Oluştur butonuna tıkladıktan sonra kesit ekranda gösterilir ve elastik kesit özellikleri, Wagner katsayıları ve kayma merkezinin konumu otomatik olarak hesaplanır.



Raf elemanının kesit konfigürasyonunun tanımı

Bu elemanın diyalog kutusunda, *Genel> Proje Ayarları> Sönümleme*'de tanımlanan global sönümlemenin aksine, elemana özgü bir sönümleme tanımlamak da mümkündür. Bunu yapmak için, kullanıcıların sadece Sönümleme düğmesine basması ve ardından söz konusu elemana daha iyi uyan sönümleme türünü seçmesi gerekir (kullanıcılar, mevcut farklı sönümleme türleri hakkında Sönümleme menüsüne başvurmalı ve hangilerinin daha iyi seçenek olabileceğine dair ipuçları almalıdır).

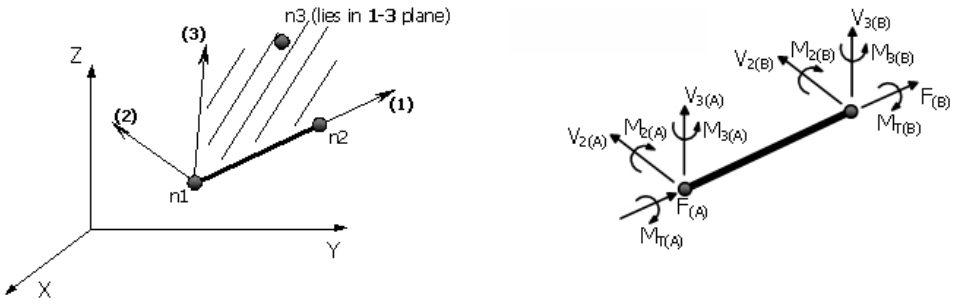


Elemana özgü sönümlemenin tanımı

ÖNEMLİ: Eleman seviyesinde tanımlanan sönümleme, global sönümlemeye göre önceliklidir, yani belirli bir elemanın serbestlik dereceleriyle ilişkili "global olarak hesaplanan" sönümleme matrisi katsayıları şu katsayılar ile değiştirileceltir; elemanın kütle matrisinin kütle orantılı bir parametre ile çarpımı veya eleman rijitlik matrisinin rijitlikorantılı bir parametre ile çarpımı veya bir eleman Rayleigh sönümleme matrisinin hesaplanması.

NOT: Rayleigh sönümlemesi, bir elemandan diğerine değişen katsayılar kullanılarak veya global sönümleme ayarlarında kullanılanlara göre eleman seviyesinde tanımlanırsa, klasik olmayan Rayleigh sönümlemesi modellenir, çünkü Rayleigh sönümlemesi tek tip sönümleme tanımı gerektirir.

Yerel eksenler ve çıktı gösterimi aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır. Yerel eleman eksen sisteminin oryantasyonunun belirlenmesi hakkında ayrıntılı bir açıklama için Ek A'daki global ve yerel çerçeve eksenleri irdelemesine bakınız.



Raf elemanları için Yerel Eksenler ve Çıktı Gösterimi

Menteşeli Raf Elemanı - rackH

Bu eleman, raf elemanına benzer şekilde ince duvarlı, açık, enine kesitlere sahip, ancak eleman uçlarında topaklanmış plastisiteye sahip bir 3B kiriş elemanıdır. Eleman, düğüm başına yedi serbestlik derecesi ile karakterize edilir. Bu sayede yer değiştirmeler, çarpılma yer değiştirmeleri ve iki momentli gerilmeler dahil olmak üzere iç gerilmeler doğru bir şekilde tahmin edilebilmektedir. Ek olarak eğilme ile burulma arasındaki bağlantıdan türetilen eğilme-burulma ve yanal-burulma burkulmaları doğru bir şekilde tahmin edilebilmektedir. Ayrıca, model, elemanın iki ucundaki doğrusal olmayan yaylar aracılığıyla elastik olmayan davranışın modellenmesine izin vermektedir. Sonuç olarak, eleman tanımı sırasında, her bir eleman kenarının iki dönme serbestlik derecesinin her biri için moment-deformasyon ilişkisini tanımlayan bir tepki eğrisi gereklidir.

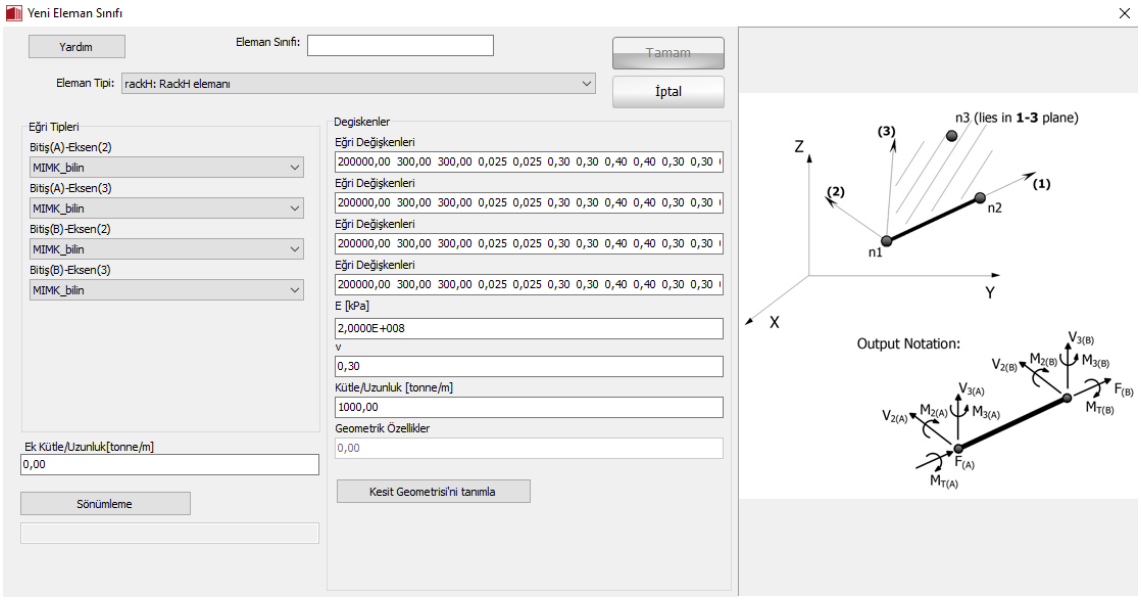
Güncel olarak, bir rackH eleman tipi seçildiğinde, Eleman Sınıfı iletişim kutusu içinden seçilebilen yirmi dokuz tepki eğrisi mevcuttur.

- Doğrusal simetrik eğri - lin_sym
- Doğrusal asimetrik eğri - lin_asm
- Bilineer simetrik eğri - bl_sym
- Bilineer asimetrik eğri - bl_asm
- Bilineer kinematik sertleşme eğrisi - bl_kin
- Üç doğrusal simetrik eğri - trl_sym
- Üç doğrusal asimetrik eğri - trl_asm
- Dörtgen simetrik eğri - quad_sym
- Dörtgen asimetrik eğri - quad_asm
- Sıkıştırılmış asimetrik eğri - pinched_asm
- Bilineer Histeretik Yanıtlı Modifiye Ibarra-Medina-Krawinkler Bozulma eğrisi - MIMK_bilin
- Tepe Noktası Odaklı Histeretik Yanıtlı Modifiye Ibarra-Medina-Krawinkler Bozulma Modeli - MIMK_peak
- Sıkıştırılmış Histeretik Yanıtlı Modifiye Ibarra-Medina-Krawinkler Bozulma Modeli - MIMK_Pinched
- Doğrusal olmayan elastik eğri - Non_lin_Elast
- Plastik eğri - plst
- Basitleştirilmiş bilineer Takeda eğrisi -Takeda
- Asimetrik bilineer Takeda eğrisi -Takeda_asm
- Ramberg Osgood eğrisi - Ramberg_Osgood
- Değiştirilmiş Richard-Abbott eğrisi - Richard_Abbott
- Zemin-yapı etkileşim eğrisi - ssi_py
- Boşluk-kanca eğrisi - gap_hk
- Çoklu doğrusal eğri - multi_lin
- Pürüzsüz eğri - pürüzsüz
- Viskoz Damper - vsc_dmp
- Bouc Wen eğrisi - Bouc_Wen
- Elastik - Mükemmel plastik Boşluk eğrisi - gap_elpl
- Darbe tepki eğrisi - pound_hz
- Kendinden Merkezlemeli Brace tepki eğrisi - scb
- Jenerik Histeretik Eğri - gen_hyst

Bağlantı elemanıyla ilişkili mevcut tepki eğrilerinin kapsamlı bir açıklaması için Ek G'ye bakınız.

Son olarak, basit raf elemanı durumunda olduğu gibi, bu model kesme merkezinin kesit merkezinden dışmerkezliğini hesaba katarak tüm Wagner katsayılarını dikkate alır, bu da onu simetrik olmayan kesitlerle kullanıma uygun hale getirir.

Dönme DOF tepki eğrileri, (elastik) malzeme özellikleri (elastisite modülü ve Poisson oranı) ve kesit konfigürasyonu sağlanırsa, rackH elemanı tam olarak tanımlanabilir. Bunlardan ilki raf eleman sınıfının ana iletişim kutusunda verilmektedir (aşağıdaki şekle bakınız). Son olarak, rackH elemanı kesit geometrisinin tanımlanması gerekir. Kesit geometrisi raf elemanına benzer şekilde tanımlanır.

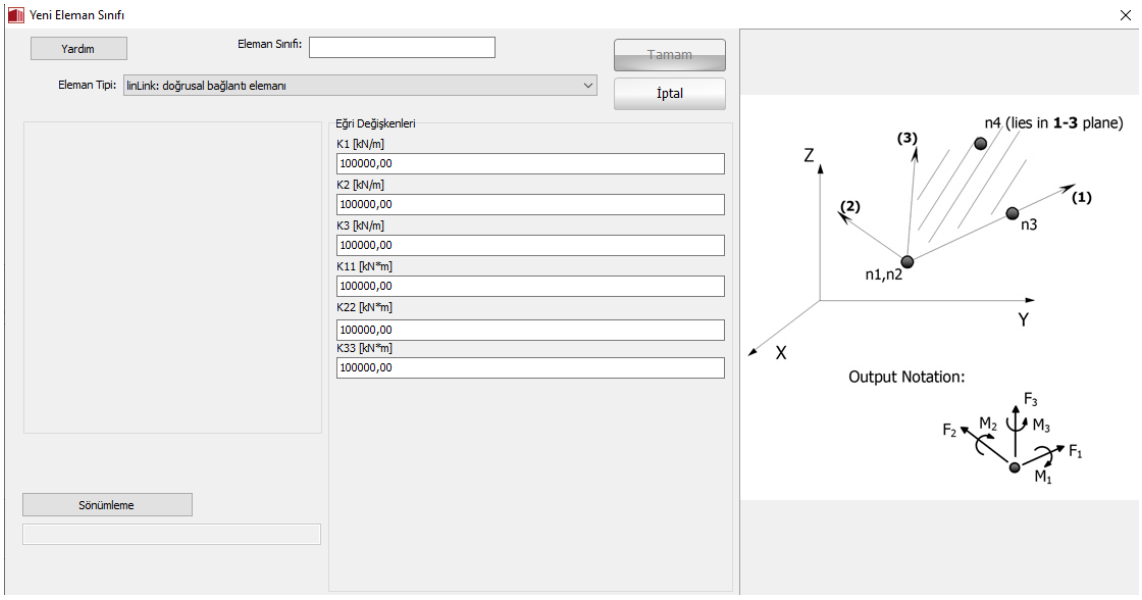


Yeni bir rackH elemanının tanımı

Raf elemanının bölümlerinde açıklandığı gibi, Genel>Proje Ayarları>Sönümleme'de tanımlanan global sönümlemenin aksine, elemana özgü bir sönümleme tanımlamak da mümkündür. Son olarak, yerel eksenler ve çıkış gösterimi raf elemanı ile aynıdır.

Doğrusal Bağlantı eleman tipi – linlink

Bunlar, eşlenmemiş eksenel, kesme ve moment hareketlerine sahip 3D bağlantı elemanlarıdır. Elemanın altı yerel Serbestlik Derecesinin tümü (F1, F2, F3, M1, M2, M3) doğrusal bir davranış izler. Sonuç olarak, kullanıcının yalnızca altı Yerel Serbestlik Derecesinin her biri için elastik sertliği K tanımlaması gerekir.



Yeni bir linLink elemanının tanımı

linLink elemanları başlangıçta çakışan iki yapısal düğümü birbirine bağlar.

NLLink elemanının bölümlerinde açıklandığı gibi, Genel>Proje Ayarları>Sönümleme'de tanımlanan global sönümlemenin aksine, elemana özgü bir sönümleme tanımlamak da mümkündür. Son olarak, yerel eksenler ve çıktı gösterimi NLLink elemanı ile aynıdır.

BAĞLANTI ELEMANI TİPLERİ

Doğrusal Olmayan Bağlantı elemanı tipleri - NLlink

Bu elemanlar üç boyutlu (3D) bağlantı elemanları olup, birbiriyle bağlantısız olarak eksenel kuvvet, kesme kuvveti ve moment tesirlerine sahptirler. Bu eleman tipi, esnek veya mafsallı kiriş-kolon bağlantılarını, yapısal açılma/vurma durumlarını, enerji sönümleme araçlarını, köprü mesnetlerini, açılı mesnetleri, taban izolasyonunu, temel esnekliğini, vb. modellemek gibi farklı amaçlara hizmet edebilir.

Bağlantı elemanları, iki ilk durumda aynı pozisyonda bulunan yapısal düğüm noktasını birleştirir ve bulunduğu noktadaki her bir serbestlik derecesi(F1, F2, F3, M1, M2, M3) için bağımsız kuvvet-yer değiştirme (ya da moment-dönme) ilişkisinin tanımlanmasını gerektirir.

Şu anki sürümde, doğrusal olmayan bir bağlantı elemanı tipi seçildiğinde, Eleman Sınıfı iletişim kutusundan seçilebilen yirmi dokuz tepki eğrisi mevcuttur:

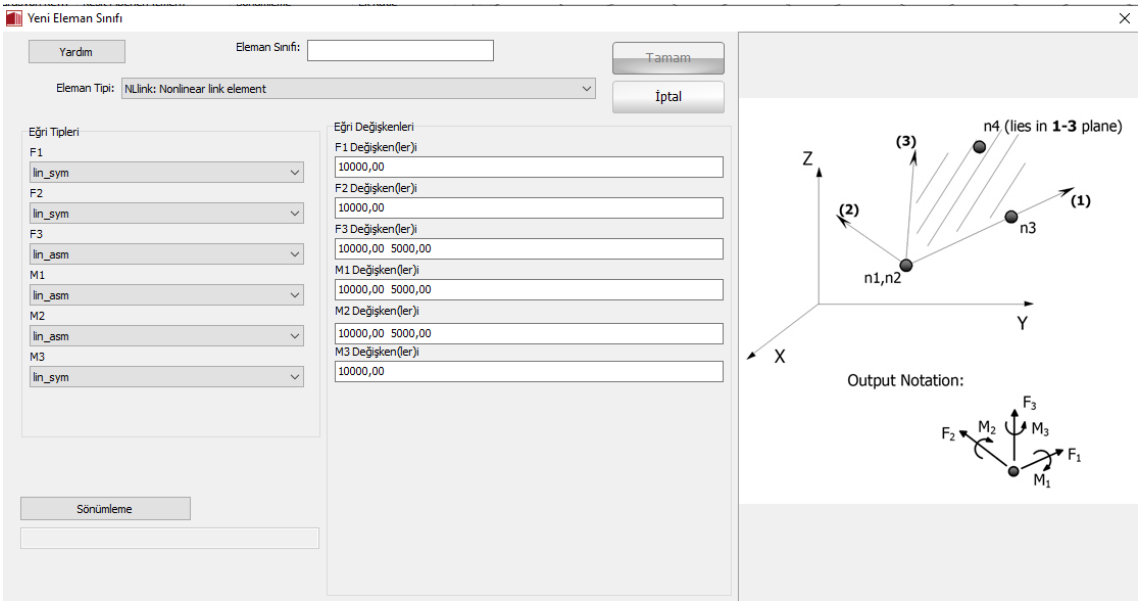
- Doğrusal simetrik eğri - lin_sym
- Doğrusal asimetrik eğri - lin_asm
- İki doğrulu simetrik eğri - bl_sym
- İki doğrulu asimetrik eğri- bl_asm
- İki doğrulu kinematik pekleşmeli eğri - bl_kin
- Üç doğrulu simetrik eğri - trl_sym
- Üç doğrulu asimetrik eğri - trl_asm
- Dört doğrulu simetrik eğri - quad_sym
- Dörtdoğuluasimetrikeğri curve - quad_asm
- Sıkışmalı (pinched)asimetrikeğri - pinched_asm
- İki doğrulu histeretik davranışa sahip değiştirilmiş Ibarra-Medina-Krawinkler bozulma eğrisi– MIMK_bilin
- Pik-hedefli histeretik davranışlı değiştirilmiş Ibarra-Medina-Krawinkler bozulma eğrisi – MIMK_peak
- Sıkışmalı ve histeretik davranışlı değiştirilmiş Ibarra-Medina-Krawinkler bozulma eğrisi – MIMK_Pinched
- Doğrusal olmayan elastik eğri - Non_nlin_Elast
- Plastik eğri - plst
- Basitleştirilmiş iki doğrulu Takeda eğrisi – Takeda
- Simetrik olmayan (asimetrık) iki doğrulu Takeda eğrisi – Takeda_asm
- Ramberg Osgood eğrisi - Ramberg_Osgood
- Değiştirilmiş Richard-Abbott eğrisi - Richard_Abbott
- Zemin-yapı etkileşim eğrisi - ssi_py
- Boşluk-kanca eğrisi - gap_hk
- Çok doğrulu eğri - multi_lin
- Düzgün eğri – smooth
- Viskozsönümleyici – vsc_dmp
- Bouc Wen eğrisi - Bouc_Wen
- Elastik – MükemmelPlastikboşlukeğrisi - gap_elpl
- Darbetepkisieğrisi - pound_hz
- KendiMerkezleyenGergi (Elemanı) DavranışEğrisi- SCB
- GenelTersinir (Histeretik) Eğri– Gen_Hyst

Bağlantı elemanlarına ait davranış eğrileri hakkında detaylı bilgiye Ek G'den ulaşılabilir.

Genel>Proje Ayarları>Sönümleme içerisinde tanımlanan genel (global) sönümlemenin yanı sıra, Doğrusal Olmayan Bağlantı öğesinin iletişim kutusu üzerinden elemana ait sönümleme de tanımlanabilir. Bu işlemi gerçekleştirebilmek için kullanıcıların Sönümleme düğmesine basarak en uygun sönümleme tipini seçmeleri gerekir (bu konuda daha iyi bir seçim için Sönümleme'ye başvurunuz).

ÖNEMLİ: Eleman seviyesinde tanımlanan sönümleme, global sönümleme'ye göre daha önceliklidir. Yani, belirli bir elemanın serbestlik dereceleri ile ilişkili "global olarak hesaplanmış" sönümleme matris terimleri, elemanın kütle matrisinin kütle-orantılı parametre ile çarpımından veya elemanın rijitlik matrisinin rijitlik-orantılı parametre ile çarpımından veya eleman Rayleigh sönümleme matrisi sonucu hesaplanan terimlerle yer değiştirir.

Elemana özgü sönümleme, özellikle yapı-zemin etkileşimini modelleyen yaylarda (farklı kuvvet-yer değiştirme bağıntıları, ör: ssi_py , ya da farklı davranış eğrileri) deprem dalgalarının yayılmasıyla meydana gelen sönümlemeyi modelleme aşamasında iki tane paralel viskoz sönümleyici tanımlamamakta işe yarar.



Yeni NLlink elemanının tanımlanması

NOT 1: Aşağı çekilir menüden sadece Konstitütif Model sekmesinde (*Araçlar > Proje Ayarları > Konstitütif Model*) daha önce etkinleştirilmiş olanlar ve bir doğrusal olmayan bağlantı elemanıyla ilişkili olanlar seçilebilir.

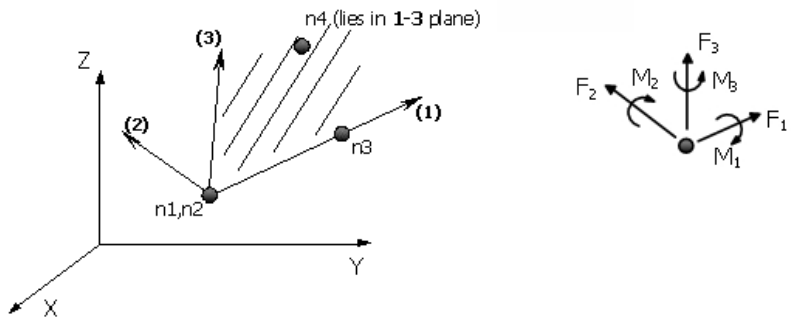
NOT 2:Çakışık iki düğüm noktasını bağlayan bir doğrusal olmayan bağlantı elemanı tanımlandığı durumlarda, davranışın tamamen aynı oldukları da dahil olmak üzere altı serbestlik derecesinin her biri için birer kuvvet-yer değiştirme bağıntısı tanımlanmalıdır. Aynı miktarda hareketin sağlandığı serbestlik dereceleri için yüksek rijitlik değerleri kullanılarak iki düğüm noktası arasında herhangi bir göreceli yer değiştirmenin olmaması sağlanır. Tabii ki bu değerin ne kadar yüksek alınacağı, seçilen analiz tipine ve bağlantı elemanının kesit tesirlerine olan etkisine bağlıdır. Çok düşük bir değer seçilmesi, sonsuz rijit bir bağlantı sağlayamazken, çok yüksek bir değer de nümerik zorluklara yol açarak özellikle kuvvete dayalı yakınsama kontrolü tertiplerinde yakınsama sorunlarına yol açabilir. Rijit bağlantı elemanını rijitliğinin tayininde optimum çözüm ancak hassasiyet çalışmasıyla gerçekleştirilebilir, yararlı bir bağıntı olaraksa bağladıkları elemanların rijitliklerinin 100 ila 250 katı olması verilebilir.

NOT 3:Bazı analizlerde K0=0 koşuluylasağlanan mafsallı bağlantı koşulları yakınsama problemlerine yol açabilir. Bu durum "0" değeri yerine çok küçük bir değer atanarak aşılabilir (ör: 0.001). Kullanıcıların modellerindeki verilebilecek olan küçük değeri optimize edebilmeleri için hassasiyet çalışması yapmaları gerekir.

NOT 4:Rayleigh sönümlemenin eleman bazında tanımlandığı durumlarda klasik olmayan Rayleigh sönümlemesi kullanılır. Çünkü klasik Rayleigh sönümlemesi genel olarak sönüm katsayısını tüm elemanlar için aynı kabul eder.

NOT 5:Yapı-zemin etkileşimiyaylarıyla (bknz. ssi_py davranış eğrisi) birlikte genellikle sönüm de kullanılır.

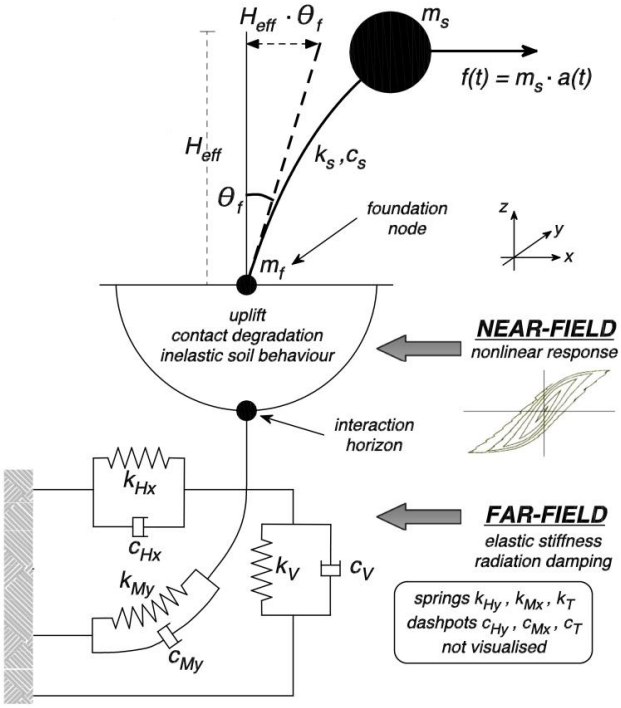
Lokal eksenler ve çıktı gösterimi aşağıdaki şekilde gösterildiği gibidir:



Lokal Eksenler ve Çıktı Gösterimi

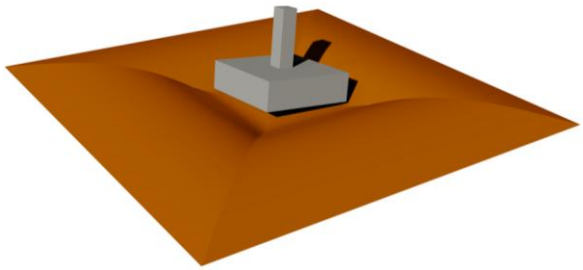
SSI – Sığ Temeller için Makro Eleman - ssilink1

SSI1 modeli, Correia ve Paolucci'nin (2019) çalışmasına dayanan sığ temellerin zemin-yapı etkileşimi için doğrusal olmayan bir makro element formülasyonunu içerir. Bu makro element yaklaşımı, problemin boyutunu önemli ölçüde azaltır, çünkü temel ve zeminin depasman-kuvvet davranışı, 3 boyutta altı serbestlik derecesi (6 DOF) ile karakterize edilen tek bir makro eleman olarak kabul edilir. Burada dikkate alınan geometri, tüm makro element DOF'ları ve tek bir sıfır uzunluklu bağlantı elemanı olarak tanımlanmasıyla ele alınan dikdörtgen bir rijit temele karşılık gelir. Notasyon ve gösterim açısından kolaylık olması için düzlemsel yükleme koşullarını ele alalım. Şekil 1'de gösterildiği gibi, bu durumda sistem bir sallanma (rocking) momentine (My) ek olarak düşey (N) ve yatay (Hx) kuvvetlere sahip olacaktır.



Şekil 1. Doğrusal olmayan sığ temel makro-modeli

Geometrisindeki geri dönülemez değişiklikler nedeniyle zemin-temel arayüzündeki temasın bir miktar bozulmasını da dikkate alan doğrusal olmayan elastik bir bir kaldırma (uplift) modeli benimsenmiştir. Aynı anda elastik kaldırma ve plastik doğrusal olmayan tepkileri doğru bir şekilde dikkate alan bir (bounding surface) plastisite modeli de kullanılmaktadır. Bu makro element formülasyonu üç boyutlu yükleme durumlarına tamamen uygulanabilir. Şekil 2, makro elementle modellenmesi amaçlanan problem tipini şematik olarak göstermektedir.



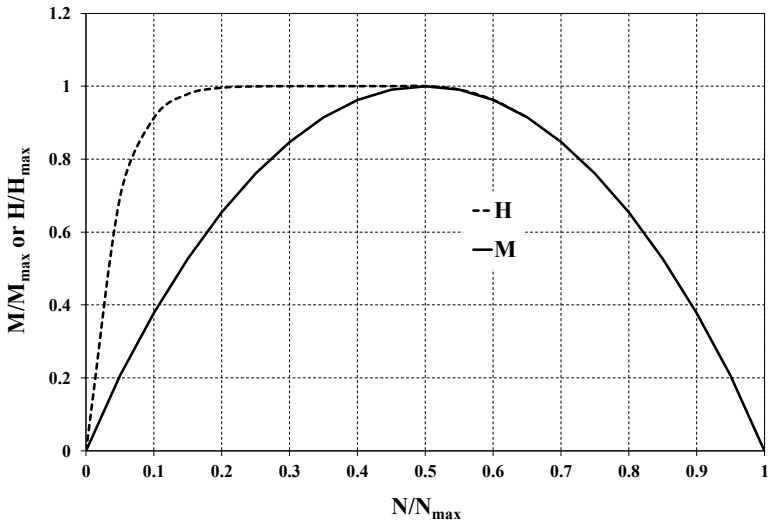
Şekil 2. Sığ temelin kalkması, inelastisite ve temas bozulmasını muhteva eden üç boyutlu (3D) davranışı

Temel makro elemanı modeli, üç boyutlu ataletsel yüklemeye tabi tutulan tekil rijit temellerin dinamik davranışını, yüklemenin ilk aşamalarından göçmeye (failure) ulaşana kadar temsil eder. Makro eleman, temellerin tepkisinin üç ana özelliğine dayanır, yani:

i) İlk elastik davranış,
ii) Sallanma (rocking) esnasında yukarı kalkma,
iii) Göçme yükleme koşulları.

'Bounding surface' plastisite modeli, monotonik (tek yönlü), döngüsel ve dinamik yükleme koşulları için başlangıçtaki elastik tepki ile göçme sırasınad oluşan plastik akışı arasında sürekli bir geçişi temsil etmek için kullanılır. Temelin kalkması, altında bulunan zeminin plastik deformasyon durumunu dikkate alan ve bundan etkilenen doğrusal olmayan elastik bir modelle temsil edilir.

Bu makro elementte kabul edilen sınırlayıcı yüzey, deprem sırasında zemin tipine ve drenaj koşullarına bağlıdır. Bu nedenle, drenajlı ve drenajsız koşullar için farklı 3D göçme yüzeyleri dikkate alınır. Drenajlı koşullar altındaki nihai durumdaki davranışı tanımlamak için benimsenen yüzey "ragbi topu" şekline karşılık gelirken, drenajsız koşullar altında nihai yüzey, Şekil 3'te gösterilen "deniz tarağı" şekline karşılık gelir (HN ve MN yükleme düzlemleriyle kesişimi). "Ragbi-topu" şekli, her iki yükleme düzleminde de sürekli çizgi ile temsil edilen nihai yüzeye karşılık gelir.



Şekil 1. Drenajsız yüklemelerde geçerli olan deniz-tarağı şekilli göçme yüzeyi

Makro element modeli, sadece üçünün kalibre edilmesi gerektiren yirmi beş parametreyi içerir. Model parametreleri tanımları ve önerilen değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

İki geometrik parametre

Temel boyutları (uzunluk, L ve genişlik, B)

On iki elastik empedans parametresi

Dikey, yatay doğrultular ve dönme için sırasıyla KN1, KH2, KH3, KM2, KM3, KM2, KTT olarak belirtilen altı temel başlangıç rijitliği bileşeni, literatürden (örn. Gazetas, 1991) formülleri kullanılarak veya test sonuçlarından yararlanılarak değerlendirilebilir. Aynı şey, yayılım sönümlemesine karşılık gelen altı sönüm katsayısı için de geçerlidir.

Altı mukavemet parametresi

Bu parametreler göçme yüzeyini temsil eder ve aşağıda belirtilen şekilde tanımlıdır:

- temelin nihai statik taşıma kapasitesine karşılık gelen ve standart süperpozisyon formülleri (örneğin Brinch-Hansen, 1970) ile değerlendirilebilen maksimum merkezli dikey yük kapasitesi Nmax;

- malzeme özelliklerine (örn. kayma sürtünme açısı) veya teorik değerlere göre kalibre edilebilen maksimum taban kesme kapasiteleri Hmax2 ve Hmax3 ve maksimum taban moment kapasiteleri Mmax2, Mmax3, Tmax.

Modele bağlı beş parametre:

Aşağıda belirtilen gibidir:

- Kalkma başlama parametresi, α, sadece temelin altındaki düşey gerilmelerin varsayılan stres dağılımına bağlıdır ve Tablo 1'de gösterildiği gibi basit statik faktörlerden belirlenebilir. Sonuçları fazla etkilemez ve tipik olarak 3 alınır, analizin başlangıcında zeminde gerilmelerin doğrusal dağılmış olduğunun varsayılmasına karşılık gelir;

Tablo1. Aşağıdakilerle ilgili makro element parametrelerinin özeti: (i) geometrik ve elastik parametreler; (ii) mukavemet parametreleri; (iii) modele özgü parametreler

	Sembol	Tanım	Önerilen Değerler	
Geometrik / Elastik parametreler	L, B	Temel boyutları	Geometri	
	KN	Temel düşey rijitliği	Literatüre bağlı olarak tahmin edilir (ör: Gazetas, 1991) veya deneye dayalı (mevcutsa) tanımlanır	
	KHH	Temelin yatay (x ve y) doğrultulardaki ilk rijitliği		
	KMM	Temelin x ve y yönlerindeki dönme rijitlikleri		
Mukavemet parametreleri	N_{max}	Ortalanmış düşey yük taşıma kapasitesi	Brinch-Hansen (1970) Vesic (1973) Eurocode8 Butterfield and Gottardi (1994)	
	H_{max}	X ve y yönlerinde maksimum taban kesme kapasitesi		
	M_{max}	X ve y yönlerinde maksimum taban moment kapasitesi		
	BS	Sınır yüzeyi (Bounding Surface) şekli	Ragbi topu şeklinde, deniz tarağı şeklinde veya elips şeklinde	
Modele özgü	α	Kalkma başlangıcı parametresi	Statik	3 (2 ila 10)

	n_{ur}	Yükleme geçmişi 'üs' katsayısı	Sabit	1
	d_θ	Zemin/temel temas bozulması	Deneysel sonuçlara göre tayin edilir	0.1 (0.1 ila 10)
	H_0^{pl}	Normalize edilmiş referans plastic modulü		0.2 ila 0.4
	χ_g	Plastik potansiyel parametresi		0.5 ila 2

- boşaltma / tekrar yükleme geçmişi için üs katsayı olan nUR genellikle 1'e eşittir. Bu katsayı, boşaltma / yeniden yükleme plastik modüllerini ilk (bakir) plastik modülden farklı olmasını sağlar;

- zemin / temel temas bozulması parametresi dθ, hasar modelindeki kümülatif esnek olmayan sallanma nedeniyle temas alanının azalmasını dikkate alır ve deneysel sonuçlara göre değerlendirilebilir;

- deneysel sonuçlara göre kalibre edilen normalleştirilmiş referans plastik modülü, H_0^{pl} ;

- ve plastik potansiyel yüzey parametresi, χg, de deneysel sonuçlara göre kalibre edilir.

Yukarıda belirtilen bilgilere dayanarak, zemin-temel sisteminde klasik elastik ve mukavemet parametrelerinin bilindiği zaman, doğrulama (validasyon) sürecinde yalnızca üç serbest parametrenin kalibre edilmeye devam ettiği ortaya çıkmaktadır: normalleştirilmiş referans plastik modülü (H_0^{pl}), plastik potansiyel yüzey parametresi (χ g) ve hasar modeli parametresi (dθ).

NOT 1 - "SSI makro elementinin analizin başlangıcından itibaren doğrusal olmayan bir yanıt sunduğu göz önüne alındığında, yakınsama sorunlarından veya hatalı sonuçlardan kaçınmak için ilk yüklemeyi birkaç adımda uygulamak çok önemlidir".

NOT 2 – SSI makro elemanı ile zaman-tanım alanlı bir dinamik analiz yapılırken, yer hareketi tanımına dikkat edilmelidir. Esasen, makro elemanın iki düğümü ataletsel etkileşim mevcut değilken aynı harekete sahip olmalıdır. Analizi gerçekleştirmenin en güvenilir yolu, temel düğümüne yer hareketini ivme tanımlı vermekten ziyade, yukarıdaki yapısal kütlelere karşılık gelen atalet kuvvetlerini tanımlamaktır.

Tablo2. Aşağıdakilerle ilgili makro element parametrelerinin özeti: (i) geometrik ve elastik parametreler; (ii) mukavemet parametreleri; (iii) modele özgü parametreler

	Sembol	Tanım	Önerilen Değerler	
Geometrik / Elastik parametreler	L, B	Temel boyutları	Geometri	
	KN	Temel düşey rijitliği	Literatüre bağlı olarak tahmin edilir (ör: Gazetas, 1991) veya (mevcutsa) deneye dayalı tanımlanır	
	KHH	Temelin yatay (x ve y) doğrultulardaki ilk rijitliği		
	KMM	Temelin x ve y yönlerindeki dönme rijitlikleri		
Mukavemet parametreleri	N_{max}	Ortalanmış düşey yük taşıma kapasitesi	Brinch-Hansen (1970) Vesic (1973) Eurocode8 Butterfield and Gottardi (1994)	
	H_{max}	X ve y yönlerinde maksimum taban kesme kapasitesi		
	M_{max}	X ve y yönlerinde maksimum taban moment kapasitesi		
	BS	Sınır yüzeyi (Bounding Surface) şekli	Ragbi topu veya deniz tarağı şekilli	
Modele özgü parametreler	α	Kalkma başlangıcı parametresi	Statik	3 (2 ila 10)
	n_{ur}	Yükleme geçmişi 'üs' katsayısı	Sabit	1
	d_θ	Zemin/temel temas bozulması	Deneysel sonuçlara göre tayin edilir	0.1 (0.1 ila 10)
	H_0^{pl}	Normalize edilmiş referans plastic modulü		0.2 ila 0.4

	χ_g	Plastik potansiyel parametresi		0.5 ila 2

Tablo3. Temelin altındaki gerilme dağılımı v ekalkma başlatma parametresinin (α) karşılık gelen değeri

Temelin altındaki gerilme dağılımı				
α	2	3	4	$+\infty$

SSI analizi üzerine bazı teorik bilgiler

SSI analizi, doğrusal olmayan bir katı sonlu eleman modelinin (yani zemin bloğu) kullanılmasıyla veya SeismoStruct'ta uygulanabilen daha basit ve dolayısıyla daha pratik bir altyapı yaklaşımıyla gerçekleştirilebilir.

Prensip olarak, alt yapı yöntemini kullanarak SSI modellenirken, öncelikle yapısal rijitliği olan ancak yapısal kütlesi olmayan zeminin ve yapının tam modeli ile kinematik etkileşimi analiz edilmelidir. Bu prosedürde, zemindeki sismik girdi yayılımı, tipik olarak frekans alanında (zorunlu olmamakla birlikte) açıkça modellenir ve nihai sonuç temel girdi hareketi (FIM), yani kütlesizse temelin hareketidir. Nitekim bu ilk adımdan, kinematik etkileşimin ihmal edilebileceği varsayılarak ve dolayısıyla FIM olarak serbest alan yer hareketi kullanılarak (bu serbest alan hareketinin genellikle yatay zemin katmanları boyunca sadece kesme dalgalarının dikey yayılımından kaynaklandığı varsayılır) genellikle kaçınılır.

Alt yapı yöntemini kullanarak SSI modellemesinde ikinci bir aşama, tipik olarak bir dizi dashpot (amortisör), yay (ve empedansların doğru frekans bağımlılığını elde etmek için muhtemelen hayali kütleler) ile temsil edilen temel empedanslarının (yani temelin dinamik tepki özellikleri) hesaplanması olacaktır. Bu ikinci adım, literatürdeki mevcut ifadelerden empedanslar belirlenerek basitleştirilebilir.

Son adım, temel empedansları üzerinde desteklenen ve FIM'e tabi tutulan yapının rijitliği ve kütlesi ile analizidir. SSI makro elemanının kullanılması yoluyla temel sisteminin doğrusal olmayan tepkisini de dikkate alabilmenin ek avantajını sunan SeismoStruct'ta yapılabilecekler budur. Başka bir deyişle, bu makro eleman kullanılarak gerçekleştirilen bir SSI analizi, yalnızca lineer yanıt için kesin olarak geçerli olan altyapı yaklaşımının atalet etkileşim analizi ile SSI etkilerinin lineer olmayan katı sonlu eleman modellemesi arasında hibrit bir yaklaşıma karşılık gelir.

Bu nedenle, yukarıda tanımlanan bağlamda, aşağıdakiler akılda tutulmalıdır:

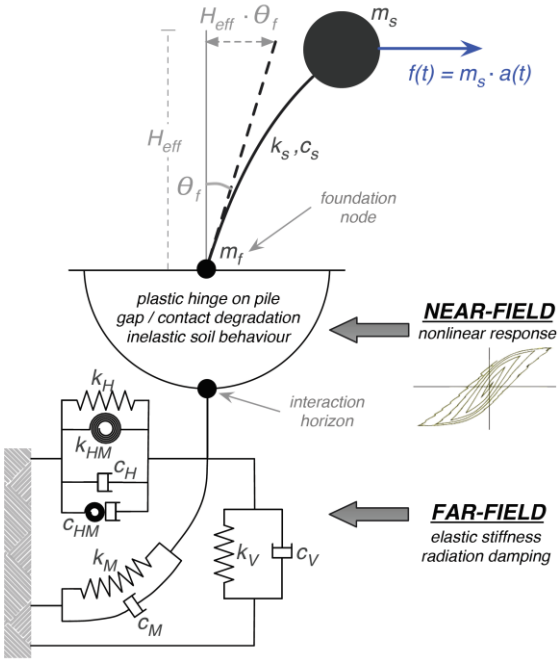
A. Alt yapı yöntemi yalnızca, tepki doğrusal ise, yani bir temel desteğinin kayması veya yükselmesi, bir kazık boşluğu, rijitlik bozulması, plastik davranış ve geri döndürülemez yer değiştirmeler olmadan teorik olarak doğrudur; bu nedenle, nonlineeritelerin varlığında bu tür bir analiz kaçınılmaz olarak bir dereceye kadar yaklaşıklık içerir.
B. Daha önce belirtildiği gibi, FIM, temelin yalnızca kütlesiz olması durumunda (yapının geri kalanı gibi) ve doğrusal olarak davranması durumunda sahip olacağı girdi hareketidir. Bir temel desteğinin temel modeli, kayma direncini simüle ederse ve yapısal kütle varsa, yukarıdan gelen atalet kuvvetleri ve temelin olası bir kaymasından dolayı temelin hareketi artık FIM olmayacaktır. Ayrıca, lineer tepki ve bir temel desteğinin kütlesi durumunda bile (yukarıda yapı yok), temel kütlesi tarafından ortaya çıkan atalet kuvvetleri nedeniyle temelin hareketi tam olarak FIM olmayacaktır.
C. Altyapı yaklaşımını kullanan SSI analizi için sismik girdi (SeismoStruct'ta yapıldığı gibi) aşağıdakilerden birinden oluşabilir:

- makro elemanın sabit temel düğümündeki ivme zaman tanım alanı (bu, daha önce tartışıldığı gibi, genellikle serbest alan hareketine eşdeğer olduğu varsayılan FIM olmalıdır), bu daha sonra makro eleman boyunca yayılacak ve yapısal kütleleri (temel dahil) harekete geçirecektir;
- atalet kuvvetleri zaman tanım alalanları, FIM tarafından yapının kütlelerinin her birine uygulanan yapısal kütlelerin (temel dahil) ürünü olarak hesaplanır.

Bu iki sismik girdi tanımlama yaklaşımının, düğüm noktalarına göreli yer değiştirmeler (ve dolayısıyla malzeme şekil değiştirmeleri/gerilmeleri ve eleman iç kuvvetleri) açısından aynı analiz sonuçlarına yol açması beklenir. İlk yaklaşımın uygulanması daha kolaydır çünkü yalnızca sabit düğümlerdeki bir taban hareketinin tanımlanması gerekir. Ancak, makro elemanın rijitliklerinin çok büyük olduğu özel durumlarda sayısal problemlere yol açabilir. İkinci yaklaşımın uygulanması daha zordur, çünkü toplu kütlelere sahip tüm düğümlerde dinamik bir kuvvet zaman tanım alanı uygulamak gerekir ve dağıtılmış kütleler kullanıldığında elverişsiz hale gelir. Ancak bu yöntem her durumda işe yarar.

SSI – Kazık Temeller için Makro Eleman - ssilink2

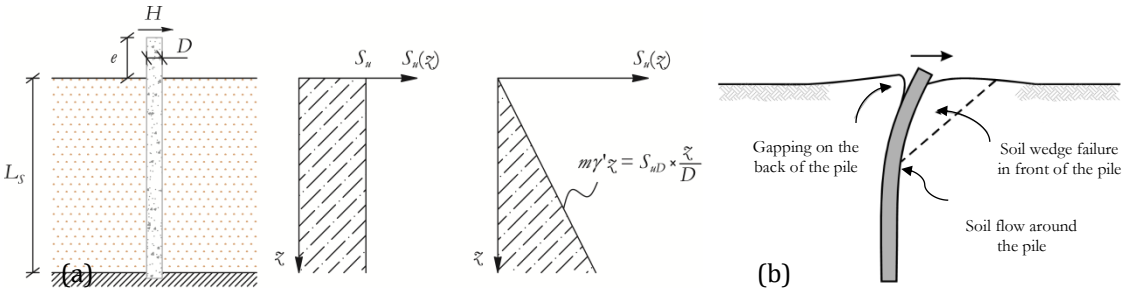
Bu eleman modeli, yanal olarak yüklenmiş esnek kazıkların ve zemin-kazık-yapı etkileşiminin analizine yönelik doğrusal olmayan makro eleman yaklaşımını içerip, Correia ve Pecker [2019b]'in çalışmasına dayanmaktadır. Zemin-kazık sisteminin sismik etkilerde gösterdiği yatay davranış kazık başında tanımlanan sıfır uzunluklu (boyutsuz) bir elemanla temsil edilir (Şekil 4).



Şekil 4. Doğrusal olmayan kazık-başı makro eleman modeli

Kazık-başlı makro eleman modeli, tekil düşey kazıkların yatay yük veya moment altındaki yatay doğrultudak idavranışını başlagıç aşamalarından göçmeye kadar temsil eder. Düşey yükleme etkileri, kesidin plastik moment üzerindeki etkisi dışında, doğrudan dikkate alınmaz. Zeminin plastik mafsal oluşana kadar olan yüzeysel kısmının yalnızca yatay yük dayanımına katkıda bulunacağı varsayılır. Düşey yük ise boşluk açılma durumu yoksa bu derinliğin altında bulunan zemine aktarılır.

Modelde, suya doymuş bir zeminin deprem sırasında drenajsız davranacağı varsayımı baz alınır. Bu nedenle, makro eleman modeli içerisinde klasik Tresca tipi bir yüzey akma yüzeyi olarak kullanılır. Şekil 5a'da zeminde derinlik boyunca oluşan (azaltılmamış) drenajsız kesme mukavemeti (Su) dağılımının sabit ve doğrusal olmak üzere iki basitleştirilmiş dağılımı gösterilmektedir. Şekil 5b'de yanal olarak yüklenmiş uzun bir kazığa etkiyen karakteristik zemin tepkisi gösterilir. Burada, kazık arkasında boşluk oluşumu, sığ derinliklerde bulunan bir pasif kayma akması ve daha derinlerde oluşan akma (göçme) mekanizmaları gösterilmektedir.



Şekil 5. (a) Basitleştirilmiş jeoteknik mukavemet senaryoları, (b) kazık-başı yatay yüklemesinde oluşan zemin davranışı

Makro eleman, yatayyüklenenkazık-zeminetkileşimindekibulunanüç ana özelliğe dayanır:

i) İlk elastik davranış,
ii) Boşluk açılma ve kapanması
iii) Göçme yükleme koşulları.

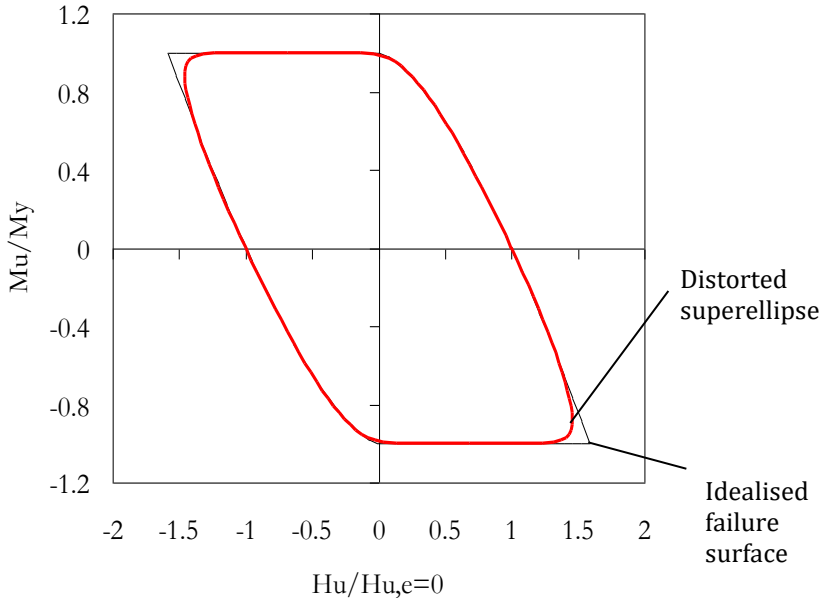
Monotonik (tek yönlü) ve tekrarlı (tersinir) kazık-başı yükleme koşulları için başlangıçtaki elastik tepki ile plastik akma arasında sürekli bir geçişi temsil etmek için bounding surface plastisite modeli kullanılır. Boşluk davranışı, çevredeki zeminin plastik deformasyon durumunu dikkate alan ve bundan etkilenen doğrusal olmayan elastik bir modelle temsil edilir.

Makro eleman modelindeki sınırlayıcı yüzey, yanal yüklü kazık sistemi için göçme yüzeyine karşılık gelir. Bu modelde akma kuralı olarak 'associative' kuralı benimsenir, zira aksininin dikkate alınmasının gerektiğini gösteren herhangi bir kanıt bulunmamaktadır. Bu makro eleman formulasyonunda eksenel yük etkisi göz önüne alınmaz, dolayısıyla göçme yüzeyi yalnızca kazık başına etkiyen kesme kuvveti ve momente göre formule edilir. Ek olarak, düzlemsel bir yükleme kabul edilir.

Correia ve Pecker [2019b] tarafından önerilmiş olan 'yuvarlatılmış' süper eliptik bir göçme yüzeyi kullanılır. Merkezi (Hc, Mc) noktasında, yatay eksen uzunluğu $H_{u,e=0}$ ve düşey eksen uzunluğu My olan bir süperelips ele alalım ve şeklinin bozulması koşulunu ($\gamma < 0$) da üzerine ekleyelim. Bu durumda formulasyon aşağıdaki gibi olacaktır.

$$\left| \frac{\overline{H} - H_c}{H_{u,e=0}} - \gamma \frac{\overline{M} - M_c}{M_y} \right|^{n_H} + \left| \frac{\overline{M} - M_c}{M_y} \right|^{n_M} = 1 \qquad (1)$$

Pozitif nH ve nM üsleri, süper elipsin kenarlarının eğriliğini kontrol eder. Şekil 6, doğrusal Su profili için göçme yüzeyine uymak üzere parametreleri kalibre edilmiş olarak, başlangıçta merkezlenmiş (Hc = Mc = 0) bir bozuk-süper elips konfigürasyonunu temsil etmektedir.



Şekil 6. Doğrusal Su dağılımı için ayarlanmış bir 'bozuk-süper elips'

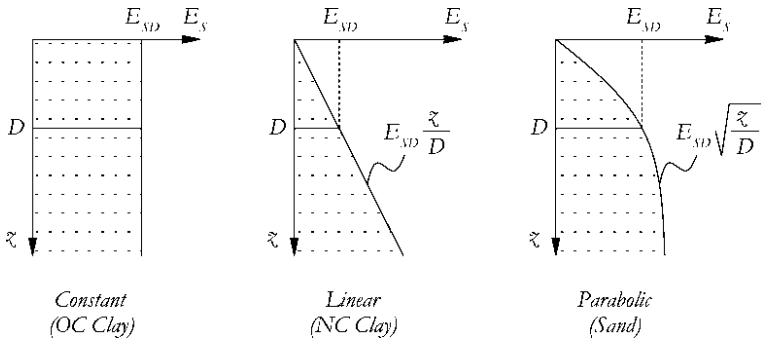
Makro eleman modeli 23 parametreyle tanımlanır: D, K_{VV}, K_{HH}, K_{MM}, K_{HM}, K_{TT}, C_{VV}, C_{HH}, C_{MM}, C_{HM}, C_{TT}, $H_{u,\,e=0}$, M_y, n_H, n_M, γ, z_w, $\left(E_p I_p\right)_{eff}$, β, η, H_0^{pl}, n_{UR} and δ_{Lim}. Bu parametrelerden yalnızca son beşi kalibre edilir, diğerleri literatürde bulunan denklemler kullanılarak tanımlanabilir.

Kazık eğilme rijitiği, $\left(E_p I_p\right)_{eff}$, kolayca hesaplanabilirken, kazık akma momenti (My), herhangi bir kesit analiz programı kullanılarak (ve kazık üzerindeki statik dikey yük dikkate alınarak) hesaplanabilir. Öte yandan, $H_{u,\,e=0}$ ve z_w için formüller Correia ve Pecker [2019a] çalışmasında türetilmiştir.

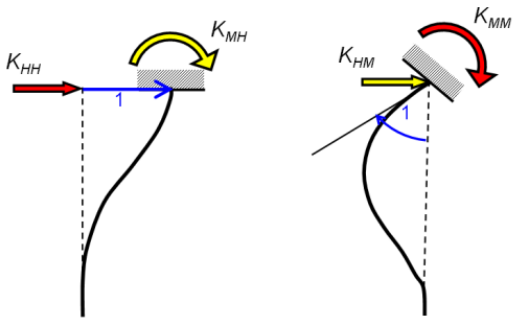
Gazetas [1991], kazık-kafasında tanımlaması gereken yanal ve eksenel sertlik ile sönümleme katsayılarının doğrudan hesaplanması için formüller ihtiva eder. Bunlar, sırasıyla OC kili, NC kili ve kumu temsil eden, zemin rijitliğinin derinlik ile birlikte sabit, doğrusal veya parabolik bir artışa sahip toprak profilleri için geçerlidir. Şekil 4, bu tür idealize edilmiş zemin profillerinde derinlik ile birlikte zemin rijitliği oluşumunu temsil etmektedir. Kazık-kafasında tanımlanacak statik rijitliklere ilişkin ifadeleri, EC 8 - Bölüm 5'in [2003] mevcut versiyonunda küçük değişiklikler ile kabul edilmiştir. Bunlar esnek veya uzun kazıklar için geçerlidir ve **Tablo 3'te** özetlenmiştir. İlgili ifadelerde, D kazık çapı, ESD kazık çapına eşit bir derinlikteki zemin deformasyon modülüdür ve Ep kazık malzemesinin Young modülüdür. Kazık-kafası rijitlik matrisi bileşenleri, **Şekil 7'de** ifade edilen işaret sistemine uygundur. Gazetas [1991] ayrıca Şekil 8'dekiifadelere göre her bir frekans f için hesaplanan karşılık gelen kazık-kafası sönümleme katsayılarını da sunmaktadır.

Kazık başı rijitliklerinin dinamik bileşenlerinin, Gazetas [1984] tarafından yapısal tepki için olağan frekans aralığı için kabaca bire eşit olduğu gösterilmiştir. Bu nedenle, kazık kafası statik rijitlikleri, tek esnek kazıklar için yaklaşık olarak dinamik olanlar olarak kullanılabilir. Sönüm oranı oranı bileşenlerinin frekansla değişimi, Tablo 2'deki ifadeler ile tahmin edildiği gibi doğrusaldır. Bu, radyasyon sönümleme davranışının sabit sönümleme katsayısı C olan sönümleyiciler ile yaklaşık olarak tahmin edilebileceği anlamına gelir.

Sınırlayıcı yüzey (bounding surface) parametreleri, zemin mukavemeti profillerinin her biri için sabittir ve Tablo 3'te gösterilmiştir. Sınır değeri δ_{Lim}, nümerik yakınsama ile ilgili bir parametredir ve varsayılan değeri 0,1'dir (tanımlanabileek değer aralığıysa 0,01 ile 0,2 arasında değişir).



Şekil 7. İdealleştirilmiş Zemin rijitlikprofilleri



Şekil 8. Kazık-başı sisteminde kullanılan işaret sistemi

Tablo 3. Esnek kazıklar için kazık-başı static rijitlik katsayıları (EC8 – Part 5 [2003] çalışmasından sonra)

Zeminin rijitlik profili	$\frac{K_{HH}}{E_{SD}\,D}$	$\frac{K_{MM}}{E_{SD}\,D^3}$	$\frac{K_{HM}}{E_{SD}\,D^2}$
Sabit $E_S = E_{SD}$	$1.08\left(\frac{E_p}{E_{SD}}\right)^{0.21}$	$0.16\left(\frac{E_p}{E_{SD}}\right)^{0.75}$	$-0.22\left(\frac{E_p}{E_{SD}}\right)^{0.50}$
Doğrusal $E_S = E_{SD}\,z/D$	$0.60\left(\frac{E_p}{E_{SD}}\right)^{0.35}$	$0.14\left(\frac{E_p}{E_{SD}}\right)^{0.80}$	$-0.17\left(\frac{E_p}{E_{SD}}\right)^{0.60}$
Parabolik $E_S = E_{SD}\sqrt{z/D}$	$0.79\left(\frac{E_p}{E_{SD}}\right)^{0.28}$	$0.15\left(\frac{E_p}{E_{SD}}\right)^{0.77}$	$-0.24\left(\frac{E_p}{E_{SD}}\right)^{0.53}$

Son olarak, kalan dört kalibrasyon parametresinden, iki tanesi tek yönlü (monotonik) davranışı temsileder, bunlar: βve H_0^{pl} 'dir. Diğer ikisiyse tersinir (tekrarlı) yükleme davranışıyla alakalıdır (η and nUR). Diğer taraftan, yine bu parametrelerin iki tanesi (bu sefer βveη) boşluk açılma davranışını kontrol ederken kalan ikisi (H_0^{pl} ve nUR) plastisite modeliyle ilgilidir. β, H_0^{pl} ve nUR her zaman pozitif degree sahiptir, η ise nihai boşluk açılmanın ele alınmadığı durumlarda sıfır olarak tanımlanabilir. Varsayılan değerleri ve varyasyon aralıkları Tablo 4'te sunulmaktadır.

NOT 1 – SSI makro elemanı ile zaman-tanım alanlı bir dinamik analiz yapılırken, yer hareketi tanımına dikkate dilmelidir. Esasen, makro elemanın iki düğümü ataletsel etkileşim mevcut değilken aynı harekete sahip olmalıdır. Analizi gerçekleştirmenin en güvenilir yolu, temel düğümüne yer hareketini ivme tanımlı vermekten ziyade, yukarıdaki yapısal kütlelere karşılık gelen atalet kuvvetlerini tanımlamaktır.

Tablo 4. Kazık-başı yayılım sönümleme katsayıları ve zeminin temel kayma frekansları (Gazetas [1991] çalışmasından sonra)

Zemin rijitlik profili	$\frac{\xi_{HH} V_{SD}}{f D}$	$\frac{\xi_{MM} V_{SD}}{f D}$	$\frac{\xi_{HM} V_{SD}}{f D}$
Sabit $E_S = E_{SD}$	$1.10\left(\frac{E_p}{E_{SD}}\right)^{0.17}$	$0.35\left(\frac{E_p}{E_{SD}}\right)^{0.20}$	$0.85\left(\frac{E_p}{E_{SD}}\right)^{0.18}$
Doğrusal $E_S = E_{SD}\, z/D$	1.80	0.40	1.00
Parabolik $E_S = E_{SD}\sqrt{z/D}$	$1.20\left(\frac{E_p}{E_{SD}}\right)^{0.08}$	$0.35\left(\frac{E_p}{E_{SD}}\right)^{0.10}$	$0.70\left(\frac{E_p}{E_{SD}}\right)^{0.05}$

Tablo 5. Ön tanımlı göçme yüzeyi parametreleri

$S_u$profili	n_H	n_M	γ
SabitS_u	8.435	2.000	-0.597
DoğrusalS_u	7.040	2.000	-0.667

Tablo 6. Kalibrasyon parametrelerinin varsayılan değerleri ve tanım aralıkları

β	η	H_0^{pl}	n_{UR}
1	1	0.4	1
0.1-10	0-100	0.1-10	0.5-2

SSI analizi üzerine bazı teorik bilgiler

SSI analizi, doğrusal olmayan bir katı sonlu eleman modelinin (yani zemin bloğu) kullanılmasıyla veya SeismoStruct'ta uygulanabilen daha basit ve dolayısıyla daha pratik bir altyapı yaklaşımıyla gerçekleştirilebilir.

Prensip olarak, alt yapı yöntemini kullanarak SSI modellenirken, öncelikle yapısal rijitliği olan ancak yapısal kütlesi olmayan zeminin ve yapının tam modeli ile kinematik etkileşimi analiz edilmelidir. Bu prosedürde, zemindeki sismik girdi yayılımı, tipik olarak frekans alanında (zorunlu olmamakla birlikte) açıkça modellenir ve nihai sonuç temel girdi hareketi (FIM), yani kütlesizse temelin hareketidir. Nitekim bu ilk adımdan, kinematik etkileşimin ihmal edilebileceği varsayılarak ve dolayısıyla FIM olarak serbest

alan yer hareketi kullanılarak (bu serbest alan hareketinin genellikle yatay zemin katmanları boyunca sadece kesme dalgalarının dikey yayılımından kaynaklandığı varsayılır) genellikle kaçınılır.

Alt yapı yöntemini kullanarak SSI modellemesinde ikinci bir aşama, tipik olarak bir dizi dashpot (amortisör), yay (ve empedansların doğru frekans bağımlılığını elde etmek için muhtemelen hayali kütleler) ile temsil edilen temel empedanslarının (yani temelin dinamik tepki özellikleri) hesaplanması olacaktır. Bu ikinci adım, literatürdeki mevcut ifadelerden empedanslar belirlenerek basitleştirilebilir.

Son adım, temel empedansları üzerinde desteklenen ve FIM'e tabi tutulan yapının rijitliği ve kütlesi ile analizidir. SSI makro elemanının kullanılması yoluyla temel sisteminin doğrusal olmayan tepkisini de dikkate alabilmenin ek avantajını sunan SeismoStruct'ta yapılabilecekler budur. Başka bir deyişle, bu makro eleman kullanılarak gerçekleştirilen bir SSI analizi, yalnızca lineer yanıt için kesin olarak geçerli olan altyapı yaklaşımının atalet etkileşim analizi ile SSI etkilerinin lineer olmayan katı sonlu eleman modellemesi arasında hibrit bir yaklaşıma karşılık gelir.

Bu nedenle, yukarıda tanımlanan bağlamda, aşağıdakiler akılda tutulmalıdır:

D. Alt yapı yöntemi yalnızca, tepki doğrusal ise, yani bir temel desteğinin kayması veya yükselmesi, bir kazık boşluğu, rijitlik bozulması, plastik davranış ve geri döndürülemez yer değiştirmeler olmadan teorik olarak doğrudur; bu nedenle, nonlineeritelerin varlığında bu tür bir analiz kaçınılmaz olarak bir dereceye kadar yaklaşıklık içerir.
E. Daha önce belirtildiği gibi, FIM, temelin yalnızca kütlesiz olması durumunda (yapının geri kalanı gibi) ve doğrusal olarak davranması durumunda sahip olacağı girdi hareketidir. Bir temel desteğinin temel modeli, kayma direncini simüle ederse ve yapısal kütle varsa, yukarıdan gelen atalet kuvvetleri ve temelin olası bir kaymasından dolayı temelin hareketi artık FIM olmayacaktır. Ayrıca, lineer tepki ve bir temel desteğinin kütlesi durumunda bile (yukarıda yapı yok), temel kütlesi tarafından ortaya çıkan atalet kuvvetleri nedeniyle temelin hareketi tam olarak FIM olmayacaktır.
F. Altyapı yaklaşımını kullanan SSI analizi için sismik girdi (SeismoStruct'ta yapıldığı gibi) aşağıdakilerden birinden oluşabilir:
    - makro elemanın sabit temel düğümündeki ivme zaman tanım alanı (bu, daha önce tartışıldığı gibi, genellikle serbest alan hareketine eşdeğer olduğu varsayılan FIM olmalıdır), bu daha sonra makro eleman boyunca yayılacak ve yapısal kütleleri (temel dahil) harekete geçirecektir;
    - atalet kuvvetleri zaman tanım alalanları, FIM tarafından yapının kütlelerinin her birine uygulanan yapısal kütlelerin (temel dahil) ürünü olarak hesaplanır.

      Bu iki sismik girdi tanımlama yaklaşımının, düğüm noktalarına göreli yer değiştirmeler (ve dolayısıyla malzeme şekil değiştirmeleri/gerilmeleri ve eleman iç kuvvetleri) açısından aynı analiz sonuçlarına yol açması beklenir. İlk yaklaşımın uygulanması daha kolaydır çünkü yalnızca sabit düğümlerdeki bir taban hareketinin tanımlanması gerekir. Ancak, makro elemanın rijitliklerinin çok büyük olduğu özel durumlarda sayısal problemlere yol açabilir. İkinci yaklaşımın uygulanması daha zordur, çünkü toplu kütlelere sahip tüm düğümlerde dinamik bir kuvvet zaman tanım alanı uygulamak gerekir ve dağıtılmış kütleler kullanıldığında elverişsiz hale gelir. Ancak bu yöntem her durumda işe yarar.

Elastomerik Mesnet Elemanı tipi 1 (Bouc Wen) – bearing 1

Mesnet 1 elemanları, sismik izolasyon uygulamalarında kullanılan elastomerik mesnetlerin davranışını modellemek için kullanılan sıfır uzunluklu 3 boyutlu (3D) elemanlardır. Destek 1 elemanları, iki kesme

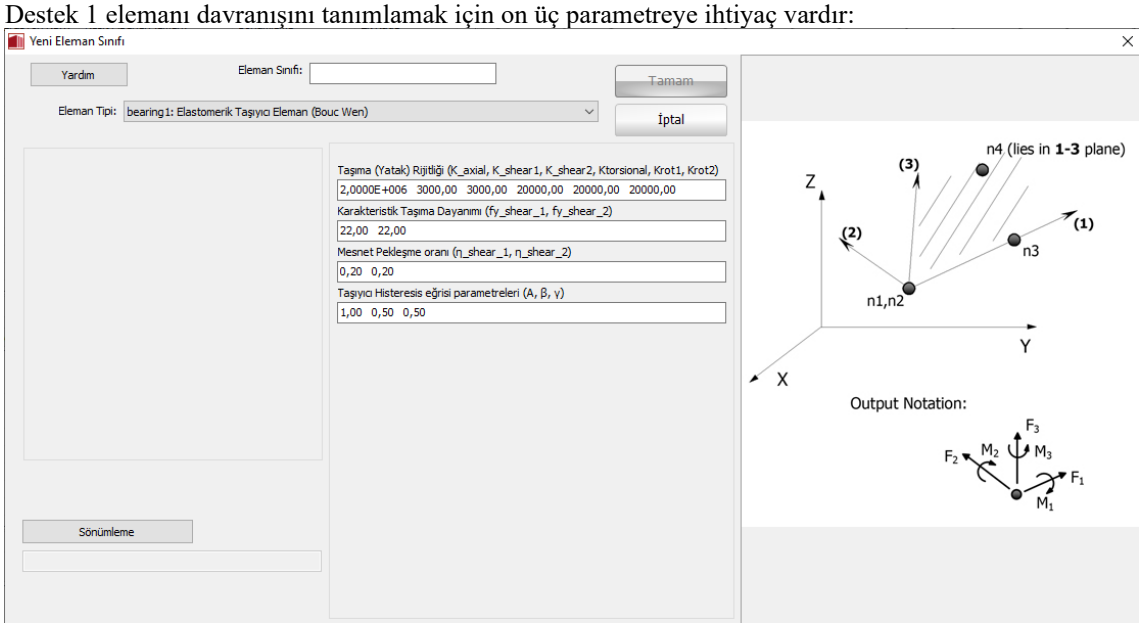
yönü (elemanının lokal koordinat sistemindeki eksen 2 ve eksen 3) için bağlaşık (coupled) plastisite özelliklerine sahipken, geri kalan dört deformasyon tipi için doğrusal elastik davranış ile tanımlanırlar. Kesme yönlerindeki davranış, Wen [1976] ile Park ve diğerleri [1986] tarafından önerilen histeretik davranışa dayanmaktadır. Kesme yönlerinde kuvvet-deformasyon ilişkileri aşağıdaki denklemleri takip eder:

$$f_2 = \eta_shear_2 \;\; K_Shear_2 \, u_2 + (1 - \eta_shear_2) Y_2 z_2$$

$$f_3 = \eta_shear_3 \;\; K_Shear_3 \, u_3 + (1 - \eta_shear_3) Y_3 z_3$$

burada η _shear_2 ve η _shear_3, her bir kesme yönündeki akma sonrası ile akma öncesi (elastik) rijitlik arasındaki oranları temsil eder (-Mesnet Pekleşme Oranları). K2 ve K3, mesnedin her bir yöndeki elastik sertliklerini; Y2 ve Y3, her kesme yönünde akma deformasyonlarını ifade eder. z2 ve z3 ise histeretik (döngüsel) iç değişkenlerdir.

Destek 1 elemanı davranışını tanımlamak için on üç parametreye ihtiyaç vardır:



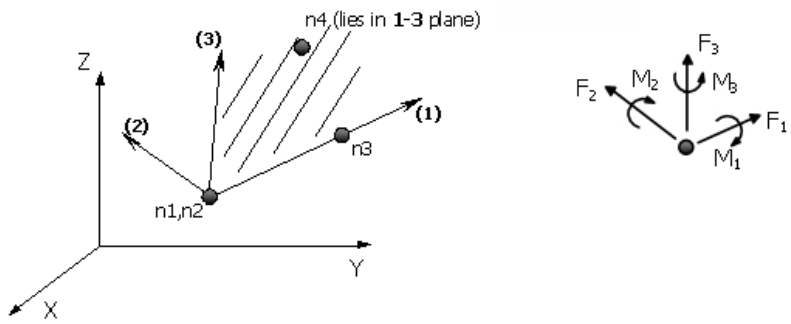
ElemanÖzellikleri	TipikDeğerler	VarsayılanDeğerler
Herbir deformasyon yönündeki e489lastic rijitlikler – **K**		
Eksenel doğrultudaki (yerel eksen 1) elastik rijitlik – K_axial	2E+05 - 150E+05 [kN/m]	2E+06 [kN/m]
Kesme doğrultularındaki (yereleksen 1 ve 2) elastic rijitlikler - K_shear_1, K_Shear_2	3000 – 40000 [kN/m]	3000 [kN/m]
Torsiyonal ve dönme elastik rijitlikleri - Ktorsional, Krot1, Krot2	-	20000 [kN/m]
Herbir kesme yönü için Mesnet Karakteristik Mukavemetleri– fy_shear_1, fy_shear_2	20-600 [kN]	22 [kN]

Her bir kesme yönü için Mesnet Pekleşme Oranları - η_shear_1, η_shear_2	0.1-0.8	0.2
Mesnet histerizis eğri parametreleri		
Histerizis genliğini tanımlayan değişken – A	1	1
Birinci histeretik şekil değişkeni – β	0.1-0.9	0.5
(Birinci) histeretik şekil değişkeni – γ	0.1-0.9	0.5

NOT:Genel bir kural olarak A/(β+γ) = 1 denklemi takip edilmelidir.

Bu elemanın global sönümlemenin aksine, elemana özgü bir sönümleme tanımlamak da mümkündür. Bunu yapmak için, kullanıcıların sadece Sönümleme düğmesine basması ve ardından söz konusu elemana daha iyi uyan sönümleme türünü seçmesi gerekir (kullanıcılar, mevcut farklı sönümleme türleri hakkında Sönümleme menüsüne başvurmalı ve hangilerinin daha iyi seçenek olabileceğine dair ipuçları almalıdır).Eleman seviyesinde tanımlanan sönümleme, global sönümlemeye göre önceliklidir, yani belirli bir elemanın serbestlik dereceleriyle ilişkili "global olarak hesaplanan" sönümleme matrisi katsayıları şu katsayılar ile değiştirileceltir; elemanın kütle matrisinin kütle orantılı bir parametre ile çarpımı veya eleman rijitlik matrisinin rijitlik orantılı bir parametre ile çarpımı veya bir eleman Rayleigh sönümleme matrisinin hesaplanması.

Yerel eksenler ve çıktı gösterimi aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.



Yerel Eksenler ve Çıktı Gösterimi

Sürtünme Sarkacı sınıfı mesnet/sistem eleman tıpı – bearing 2

Destek 2 elemanları, sismik izolasyon uygulamalarında kullanılan tek sürtünmeli sarkaç elemanların (mesnetlerin) davranışını modellemek için üç boyutlu ve sıfır uzunluklu elemanlardır. Destek 2 elemanları, iki kesme yönü için (elemanın lokal koordinat sistemindeki eksen 2 ve 3) bağlaşık plastisite özelliklerine sahipken, geri kalan dört deformasyon tipi için doğrusal elastik davranış ile karakterize edilirler. Modelde kullanılan sürtünme katsayısı, Constantinou ve diğerleri [1999]'nin çalışmasında sürtünme sarkacı kayma yüzeyi katsayısı olarak alınmıştır. Sürtünme katsayısı aşağıdaki denkleme göre hesaplanır:

$$\mu = ffast_1 - (ffast_1 - fslow_1)exp(-rate_1 \left| v \right|)$$

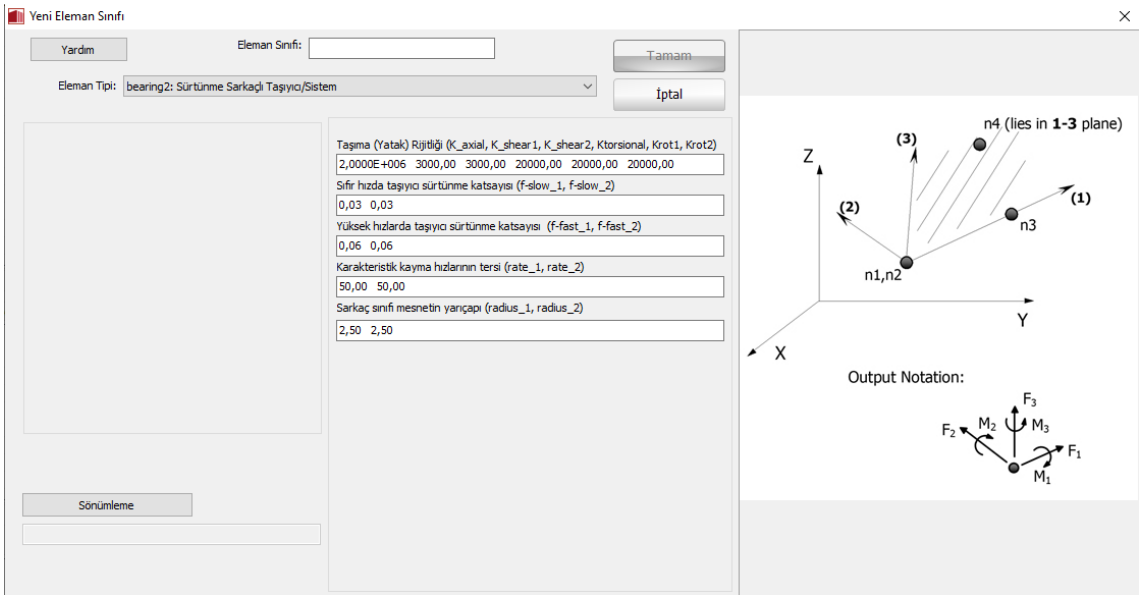
Burada, ffast_1 ve fslow_1 sırasıyla hızlı ve yavaş hızlarda yatak sürtünme katsayılarıdır, v mesnet hızı ve rate_1 düşük hızdan yüksek hızlara geçişi kontrol eden orandır.

Destek 2 elemanı kesme yönlerinde, aşağıdaki denkleme göre hesaplanan akma mukavemeti tarafından tanımlanan degree kadar, kullanıcı tarafından sağlanan elastik rijitliğe orantılı bir şekilde elastik olarak davranır.

$$Q_{yield} = \mu P$$

burada P, ters sarkaç üzerindeki toplam düşey yüktür. Akma noktasından sonraki plastik deformasyonlar, Simo ve Hughes [1998] çalışmasında belirtilen pekleşme modelleri için tarif edildiği gibi bir Return-Mapping algoritması kullanılarak hesaplanmıştır. Akma sonrası rijitlik, P/R'ye eşittir. Burada R, sürtünme sarkacının eğrilik yarıçapıdır ve P, yatak üzerindeki toplam dikey yüktür.

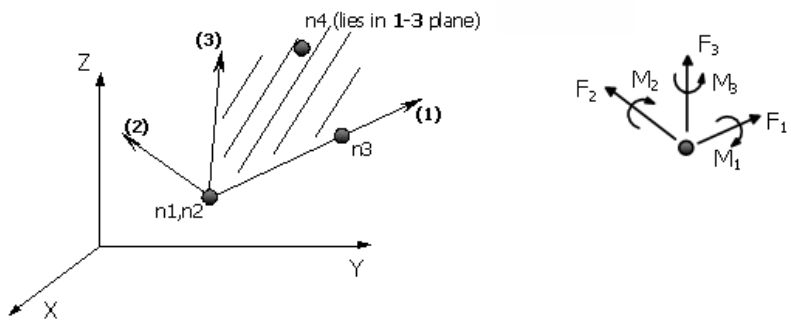
Destek 2 eleman davranışını tanımlamak için on dört katsayıya ihtiyaç duyulur:



Element PropertiesElemanÖzellikleri	Tipik Değerler	Varsayılan Değerler
Her birdeformasyonyönündekielastikrijitlikler – **K**		
Eksenel doğrultudaki (yerel eksen 1) elastik rijitlik - K_axial	1E+06 - 30E+06 [kN/m]	2E+06 [kN/m]
Kesmedoğrultularındaki (yereleksen 1 ve 2) elastic rijitlikler - K_shear_1, K_Shear_2	500 – 20000 [kN/m]	3000 [kN/m]
Torsiyonalvedönmeelastikrijitlikleri - Ktorsional, Krot1, Krot2	-	20000 [kN/m]
Düşük hızlardaki yatak sürtünme katsayıları –fslow_1, fslow_2	0.02-0.01	0.03
Yüksek hızlardaki yatak sürtünme katsayıları–ffast_1, ffast_2	0.05-0.015	0.06
Karakteristikkaymahızınıntersi – rate_1, rate_2	50-100 [s/m]	50 [s/m]
Sürtünme sarkacının eğrilik yarçapı – radius_1, radius_2	2000-7000 [m]	2500 [m]

Bu elemanın global sönümlemenin aksine, elemana özgü bir sönümleme tanımlamak da mümkündür. Bunu yapmak için, kullanıcıların sadece Sönümleme düğmesine basması ve ardından söz konusu elemana daha iyi uyan sönümleme türünü seçmesi gerekir (kullanıcılar, mevcut farklı sönümleme türleri hakkında Sönümleme menüsüne başvurmalı ve hangilerinin daha iyi seçenek olabileceğine dair ipuçları almalıdır).Eleman seviyesinde tanımlanan sönümleme, global sönümlemeye göre önceliklidir, yani belirli bir elemanın serbestlik dereceleriyle ilişkili "global olarak hesaplanan" sönümleme matrisi katsayıları şu katsayılar ile değiştirileceltir; elemanın kütle matrisinin kütle orantılı bir parametre ile çarpımı veya eleman rijitlik matrisinin rijitlik orantılı bir parametre ile çarpımı veya bir eleman Rayleigh sönümleme matrisinin hesaplanması.

Yerel eksenler ve çıktı gösterimi aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.



Yerel Eksenler ve Çıktı Gösterimi

KÜTLE VE SÖNÜMLEME ELEMAN TİPLERİ

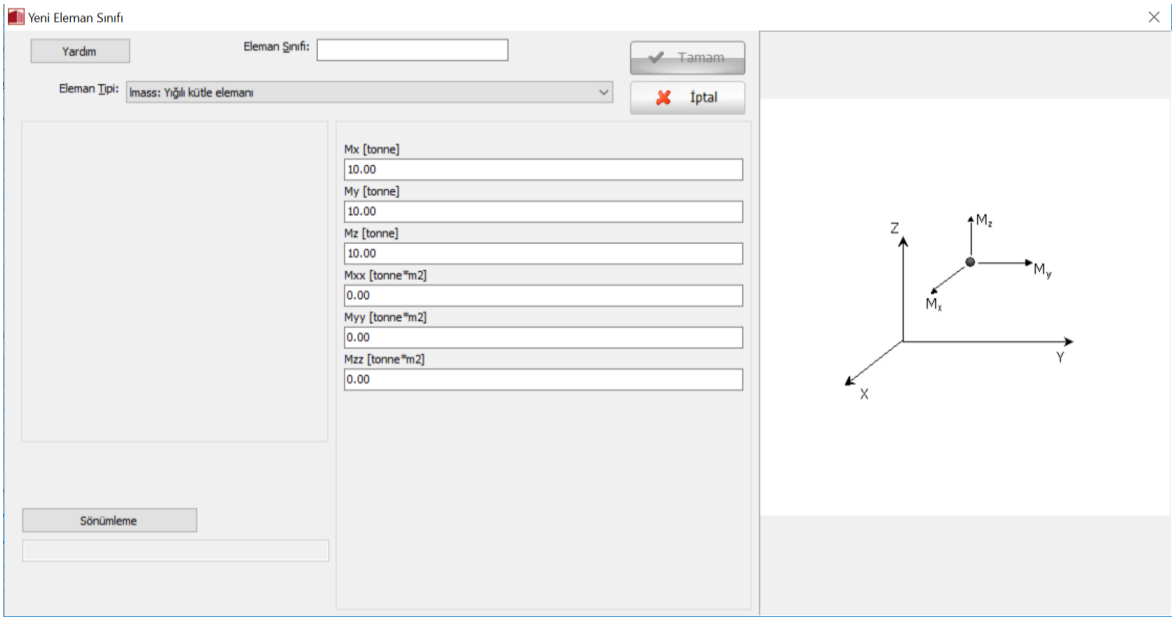
Mass elements - lmass & dmass

Malzemeler modülünde de belirtildiği gibi; kullanıcılar, malzeme özağırlığı tanımlama yoluyla yapının yayılı zati ağırlığını hesaplayabilirler. Buna ek olarak, **Kesitler** modülünde tanımlanacak olan 'ek yayılı kütleler' yoluyla yapısal elemanların zati kütlesiyle bire-bir bağlantıya sahip olmayan öğelerin (ör: döşeme, ince işler, dolgu duvarlar, değişken yükleme, vb.) etkileri de hesaba katılabilir.

Şu andaki modülde ise, *yığılı* (lmass) ve *yayılı* (dmass) sadece kütle tanımlı elemanlarla kütle tanımı yapılarak Eleman Bağlantıları modülünden yapıya eklenir. Böylelikle, kullanıcılar **Malzemeler/Kesitler** modüllerinde tanımlayamadıkları kütleleri bu yolla modele dahil edebilirler (ör: su tankının serbest ucunda sahip olduğu yığılı kütle).

NOT:Yayılı yükleme/kütle tanımlı büyük modellerin analiz süresi yığılı yükleme/kütle bulunanlara nazaran daha uzundur. Kullanıcıların, eleman bazında detaya (ör: kiriş moment diyagramı) ihtiyaç duyulmadığı ve aksine yapının genel davranışının sorgulandığı (ör: tepe yer değiştirmesi ve taban kesmesi ilişkisi) durumlarda, eşdeğer yığılı yükleme/kütle yoluyla modellemeyi seçmeleri daha iyi bir alternatif olacaktır.

Yığılı kütle elemanı (lmass), tek düğüm noktasına tanımlanan yığılı kütle elemanı olup üç öteleme ve üç dönel atalete (kütleye) sahiptir. İkinci terim, eğilme atalet momentiyle karıştırılmamalıdır ve bu terimin hesabı için ilgili literatür kaynakları kullanılabilir[ör: Pilkey, 1994; Gere ve Timoshenko, 1997]. Kütle değerleri global referans koordinat sisteminde (X, Y, ve Z) tanımlanmalıdır; bu yolla 6x6 eleman kütle matrisi elde edilir.



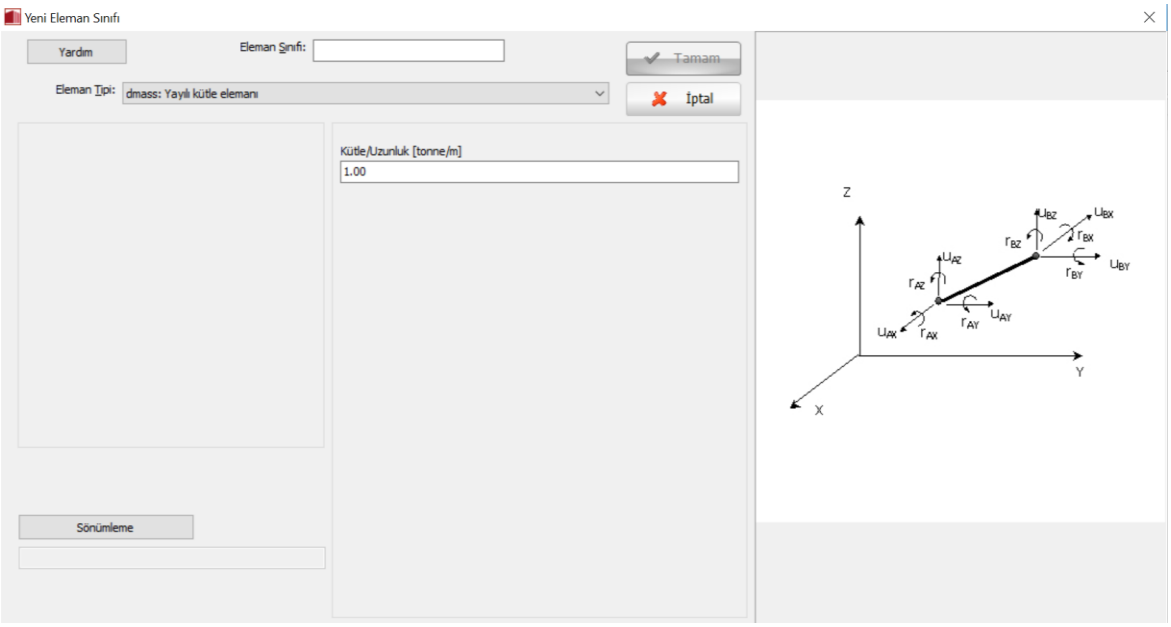
Yeni lmass elemanı tanımlanması

Yayılı kütle elemanı (dmass) iki düğüm noktalı bir kütle elemanıdır. Kullanıcıların sadece birim kütle (kütle/uzunluk) değerini tanımlaması gerekmektedir; daha sonra program tarafından bu değer kullanılarak toplam eleman kütlesi M, ve ardından elemanların global serbestlik dereceleri (U_{AX}, U_{AY}, U_{AZ}, R_{AX}, R_{AY}, R_{AZ}, U_{BX}, U_{BY}, U_{BZ}, R_{BX}, R_{BY}, R_{BZ}) kullanılarak diyagonal kütle matriksi oluşturulur. Burulma ataleti terimleri ML^2/24 olarak hesaplanır; burada M birim kütleyi ifade eder (kütle/uzunluk). Bahsedilen terimler yalnızca Proje Ayarları'nda bulunan *Yayılı Kütle Elemanlarında Dönel Kütleleri Dahil Et* seçeneğinin seçili olması durumunda hesaplanır.

NOT 1:Yapının çok büyük şekil değiştirmelere maruz kaldığı durumlarda (ör: burkulma), daha doğru modelleyebilmek için, eleman başına iki veya daha fazla dmass tipi eleman tanımlanması önerilir.

NOT 2: Eğer yükler kütlelerden elde ediliyorsa (g değerine bağlı olarak yerçekimi veya kullnıcı-tanımlı katsayılarla herhangi başka doğrultuda), program otomatik olarak hesaplar ve kalıcı yayılı yükleri etkitir.

NOT 3:*dmass* elemanları kolon/kiriş elemanlarından farklı elemanlar oldukları için, bu elemanlarından elde edilen yayılı yükler, gerilme-iyileştirme işlemlerinde kullanılmaz; dolayısıyla eleman üzerinde meydana gelen moment değerleri yanlış olur. Kullanıcıların eleman boyunca doğru momentlere ulaşmayı istedikleri durumlarda, modellenmek istenen yayılı kütleleri Malzemeler modülündeki 'malzeme özağırlığı' ve/veya Kesitler modülünde bulunan 'ek yayılı kütle' yollarıyla tanımlayabilirler.

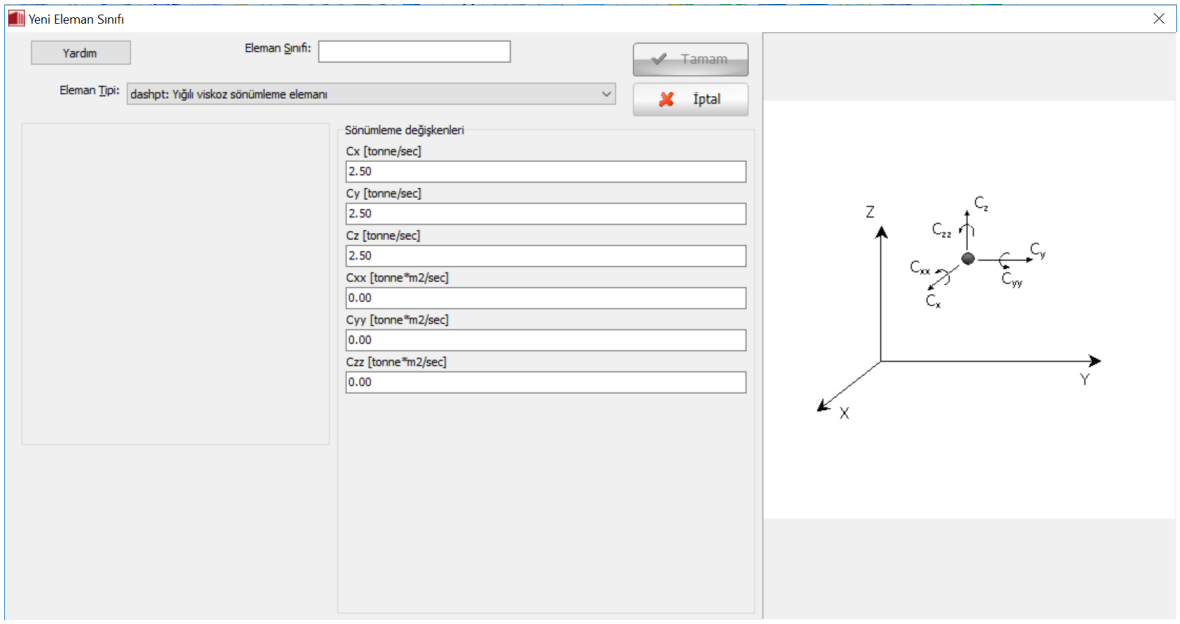


Yeni dmass elemanı tanımlanması

Viskoz sönümleme elemanı - dashpt

ÖNEMLİ: SeismoStruct içerisinde sönümleyiciler genellikle bağlantı elemanlarının gerekli davranış eğrileriyle birlikte tanımlanmaları yoluyla yapılır (bu yolla sönümleyiciler için, en azından deprem hızları skalasında geçerli olmak üzere, hızdan bağımsız kuvvet-yer değiştirme ilişkisi tanımlanabilir). Diğer taraftan, hıza bağlı sönümlemenin önemli olduğu durumlarda, dashpt elemanı kullanılır; bu elemanlara şu anda sadece doğrusal (lineer) kuvvet-hız ilişkisi tanımlanabilmektedir.

İki düğüm noktalı sönümleme elemanıdır ve verilen herhangi iki düğüm arasında (ör. çelik bir destek üzerine monte edilmiş bir damperi temsil etmek için kullanılabilir)doğrusal (lineer) viskoz sönümleyiciyi temsil eder. Sönüm katsayıları altı farklı global serbestlik derecelerinde tanımlanır ama sıklıkla viskoz sönümleyiciler bir ya da iki doğrultuda çalışır. Sönümleyici, dashpot kuvvetlerini hesaplamak için iki eleman düğümü arasındaki bağıl hareketi açıklar.



Yeni bir dashpt elemanı tanımlanması

NOT:dashpt elemanları, visko elastisite modelleri olan, Maxwell (sönümleme ve rijitliğin seri çalıştığı) ve Kelvin-Voigt (sönümleme ve rijitliğin paralel çalıştığı) modellerinde de lineer rijitliği tanımlayan ilgili bağlantı elemanıyla birlikte sırasıyla seri ve paralel olarak bağlanabilir ve bu modellerdeki viskoz sönümlemeyi temsil edebilir.

Doğrusal Olmayan Dashpot Viskoz Sönümleme elemanı – Nldashpt

ÖNEMLİ: SeismoStruct'ta sönümleyiciler normalde, belirli bir sönümleyicinin hıza bağlı olmayan (en azından tipik deprem hızları aralığında) kuvvet-yer değiştirme ilişkisini karakterize edebilecek yeterli tepki eğrilerine sahip bağlantı elemanları aracılığıyla modellenir. Bununla birlikte, hıza bağımlılığın önemli olduğu ve özellikle kuvvet ile hız arasında doğrusal olmayan bir ilişkinin olduğu durumlarda, bunun yerine bu NLdashpt elemanı kullanılabilir.

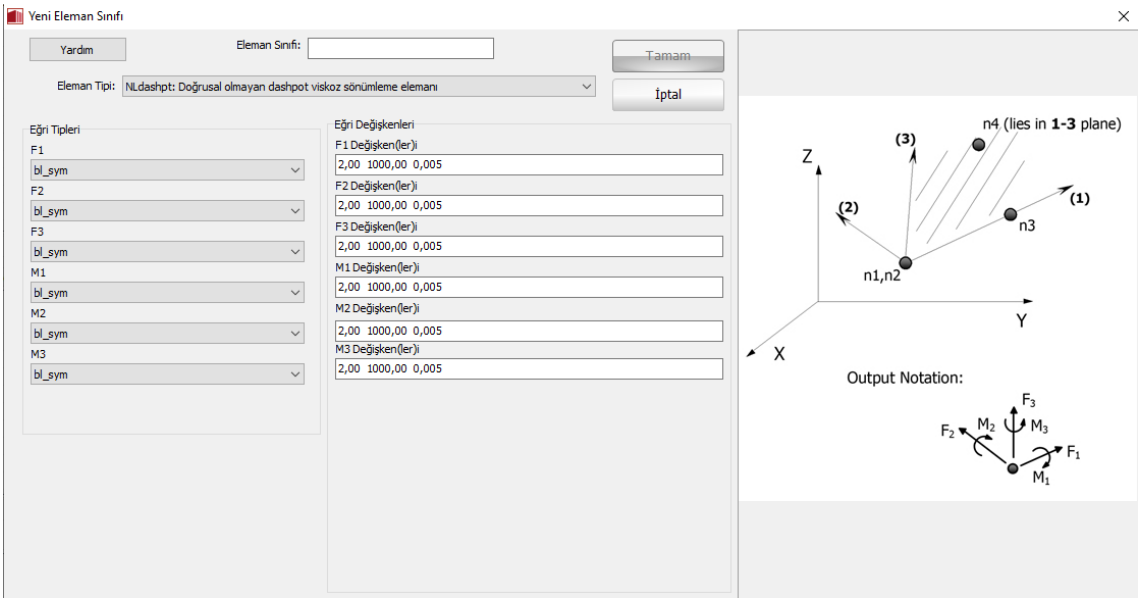
Bu, altı küresel serbestlik derecesinin tamamında sönümleme sağlayan iki düğümlü bir sönümleme elemanıdır. Her bir serbestlik derecesindeki sönümleme, mevcut tepki eğrilerinden biri tarafından tanımlanan bir Kuvvet-Hız ilişkisi aracılığıyla modellenir. Elemanın tanımlanması için kullanıcının her bir yöndeki sönümleme hareketinin modellenmesi için bir tepki eğrisi tanımlaması gerekir.

Şu anda, bir rackh eleman tipi seçildiğinde, Eleman Sınıfı iletişim kutusundan seçilebilen yirmi dokuz tepki eğrisi mevcuttur.

- Doğrusal simetrik eğri - lin_sym
- Doğrusal asimetrik eğri - lin_asm
- Bilineer simetrik eğri - bl_sym
- Bilineer asimetrik eğri - bl_asm
- Bilineer kinematik sertleşme eğrisi - bl_kin
- Üç doğrusal simetrik eğri - trl_sym
- Üç doğrusal asimetrik eğri - trl_asm
- Dörtgen simetrik eğri - quad_sym
- Dörtgen asimetrik eğri - quad_asm
- Sıkıştırılmış asimetrik eğri - pinched_asm

- Bilineer Histeretik Yanıtlı Modifiye Ibarra-Medina-Krawinkler Bozulma eğrisi - MIMK_bilin
- Tepe Noktası Odaklı Histeretik Yanıtlı Modifiye Ibarra-Medina-Krawinkler Bozulma Modeli - MIMK_peak
- Sıkıştırılmış Histeretik Yanıtlı Modifiye Ibarra-Medina-Krawinkler Bozulma Modeli - MIMK_Pinched
- Doğrusal olmayan elastik eğri - Non_lin_Elast
- Plastik eğri - plst
- Basitleştirilmiş bilineer Takeda eğrisi -Takeda
- Asimetrik bilineer Takeda eğrisi -Takeda_asm
- Ramberg Osgood eğrisi - Ramberg_Osgood
- Değiştirilmiş Richard-Abbott eğrisi - Richard_Abbott
- Zemin-yapı etkileşim eğrisi - ssi_py
- Boşluk-kanca eğrisi - gap_hk
- Çoklu doğrusal eğri - multi_lin
- Pürüzsüz eğri - pürüzsüz
- Viskoz Damper - vsc_dmp
- Bouc Wen eğrisi - Bouc_Wen
- Elastik - Mükemmel plastik Boşluk eğrisi - gap_elpl
- Darbe tepki eğrisi - pound_hz
- Kendinden Merkezlemeli Brace tepki eğrisi - scb
- Jenerik Histeretik Eğri - gen_hyst

Bağlantı elemanı ile ilişkili mevcut tepki eğrilerinin kapsamlı bir açıklaması için Ek G'ye bakınız.



Yeni bir NLdashpt elemanının tanımı

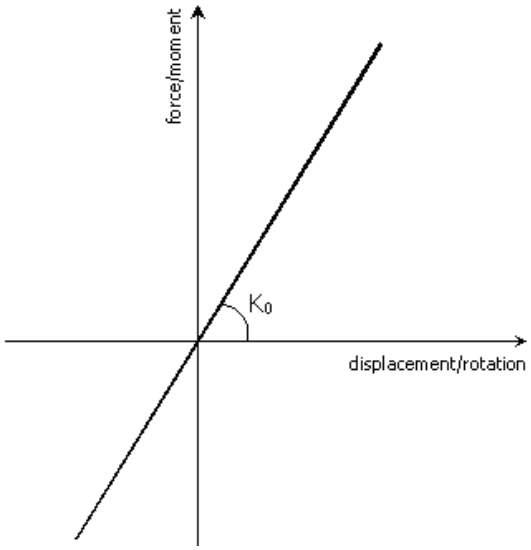
Ek G – Davranış Eğrileri

Bu ekte tanımlı davranış eğrileri hakkında bilgi verilecektir.

Doğrusal simetrik eğri - lin_sym

ÖNEMLİ: Seismostruct'ın bir önceki sürümlerinde mafsallı bağlantı (sıfır veya sıfıra yakın rijitlik) ve/veya Sınırların modellenmesinde lin_sym davranış eğrisine sahip bağlantı elemanları kullanılmaktaydı. Mevcut durumdaysa, kullanıcılar aynı amaçlara hizmet etmek üzere Eşit SD özelliğini kullanabilirler (bknz. Kısıtlar); ör: mafsal durumu, bütün yer değiştirmelere 'Eşit SD' kısıdı kullanılarak modellenebilir.

Bu ilişki, genelde, ideal doğrusal davranışı, zemin/temel esnekliğini, lamine kauçuk mesnetleri (zaten düşük olan viskoz sönümlemeleri ihmal edilirse), vb. durumları modellemek için kullanılır. Bir adet değişkenin tanımlanması gereklidir:

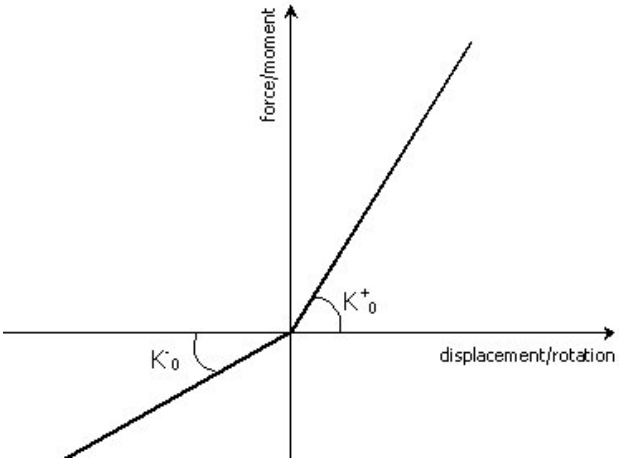


Tek bir adet değişkenin tanımlanması yeterlidir:

Eğri Özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
Rijitlik – K_0	-	10000 (-)

Doğrusal asimetrik eğri - lin_asm

Bu ilişki, genelde, ideal doğrusal davranışı, zemin/temel esnekliğini, vb. durumları modellemek için kullanılır.

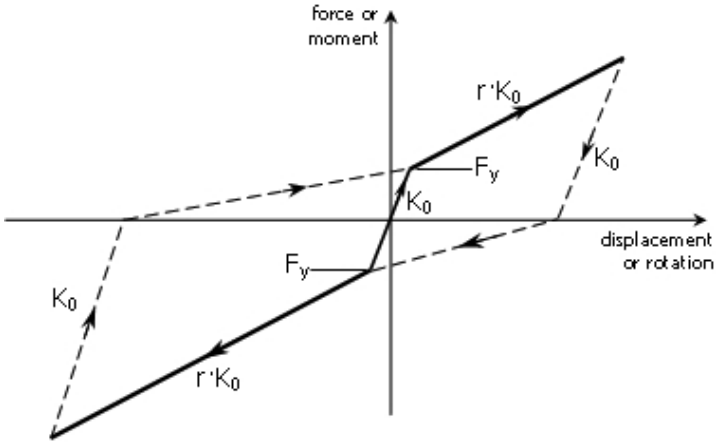


İki adet değişkenin tanımlanması gereklidir:

Eğri Özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
Pozitif bölgedeki rijitlik– $K_{0(+)}$	-	10000 (-)
Negatif bölgedeki rijitlik– $K_{0(-)}$	-	5000 (-)

İki doğrulu simetrik eğri - bl_sym

Bu ilişki, ideal simetrik elastik-plastik davranışın modellenmesinde kullanılır. İzotropik pekleşme kuralı benisenmiştir.



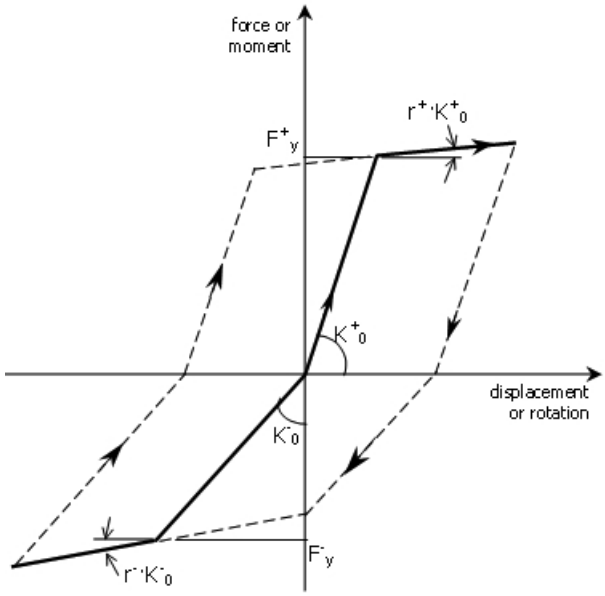
İlişkinin tanımlanabilmesi için üç parametre kullanılır:

Eğri Özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
İlk rijitlik – K_0	-	20000 (-)
Akma kuvveti – F_y	-	1000 (-)
Akma sonrası pekleşme oranı – **r**	-	0,005 (-)

NOT: Göreceli olarak sık karşılaşılan, akma sonrası rijitliğinin büyük olmadığı ve dolayısıyla azami kuvvetin akma kuvvetinin iki katından fazla olmadığı durumlarda, bu davranış eğrisi bl_kin ile benzer davranışa sahip olur.

İki doğrulu asimetrik eğri - bl_asm

Bu ilişki, ideal asimetrik elastik-plastik davranışın modellenmesinde kullanılır. İzotropik pekleşme kuralı benisenmiştir.



İlişkinin tanımlanabilmesi için altı parametre kullanılır:

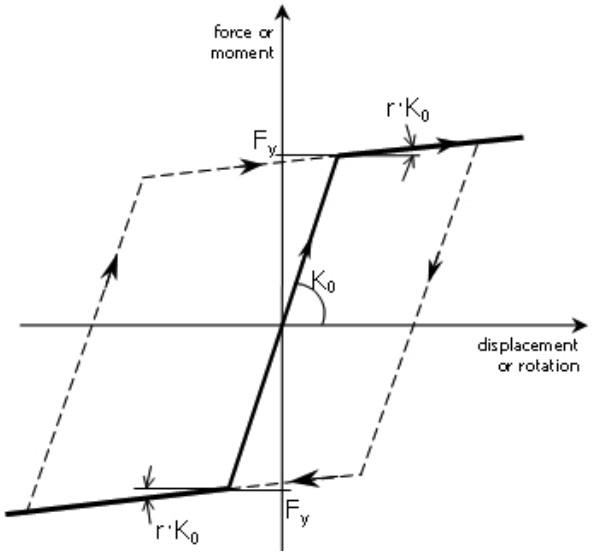
Eğri Özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
Pozitif bölgedeki ilk rijitlik – $K_{0(+)}$	-	20000 (-)
Pozitif bölgedeki akma kuvveti – $F_{y(+)}$	-	1000 (-)
Pozitif bölgedeki akma sonrası pekleşme oranı – $r_{(+)}$	-	0,005 (-)
Negatif bölgedeki ilk rijitlik – $K_{0(-)}$	-	10000 (-)
Negatif bölgedeki akma kuvveti – $F_{y(-)}$	-	-1500 (-)
Negatif bölgedeki akma sonrası pekleşme oranı – $r_{(-)}$	-	0,01 (-)

NOT 1:$K_{0(+)}$ and $K_{0(-)}$ rijitlik değerleri pozitif olmalıdır.

NOT 2:Göreceli olarak sık karşılaşılan, akma sonrası rijitliğinin büyük olmadığı ve dolayısıyla azami kuvvetin akma kuvvetinin iki katından fazla olmadığı durumlarda (yukarıdaki şekildeki gibi), bu davranış eğrisi bl_kin ile benzer davranışa sahip olur. Bahsedilen bu durum her koşulda geçerli olmaz ve izotropik pekleşmeli (iki doğrulu simetrik eğride bahsedildiği gibi) bir davranışın olması gerekmektedir.

İki doğrulu kinematik eğri - bl_ kin

Bu kinematik pekleşmeli iki doğrulu simetrik eğri, genellikle, ideal elastik-plastik davranışı, yarı rijit bağlantıları, kurşun çekirdekli elastomer mesnetleri, çelik histeretik sönümleyicileri, vb. özellik gösteren durumları modellemek için kullanılır.

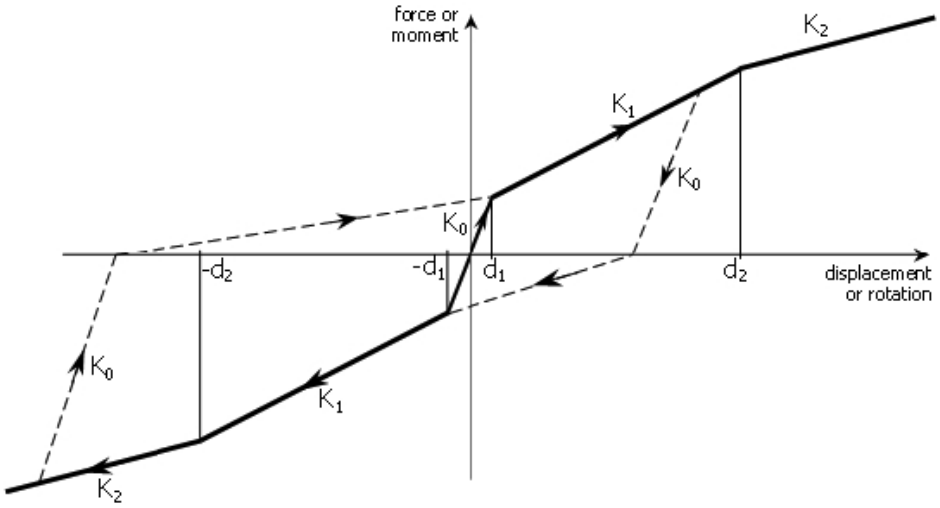


Davranışını üç parametre tanımlar:

Eğri Özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
İlk rijitlik – **K0**	-	20000 (-)
Akma kuvveti – **Fy**	-	1000 (-)
Akma sonrası pekleşme oranı – **r**	-	0,005 (-)

Üç doğrulu simetrik eğri - trl_sym

Bu ilişki, ideal simetrik elastik-plastik davranışın modellenmesinde kullanılır. İzotropik pekleşme kuralı benisenmiştir.



İlişkinin tanımlanabilmesi için beş parametre kullanılır:

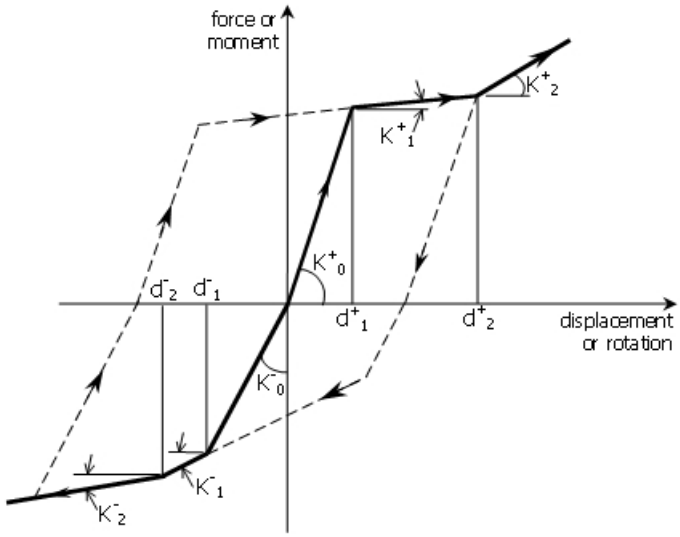
Eğri Özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
İlk rijitlik – **K0**	-	1000 (-)
İlk rijitlik kısmının deplasman limiti – **d1**	-	1 (-)
İkinci rijitlik – **K1**	-	10 (-)
İkinci rijitlik kısmının deplasman limiti – **d2**	-	5 (-)

Eğri Özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
Üçüncü rijitlik – K_2	-	100 (-)

NOT:K_0, K_1 ve K_2 rijitlikleripozitif olmalıdır. Ayrıca K_1 ve K_2 değerleri de her zaman K_0 değerinden daha küçük olmalıdır.

Üç doğrulu asimetrik eğri - trl_asm

Bu ilişki, ideal simetrik elastik-plastik davranışın modellenmesinde kullanılır. İzotropik pekleşme kuralı benisenmiştir.



Tanımlanabilmesi için on parametre kullanılır:

Eğri Özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
Pozitif bölgedeki ilk rijitlik– $K_{0(+)}$	-	1000 (-)
Pozitif bölgedeki ilk rijitliğin deplasman limiti– $d_{1(+)}$	-	1 (-)
Pozitif bölgedeki ikinci rijitlik– $K_{1(+)}$	-	50 (-)
Pozitif bölgedeki ikinci rijitliğin deplasman limiti– $d_{2(+)}$	-	5 (-)
Pozitif bölgedeki üçüncü rijitlik– $K_{2(+)}$	-	100 (-)
Negatif bölgedeki ilk rijitlik– $K_{0(-)}$	-	10000 (-)
Negatif bölgedeki ilk rijitliğin deplasman limiti– $d_{1(-)}$	-	-5 (-)
Negatif bölgedeki ikinci rijitlik– $K_{1(-)}$	-	35 (-)
Negatif bölgedeki ikinci rijitliğin deplasman limiti– $d_{2(-)}$	-	-15 (-)
Negatif bölgedeki üçüncü rijitlik– $K_{2(-)}$	-	100 (-)

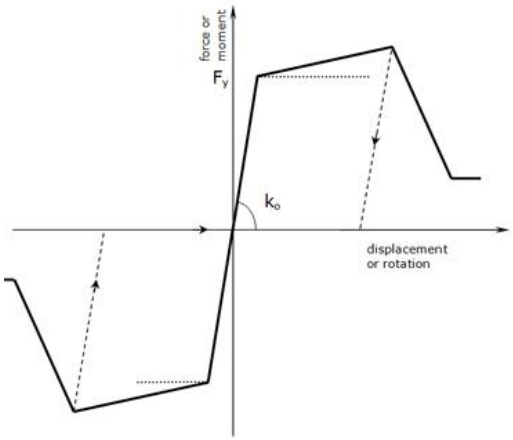
NOT 1: $K_{0(+)}, K_{1(+)}, K_{2(+)}, K_{0(-)}, K_{1(-)}$ ve $K_{2(-)}$ rijitlikleri her zaman pozitif tanımlanmalıdır. Ayrıca, hem pozitif hem de negatif deplasman bölgelerinde geçerli olmak üzere, K_1 ve K_2 değerleri de her zaman $K0$ değerinden daha küçük olmalıdır.

NOT 2: Örnek. Yan yana konumlanan ve aralarında 20 mm derz bulunan iki yapının modelinde trl_asm kullanılabilir. Parametreleri: $K_{0(+)} = 1e12$, $d_{1(+)} = 0$, $K_{1(+)} = 0$, $d_{2(+)} = 1e10$, $K_{2(+)} = 0$, $K_{0-} = 1e12$, $d_{1(-)} = 0$, $K_{1(-)} = 0$, $d_{2(-)} = -20$, $K_{2(-)} = 1e10$ olarak kabul edilebilir. Yine de böylesi durumlarda, gap_hk davranış eğrisinin kullanımı önerilmektedir.

NOT 3: Kullanıcılar, bu davranış eğrisinde kullanılan tekrarlı (histeretik) kurallar için lin_sym eğrisindeki şekle başvurabilirler. Ayrıca, kullanıcılara karmaşık modellerde kullanmadan önce her zaman basit tekrarlı yük analizi (ör: tek bir bağlantı elemanı tanımlanı, tek ucu yere mafsallanarak serbest olan ucuna tekrarlı deplasman uygulanır) uygulayarak tanımlanan histeretik (tekrarlı) ilişkiyi iyice anlamaları önerilmektedir.

Dört doğrulu simetrik eğri - quad_sym

Bu ilişki, ideal simetrik dört doğrulu simetrik davranışın modellenmesinde kullanılır. İzotropik pekleşme kuralı benisenmiştir.

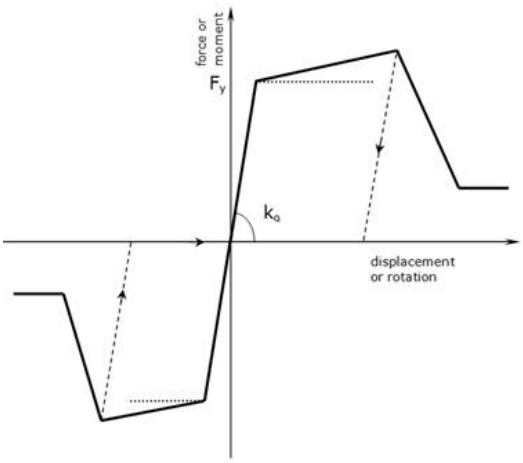


Tanımlanabilmesi için beş parametre kullanılır:

Eğri özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
Akma mukavemeti – F_y	-	500
Akma deplasmanı – d_y	-	0.005
Azami mukavemet – F_u	-	550
Azami deplasman kapasitesi – d_u	-	0.02
Artık (nihai) mukavemet	-	200

Dört doğrulu asimetrik eğri - quad_asm

ilişki, ideal simetrik dört doğrulu asimetrik davranışın modellenmesinde kullanılır. İzotropik pekleşme kuralı benisenmiştir.

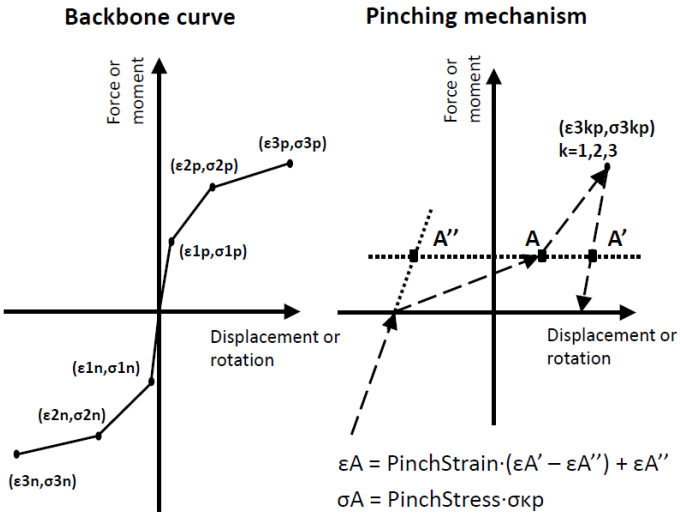


Tanımlanabilmesi için on parametre kullanılır:

Eğri özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
Pozitif yükleme doğrultusundaki akma mukavemeti – $\mathbf{F_{y(+)}}$	-	500
Pozitif yükleme doğrulutusndaki akma deplasmanı – $\mathbf{d_{y(+)}}$	-	0.005
Pozitif yükleme doğrultusundaki azami mukavemet – $\mathbf{F_{u(+)}}$	-	550
Pozitif yükleme doğrultusundaki azami deplasman – $\mathbf{d_{u(+)}}$	-	0.02
Pozitif yükleme doğrultusundaki nihai mukavemet**(+)**	-	200
Negatif yükleme doğrultusundaki akma mukavemeti – $\mathbf{F_{y(-)}}$	-	400 (-)
Negatif yükleme doğrulutusndaki akma deplasmanı – $\mathbf{d_{y(-)}}$	-	0.005 (-)
Negatif yükleme doğrultusundaki azami mukavemet – $\mathbf{F_{u(-)}}$	-	450 (-)
Negatif yükleme doğrultusundaki azami deplasman – $\mathbf{d_{u(-)}}$	-	0.02 (-)
Negatif yükleme doğrultusundaki nihai mukavemet **(-)**	-	200 (-)

Sıkışmalı (Pinched) asimetrik eğri - pinched_asm

Pinched_Asm eğrisi, doğrusal olmayan rijitlik ve mukavemet azalma kuralları ve ayrıca kuvvet ve deformasyonun sıkışması (pinching) ile karakterize edilen tek eksenli bir gerilme-birim şekil değiştirme modelidir.Süneklik ve enerji kaynaklı hasar nedeniyle oluşan bozulmada hesaba katılabilir.Modelin zarf eğrisinin tanımlanması için negatif ve pozitif yönde olmak üzere üçer gerilme-deformasyon noktası gerekmektidir. Bu noktalar pozitif yön için artan, negatif yön için azalan sırada tanımlanmalıdır.



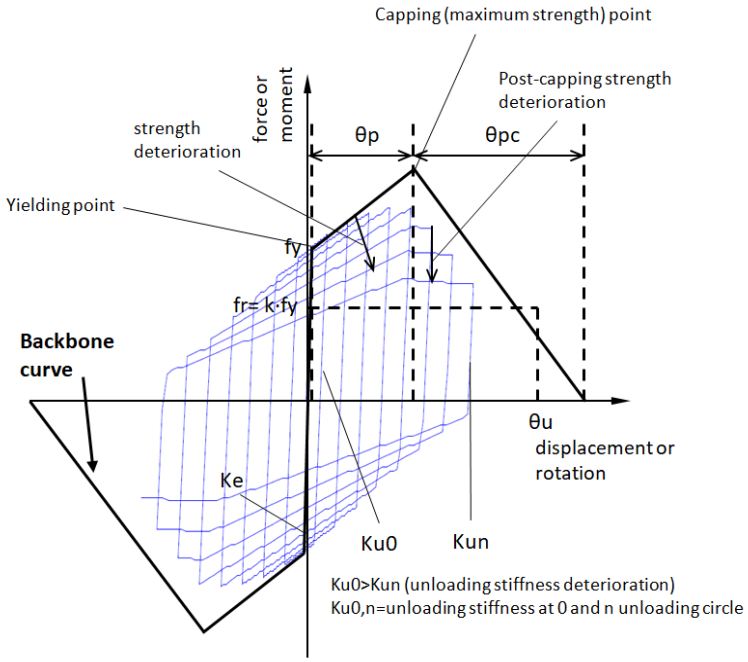
Davranış eğrisinin tanımlanabilmesi için on yedi parametreye ihtiyaç vardır.

Malzeme özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
Pozitif yöndeki ilk bir. şek. değ.– $\varepsilon_{1p(+)}$	-	0.001
Pozitif yöndeki ilk gerilme – $\sigma_{1p(+)}$	-	100.00
Pozitif yöndeki ikinci bir. şek. değ.– $\varepsilon_{2p(+)}$	-	0.115
Pozitif yöndeki ikinci gerilme – $\sigma_{2p(+)}$	-	150
Pozitif yöndeki üçüncü bir. şek. değ.– $\varepsilon_{3p(+)}$	-	0.2
Pozitif yöndeki üçüncü gerilme – $\sigma_{3p(+)}$	-	145.00
Negatif yöndeki ilk bir. şek. değ.– $\varepsilon_{1n(-)}$	-	-0.001
Negatif yöndeki ilk gerilme – $\sigma_{1n(-)}$	-	-100.00
Negatif yöndeki ikinci bir. şek. değ.– $\varepsilon_{2n(-)}$	-	-0.115
Negatif yöndeki ikinci gerilme – $\sigma_{2n(-)}$	-	-150.00
Negatif yöndeki üçüncü bir. şek. değ.– $\varepsilon_{3n(-)}$	-	-0.2
Negatif yöndeki üçüncü gerilme – $\sigma_{3n(-)}$	-	-145.00
Yeniden yükleme sırasındaki birim şekil değiştirme sıkışma faktörü– **pinchStrain**	0-1.0(-)	0.8
Yeniden yükleme sırasındaki gerilme sıkışma faktörü– **pinchStress**	0-1.0(-)	0.2
Süneklik bazlı hasar– **dam1**	0-0.05(-)	0.0
Enerji bazlı hasar– **dam2**	0-0.5(-)	0.0
Azalmış boşaltma rijitliğinin elde edilmesi için kullanılan kuvvet – **mu**	0-0.5(-)	0.0

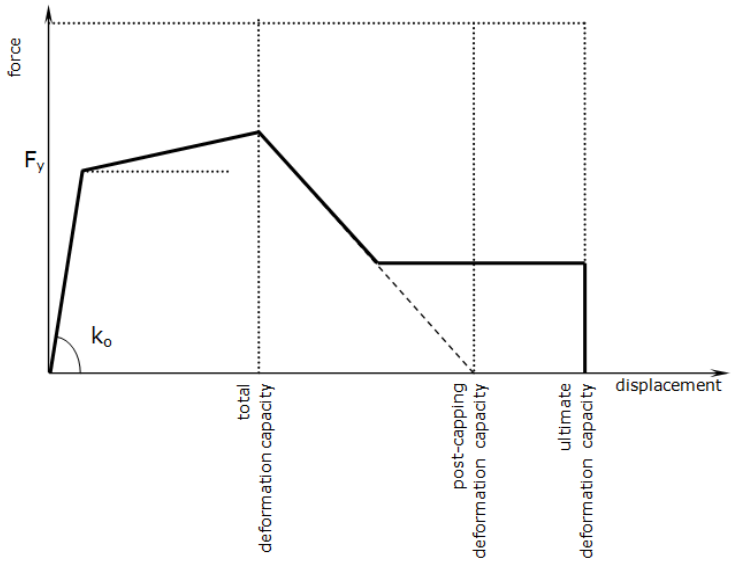
İki doğrulu histeretik davranışlı değiştirilmiş Ibarra-Medina-Krawinkler bozulma eğrisi – MIMK_bilin

Değiştirilmiş Ibarra-Medina Krawinkler (MIMK) bozulma eğrisi, başlangıçta Ibarra ve diğerleri [2005]tarafından önerilen modele dayanıpardından Lignos ve Krawinkler [2011] tarafından değiştirilmiştir. MIMK, monotonik yükleme için davranışı temsil eden ve dayanım ve deformasyon sınırlarını oluşturan bir omurga eğrisine ve sınırlar arasındaki histeretik davranışın temel özelliklerini

tanımlayan bir dizi kurala dayanmaktadır. Histerezis, kinematik sertleşmeli standart iki doğrulu histeretik kurallarla modellenmiştir. Ayrıca, model üç tekrarlı bozulma türü içerir: a. baz mukavemet bozulması, b. pik sonrası mukavemet bozulması ve c. boşaltma / yeniden yükleme rijitliği bozulması. Model, kirişlerin plastik mafsal alanlarındaki tekrarlı moment-dönme ilişkisini modellemek için kullanılabilir. Çelik kirişler için model değişkenleri, Lignos ve Krawinkler [2011] tarafından 300'den fazla deneyden elde edilen deneysel veriler ışığında ampirik ilişkilerle tanımlanabilir. Model, başlangıçta moment ve dönme miktarları cinsinden tanımlanmış olmasına karşın, herhangi bir kuvvet-deformasyon ilişkisi için de uyarlanabilir.



Kapasite birim şekil değiştirmeleri aşağıdaki grafik yoluyla daha iyi anlaşılabilir:

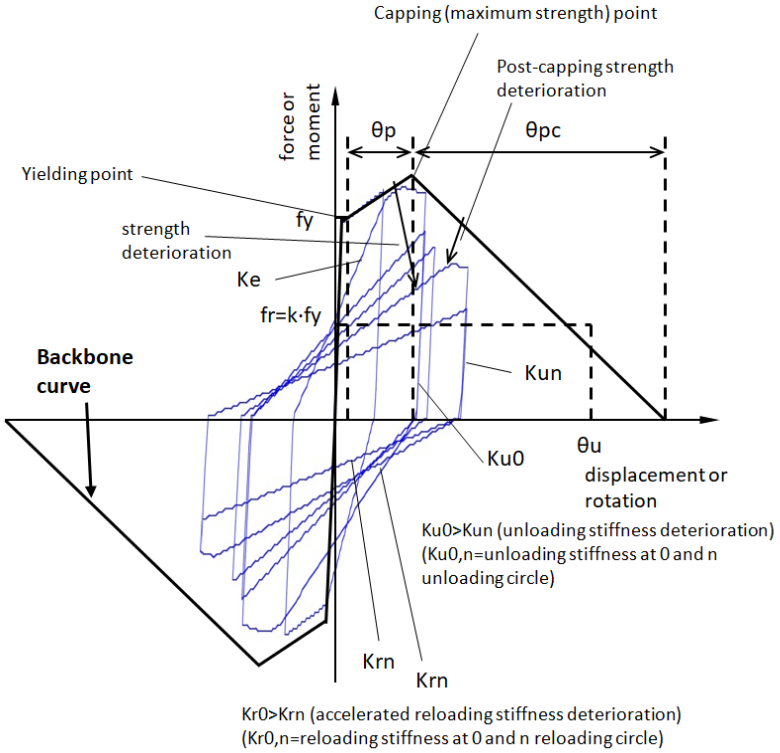


Tanımlanması için yirmi iki parametreye ihtiyaç vardır (çelik kirişler için tanımlanması sırasında başvurulabilecek çevrim içi bir araca belirtilen linkten ulaşılabilir: http://dimitrios-lignos.research.mcgill.ca/databases/component/).

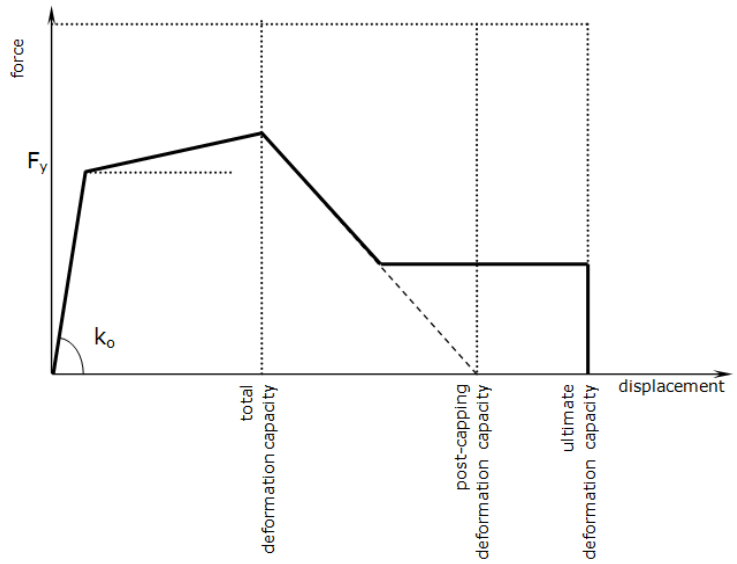
Eğri Özellikleri	Tipik değerler (çelik kirişler için)	Varsayılan değerler
Elastik rijitlik– **Ke**	-	200000
Pozitif yükleme yönündeki etkili akma mukavemeti– $\mathbf{f_{y(+)}}$	-	300
Negatif yükleme yönündeki etkili akma mukavemeti – $\mathbf{f_{y(-)}}$	-	300
Pozitif yükleme yönündeki plastik dönme kapasitesi – $\mathbf{\theta_{p(+)}}$	-	0.025
Negatif yükleme yönündeki plastik dönme kapasitesi – $\mathbf{\theta_{p(-)}}$	-	0.025
Pozitif yükleme yönündeki pik-sonrası dönme kapasitesi – $\mathbf{\theta_{pc(+)}}$	-	0.3
Negatif yükleme yönündeki pik-sonrası dönme kapasitesi – $\mathbf{\theta_{pc(-)}}$	-	0.3
Pozitif yükleme yönündeki nihai dönme kapasitesi – $\mathbf{\theta_{u(+)}}$	-	0.4
Negatif yükleme yönündeki nihai dönme kapasitesi – $\mathbf{\theta_{u(-)}}$	-	0.4
Pozitif yükleme yönündeki nihai mukavemet oranı – $\mathbf{k_{(+)}}$	0.0 - 0.5	0.3
Negatif yükleme yönündeki nihai mukavemet oranı – $k_{(-)}$	0.0 - 0.5	0.3
Pozitif yükleme yönündeki birim şekil değiştirme pekleşme oranı – $\mathbf{a_{s(+)}}$	0.0 - 0.5	0.005
Negatif yükleme yönündeki birim şekil değiştirme pekleşme oranı – $\mathbf{a_{s(-)}}$	0.0 - 0.5	0.005
Mukavemet bozulması için olan tekrarlı bozulma değişkeni – Λ_s	0.0-1000.0 (0= bozulma yok)	1000
Boşaltma rijitliği için olan tekrarlı bozulma değişkeni – Λ_K	0.0-1000.0 (0= bozulma yok)	1000
Pik sonrası mukavemet bozulması için olan tekrarlı bozulma değişkeni – Λ_c	0.0-1000.0 (0= bozulma yok)	1000
Mukavemetbozulmahızı – C_s	Genellikle 1.0 (1.0-2.0)	1.0
Boşaltma rijitliği bozulma hızı– C_K	Genellikle 1.0 (1.0-2.0)	1.0
Piksonrasımukavemetbozulmaoranı– C_c	Genellikle 1.0 (1.0-2.0)	1.0
Pozitif yükleme doğrultusundaki tekrarlı bozulma hızı– $D_{(+)}$	$0 \le D^+ \le 1$	1.0
Negatif yükleme doğrultusundaki tekrarlı bozulma hızı– $D_{(-)}$	$0 \le D^- \le 1$	1.0
Elastik rijitlik büyütme faktörü– N	N=0: Elastik büyütme yok. Elastik rijitlik büyütmesi yığılı plastic mafsal modelleri için N=1000 olarak alınmalıdır (Ribeiro et al. [2014])	0.0

Pik-hedefli histeretik davranışlı değiştirilmiş Ibarra-Medina-Krawinkler bozulma eğrisi – MIMK_peak

Pik-hedefli histeretik davranışlı değiştirilmiş Ibarra-Medina Krawinkler (MIMK_peak) bozulma eğrisi, başlangıçta Ibarra ve diğerleri [2005] tarafından önerilen modele dayanıp ardından Lignos ve Krawinkler [2009] tarafından değiştirilmiştir.İki doğrulu olan modele (MIMK_bilin), monotonik yüklemeyi tarif eden bir iskelet eğrisine ve mukavemet/deformasyon sınırlarına sahip olmak bakımından benzemesine karşın, histeretik davranış pik-hedefli olarak tanımlanmıştır. Kullanılan pik-hedefli histeretik model,Clough and Johnston [1966] tarafından tanımlanıp, Mahin and Bertero [1976] tarafından değiştirilmiştir. Model, dört tür tekrarlı bozulma muhteva eder: a. Baz mukavemet bozulması, b. Pik sonrası mukavemet bozulması, c. Boşaltma/yeniden yükleme rijitliği bozulması, d. Hızlandırılmış yeniden yükleme rijitliği bozulması. Pik-hedefli histeretik davranışlı değiştirilmiş Ibarra-Medina-Krawinkler bozulma modeli, eğilme altında göçmeye uğrayan betonarme kirişlerin davranışını temsil eder ve Lignos ve Krawinkler [2012]'de 200'den fazla kiriş için kalibre edilmiştir.



Birim şekil değiştirme kapasiteleri aşağıdaki grafik yoluyla daha iyi anlaşılabilir:



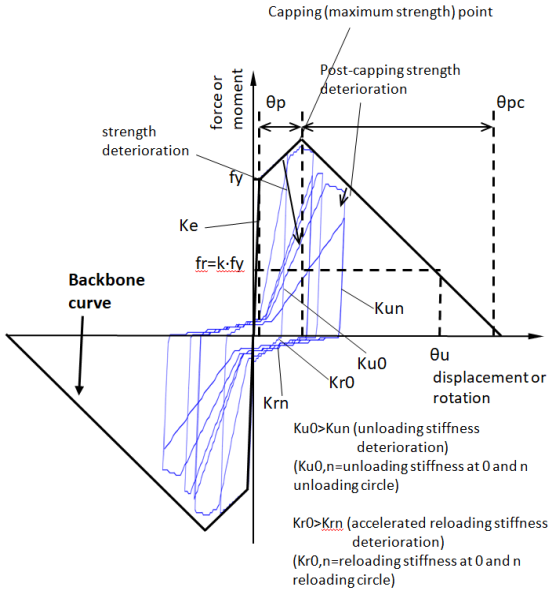
Tanımlanması için yirmi dört parametreye ihtiyaç vardır.

Eğri Özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
Elastik rijitlik– **Ke**	-	200000
Pozitif yükleme yönündeki etkili akma mukavemeti– $\mathbf{f_{y(+)}}$	-	300
Negatif yükleme yönündeki etkili akma mukavemeti – $\mathbf{f_{y(-)}}$	-	300
Pozitif yükleme yönündeki plastik dönme kapasitesi – $\boldsymbol{\theta_{p(+)}}$	-	0.025
Negatif yükleme yönündeki plastik dönme kapasitesi – $\boldsymbol{\theta_{p(-)}}$	-	0.025
Pozitif yükleme yönündeki pik-sonrası dönme kapasitesi – $\boldsymbol{\theta_{pc(+)}}$	-	0.3
Negatif yükleme yönündeki pik-sonrası dönme kapasitesi – $\boldsymbol{\theta_{pc(-)}}$	-	0.3
Pozitif yükleme yönündeki nihai dönme kapasitesi – $\boldsymbol{\theta_{u(+)}}$	-	0.4
Negatif yükleme yönündeki nihai dönme kapasitesi – $\boldsymbol{\theta_{u(-)}}$	-	0.4
Pozitif yükleme yönündeki nihai mukavemet oranı – $\mathbf{k_{(+)}}$	0.0 - 0.5	0.3
Negatif yükleme yönündeki nihai mukavemet oranı – $k_{(-)}$	0.0 - 0.5	0.3
Pozitif yükleme yönündeki birim şekil değiştirme pekleşme oranı – $\mathbf{a_{s(+)}}$	0.0 - 0.5	0.005
Negatif yükleme yönündeki birim şekil değiştirme pekleşme oranı – $\mathbf{a_{s(-)}}$	0.0 - 0.5	0.005
Mukavemet bozulması için olan tekrarlı bozulma değişkeni – Λ_s	0.0-1000.0 (0= bozulma yok)	1000
Pik sonrası mukavemet bozulması için olan tekrarlı bozulma değişkeni – Λ_c	0.0-1000.0 (0= bozulma yok)	1000
Hızlandırılmış yeniden yükleme bozulması için tekrarlı bozulma değişkeni– Λ_a	0.0-1000.0 (0= bozulma yok)	1000

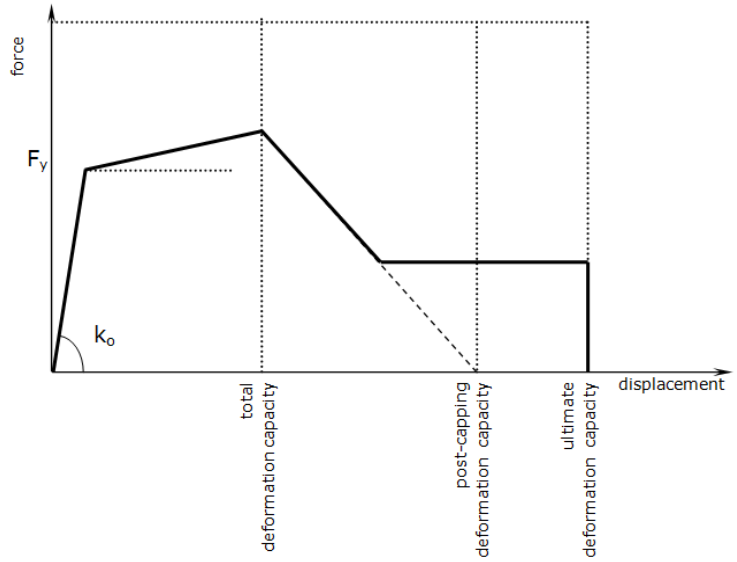
Eğri Özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
Boşaltma rijitliği için olan tekrarlı bozulma değişkeni – Λ_K	0.0-1000.0 (0= bozulma yok)	1000
Mukavemetbozulmahızı – C_s	Genellikle 1.0 (1.0-2.0)	1.0
Piksonrasımukavemetbozulmaoranı– C_c	Genellikle 1.0 (1.0-2.0)	1.0
Hızlandırılmış yeniden yükleme bozulma oranı– C_a	Genellikle 1.0 (1.0-2.0)	1.0
Boşaltma rijitliği bozulma hızı– C_K	Genellikle 1.0 (1.0-2.0)	1.0
Pozitif yükleme doğrultusundaki tekrarlı bozulma hızı– $D_{(+)}$	$0 \le D^+ \le 1$	1.0
Negatif yükleme doğrultusundaki tekrarlı bozulma hızı – $D_{(-)}$	$0 \le D^- \le 1$	1.0
Elastik rijitlik büyütme faktörü– N	N=0: Elastik büyütme yok. Elastik rijitlik büyütmesi yığılı plastik mafsal modelleri için N=1000 olarak alınmalıdır (Ribeiro et al. [2014])	0.0

Sıkışmalı ve histeretik davranışlı değiştirilmiş Ibarra-Medina-Krawinkler bozulma eğrisi – MIMK_Pinched

Sıkışmalı ve histeretik davranışlı değiştirilmiş Ibarra-Medina Krawinkler (MIMK_Pinched) bozulma modeli, başlangıçta Ibarra ve diğerleri [2005] tarafından önerilen modele dayanıp ardından Lignos ve Krawinkler [2009] tarafından değiştirilmiştir.İki doğrulu olan modele (MIMK_bilin) ve pik-hedefli modele (MIMK_peak), monotonik yüklemeyi tarif eden bir iskelet eğrisine ve mukavemet/deformasyon sınırlarına sahip olmak bakımından benzemesine karşın, histeretik davranışısıkışmalı olarak tanımlanmıştır. Esasında, sıkışmalı model pik-hedefli modelle büyük benzerlikler gösterir, farkıysa yeniden yüklemenin iki kısımlı olarak tanımlanmış olmasıdır. Yeniden yükleme yolu ilk olarak yükleme doğrultusundaki azami kalıcı deformasyon ve tanık olunan azami yük seviyesinin fonksiyonu olan 'kırılma noktası'na doğrultulmuş durumdadır (Ibarra et al.[2005]).Model, dört tür tekrarlı bozulma muhteva eder: a. Baz mukavemet bozulması, b. Pik sonrası mukavemet bozulması, c. Boşaltma/yeniden yükleme rijitliği bozulması, d. Hızlandırılmış yeniden yükleme rijitliği bozulması.Sıkışmalı ve histeretik davranışlı değiştirilmiş Ibarra-Medina-Krawinkler bozulma modeli, kesme altında göçmeye uğrayan betonarme kirişlerin davranışını temsil edip, kolon-kiriş levha bağlantıları gibi kesme bağlantılarıyla ahşap bileşenleri de modellemek için kullanılabilir.



Birim şekil değiştirme kapasiteleri aşağıdaki grafik yoluyla daha iyi anlaşılabilir:



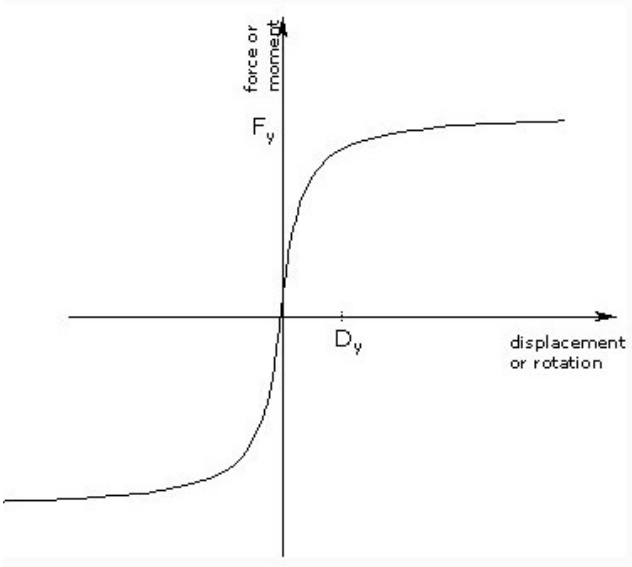
Tanımlanması için yirmi yedi parametreye ihtiyaç vardır.

Eğri Özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
Elastik rijitlik– **Ke**	-	200000
Pozitif yükleme yönündeki etkili akma mukavemeti– $f_{y(+)}$	-	300
Negatif yükleme yönündeki etkili akma mukavemeti – $f_{y(-)}$	-	300
Pozitif yükleme yönündeki plastik dönme kapasitesi – $\theta_{p(+)}$	-	0.025
Negatif yükleme yönündeki plastik dönme kapasitesi – $\theta_{p(-)}$	-	0.025
Pozitif yükleme yönündeki pik-sonrası dönme kapasitesi – $\theta_{pc(+)}$	-	0.3
Negatif yükleme yönündeki pik-sonrası dönme kapasitesi – $\theta_{pc(-)}$	-	0.3
Pozitif yükleme yönündeki nihai dönme kapasitesi – $\theta_{u(+)}$	-	0.4
Negatif yükleme yönündeki nihai dönme kapasitesi – $\theta_{u(-)}$	-	0.4
Pozitif yükleme yönündeki nihai mukavemet oranı – $k_{(+)}$	0.0 - 0.5	0.3
Negatif yükleme yönündeki nihai mukavemet oranı – $k_{(-)}$	0.0 - 0.5	0.3
Pozitif yükleme yönündeki birim şekil değiştirme pekleşme oranı – $a_{s(+)}$	0.0 - 0.5	0.005
Negatif yükleme yönündeki birim şekil değiştirme pekleşme oranı – $a_{s(-)}$	0.0 - 0.5	0.005
Pozitif yükleme doğrultusundaki yeniden yükleme başlangıcındaki kuvvetin azam deformasyon altındaki yüke oranı –$F_{pr(+)}$	0.0-1.0	0.2

Eğri Özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
Pozitif yükleme doğrultusundaki yeniden yükleme başlangıcındaki kuvvetin azam deformasyon altındaki yüke oranı $-F_{pr(-)}$	0.0-1.0	0.2
Yenidenyüklemerijitlikoranı– K_r	0.0-1.0	0.2
Mukavemet bozulması için olan tekrarlı bozulma değişkeni – Λ_s	0.0-1000.0 (0= bozulma yok)	1000
Pik sonrası mukavemet bozulması için olan tekrarlı bozulma değişkeni – Λ_c	0.0-1000.0 (0= bozulma yok)	1000
Hızlandırılmış yeniden yükleme bozulması için tekrarlı bozulma değişkeni– Λ_a	0.0-1000.0 (0= bozulma yok)	1000
Boşaltma rijitliği için olan tekrarlı bozulma değişkeni – Λ_K	0.0-1000.0 (0= bozulma yok)	1000
Mukavemetbozulmahızı – C_s	Genellikle 1.0 (1.0-2.0)	1.0
Piksonrasımukavemetbozulmaoranı– C_c	Genellikle 1.0 (1.0-2.0)	1.0
Hızlandırılmış yeniden yükleme bozulma oranı– C_a	Genellikle 1.0 (1.0-2.0)	1.0
Boşaltma rijitliği bozulma hızı– C_K	Genellikle 1.0 (1.0-2.0)	1.0
Pozitif yükleme doğrultusundaki tekrarlı bozulma hızı– $D_{(+)}$	$0 \le D^+ \le 1$	1.0
Negatif yükleme doğrultusundaki tekrarlı bozulma hızı – $D_{(-)}$	$0 \le D^- \le 1$	1.0
Elastik rijitlik büyütme faktörü– N	N=0: Elastik büyütme yok. Elastik rijitlik büyütmesi yığılı plastik mafsal modelleri için N=1000 olarak alınmalıdır (Ribeiro et al. [2014])	0.0

Doğrusal olmayan elastik eğri – Non_lin_Elast

Bu histerezis ilmiği, Ramberg Osgood modelininin basitleştirilmiş bir versiyonu olup histeretik enerji sönümlemesine izin verilmez (yükleme ve boşaltma için aynı eğri kullanılır). İlk olarak Otani [1981] tarafından öngermeli betonarme elemanları için geliştirilmiş ve kullanılmıştır.

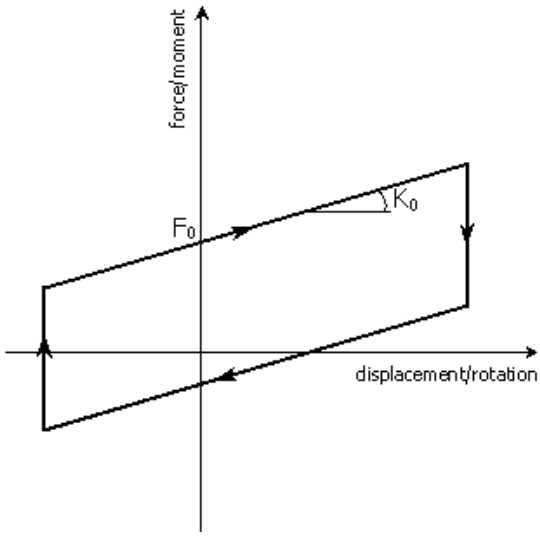


Tanımlanması için dört parametre gerekmektedir:

Eğri Özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
Akma mukavemeti – F_y	-	500 (-)
Akma deplasmanı– D_y	-	0,0023 (-)
Ramberg-Osgood değişkeni– γ	-	5,5 (-)
Newton-Raphson prosedürü için yakınsama limiti – β_1	-	0,001 (-)

Plastik eğri - plst

Bu eğri ideal rijit-plastik davranışı, kayar mesnetleri, sürtünmeli sarkaç ("friction pendulum") izolatör tipi mesnetleri, hidrolik veya kurşun malzemeli sönümleyicileri, vb. davranış gören elemanların davranışları modellemek için kullanılır. Kinematik pekleşme kuralı benimsenmiştir.



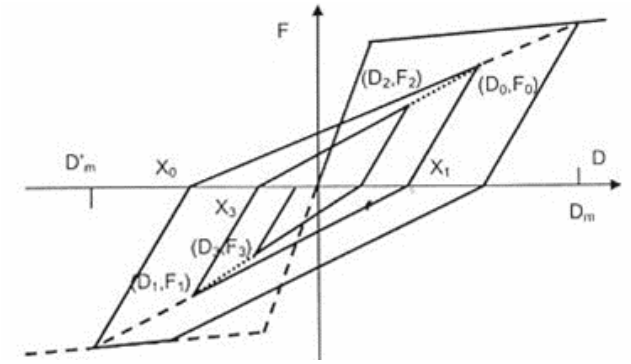
Tanımı için iki parametre gereklidir:

Eğri Özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
İlk kuvvet– F_0	-	10000 (-)
Akma sonrası rijitliği– K_0	-	5 (-)

NOT:Boşaltma ve geri yükleme rijitlikleri sonsuz olarak alınır. Bunun anlamı; yeteri kadar küçük olan bir zaman adımı kullanıldığı takdirde boşaltma/geri yükleme kısımlarının dikey konumda olacağıdır. Zaman adımının büyük seçilmesiyse sonlu bir boşaltma/geri yükleme rijitliğine yol açar, bu sonlu değer $2F_0/\Delta t$'dir.

Basitleştirilmiş iki doğrulu Takeda eğrisi - Takeda

Bu model Otani [1974]'te tanımlanan değiştirilmiş Takeda histerezis ilmiğini temsil eder. Boşaltma kuralları, Emori ve Schonobrich [1978]'de tanılandığı gibidir. Aslında, mevcut model Takeda et al. [1970] tarafından önerilmiş olan hakiki üç doğrulu modelin iki doğrulu şekilde basitleştirilmesi olup, iç tekrarlı eğri kuralları Clough and Johnston [1966] tarafından tanımlanan iki doğrulu histeretik modelden farklıdır. Bu davranış eğrisi ilk defa Otani [1981] tarafından programlanmıştır.



Tanımlanması için beş değişkene ihtiyaç duyar:

Eğri Özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
Akma mukavemeti – **F_y**	-	500 (-)
İlk rijitlik – **K_y**	-	200000 (-)
Akma sonrası rijitliğin ilk rijitliğe oranı – α	-	0,1 (-)
Dış döngüdeki rijitlik kaybı katsayısı – **β_0**	-	0,4 (-)
İç döngüdeki rijitlik kaybı katsayısı – **β_1**	-	0,9 (-)

NOT 1: Dış döngüdeki akma sonrası boşaltma rijitliği aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$K_{rout} = K_y \left(\frac{D_y}{D_m}\right)^{\beta_0}$$

burada:
K_y : İlk rijitlik;
D_y : Akma yer değiştirmesi (deplasmanı);
D_m : Bir önceki en büyük deplasman (yer değiştirme);
β_0 : Dış döngüdeki rijitlik kaybı katsayısı (K_{rout}), yani birincil eğriden boşaltmak için olarak tanımlanır.

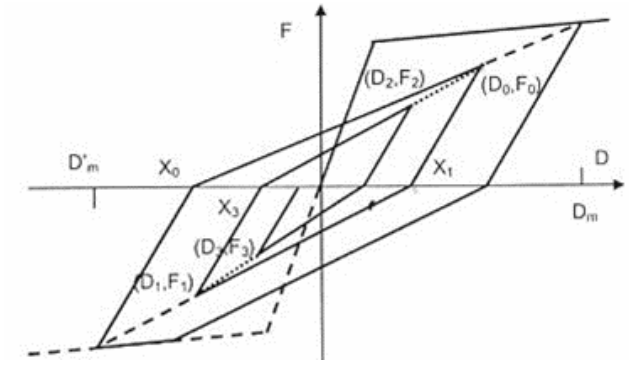
NOT 2: İç döngüdeki akma sonrası boşaltma rijitliği aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$K_{rin} = K_y \left(\frac{D_y}{D_m}\right)^{\beta_0} * \beta_1$$

burada:
β_1 : İç döngüdeki rijitlik kaybı katsayısı ($K_{rin} = \beta_1 * K_{rout}$) , yani iç döngülerde boşaltma ve yeniden yükleme için

Asimetrik iki doğrulu Takeda eğrisi - Takeda_asm

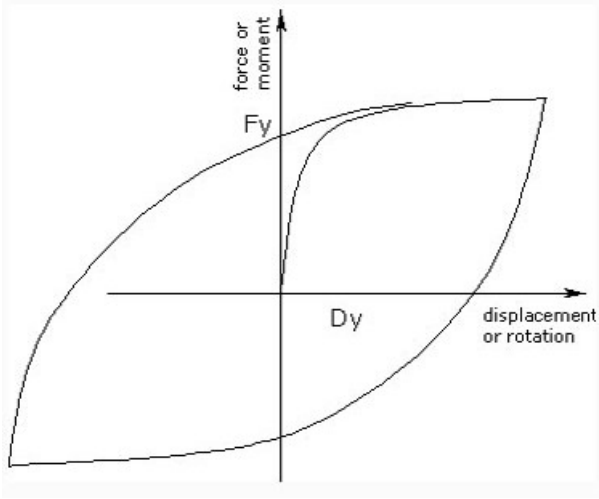
Bu model burada tanımlanan Takeda histeretik döngüsünün bir benzeridir. Tek farkı, asimetrik davranışın dikkate alınabilmesi için, çekme [Fy(+)] ve basınçta [Fy(-)] farklı akma değerlerinin tanımlanabilmesidir.



Bu histeretik döngü altı değişkene sahiptir:

Eğri Özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
Pozitif bölgedeki akma mukavemeti – $F_{y(+)}$	-	500 (-)
Negatifbölgedekiakmamukavemeti – $F_{y(-)}$	-	400 (-)
İlk rijitlik – K_y	-	200000 (-)
Akma sonraki rijitliğin ilk rijitliğe oranı – α	-	0,1 (-)
Dış döngüdeki rijitlik kaybı katsayısı – β_0	-	0,4 (-)
İç döngüdeki rijitlik kaybı katsayısı – β_1	-	0,9 (-)

Ramberg-Osgood curve - Ramberg_Osgood Kaldjian [1967]'ın çalışmasında belirttiği gibi bu ilişki Ramberg-Osgood histerizis ilmiğidir [Ramberg and Osgood, 1943]. İlk olarak Otani [1981] tarafından programlanmıştır.



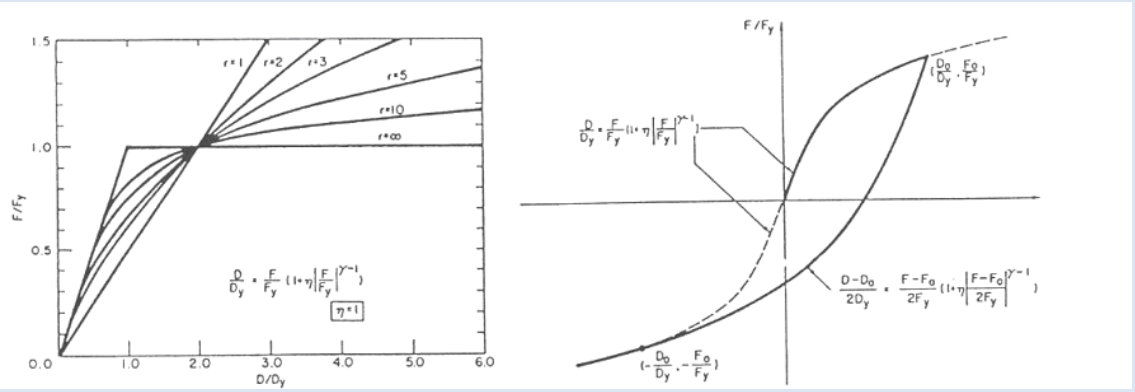
Tanımlanması için dört parametreye ihtiyaç duyar:

Eğri Özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
Akma mukavemeti – F_y	-	500 (-)
Akma deplasmanı – D_y	-	0,0025 (-)
Ramberg-Osgood değişkeni – γ	-	1,5 (-)
Newton-Raphson prosedürü için yakınsama limiti – β_1	-	0,001 (-)

NOT 1: Yükleme eğrisi aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$\frac{D}{D_y} = \frac{F}{F_y}\left(1 + \left|\frac{F}{F_y}\right|^{\gamma-1}\right)$$

NOT 2: İlk eğrinin şeklini kontroleden herhangi bir değeri için eğri (Fy, (1+Dy)) noktasından geçer. Eğri davranışı, γ=1.0 için doğrusal elastik ile γ= sonsuz için iki doğrulu elasto-plastik arasında değişebilir (bkz. aşağıdaki şekil).



NOT 3: En büyük noktadan (D0, F0) başlayan boşaltma eğrisi, aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$\frac{D - D_0}{2D_y} = \frac{F - F_0}{2F_y}\left(1 + \left|\frac{F - F_0}{2F_y}\right|^{\gamma-1}\right)$$

NOT 4: Kuvvet, Newton-Raphson metodukullanılarak iteratif bir yolla elde edilir.

NOTE 5: Otani [1981]'nin belirttiği gibi, bu histeretik model süneklik faktörünün birden küçük olduğu durumlarda bile enerji sönümler. Sönümlenen enerji miktarı γ'ya bağlı olup, γ arttıkça artar.

Değiştirilmiş Richard-Abbott eğrisi - Richard_Abbott

Bu ilişki değiştirilmiş Richard-Abbott histerezis ilmiğini tarif eder. İlk defa programlanması, De Martino et al. [1984] ve Della Corte et al. [2000] çalışmalarında (bu çalışmalar da Richard ve Abbott [1975]'ın esas çalışmasına dayanır) belirtilen önerilere dayanarak, Nogueiro et al. [2005a] tarafından gerçekleştirilmiştir. Bahsi geçen model son derece esnek olup, parametrelerinin düzgün kalibre edilmesi takdirde, her tür çelik ve kompozit kesit bağlantıyı(ör: Flanşlardan kaynaklı, gövdeden civatalı, genişletilmiş uç plakalı, köşebentli, vb.) modelleyebilecek kapasiteye sahiptir (ör: Della Corte et al. [2000], Simoes et al. [2001] and Nogueiro et al. [2005a], ve diğer çalışmalar). Bu modelin tanımlanabilmesi için otuz parametre gerekmektedir.

Artan (pozitif) kısım için gerekli değişkenler aşağıda sıralanmaktadır:

Eğri Özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
Üst sınır eğrisi için ilk rijitlik– $\mathbf{K_a}$	15000 - 50000 (kNm/rad)	12000 (kNm/rad)
Üst sınır eğrisi için mukavemet– $\mathbf{M_a}$	75 - 250 (kNm)	45 (kNm)
Üst sınır eğrisi için elastik ötesi rijitlik – $\mathbf{K_{pa}}$	$0{,}02K_a$ – $0{,}05K_a$	200 (kNm/rad)

Eğri Özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
Üst sınır eğrisi için şekil parametresi – **N_a**	4 (-)	4 (-)
Alt sınır eğrisi için ilk rijitlik – **K_{ap}**	K_a	12000 (kNm/rad)
Alt sınır eğrisi için mukavemet – **M_{ap}**	$0,45M_a$ – $0,65M_a$	5 (kNm)
Alt sınır eğrisi için elastik ötesi rijitlik – **K_{pap}**	K_{pa}	200 (kNm/rad)
Alt sınır eğrisi için şekil parametresi – **N_{ap}**	4 (-)	4 (-)
Büküm ("pinching") ile ilgili ampirik parametre – **t_{1a}**	5 - 20 (-)	30 (-)
Büküm ("pinching") ile ilgili ampirik parametre – **t_{2a}**	0,15 – 0,5 (-)	0,03 (-)
Büküm ("pinching") ile ilgili ampirik parametre – **C_a**	1 (-)	1 (-)
Rijitlik hasar oranıyla alakalı ampirik katsayı – **i_{Ka}**	3 - 25 (-)	0 (-)
Mukavemet hasar oranıyla alakalı ampirik katsayı – **i_{Ma}**	0,01 – 0,1 (-)	0,03 (-)
İzotropik pekleşme düzeyiyle alakalı ampirik katsayı – **H_a**	0,01 – 0,04 (-)	0,02 (-)
Yükleme boyunca ulaşılan azami şekil değiştirme – **E_{maxa}**	0 – 0,2 (rad)	0,5 (rad)

NOT: Simetrik davranışın söz konusu olduğu durumlarda, ikinci 15 parametrelik set ilk kısma özdeş olur.

Azalan (negatif) kısım için gerekli değişkenler aşağıda sıralanmaktadır:

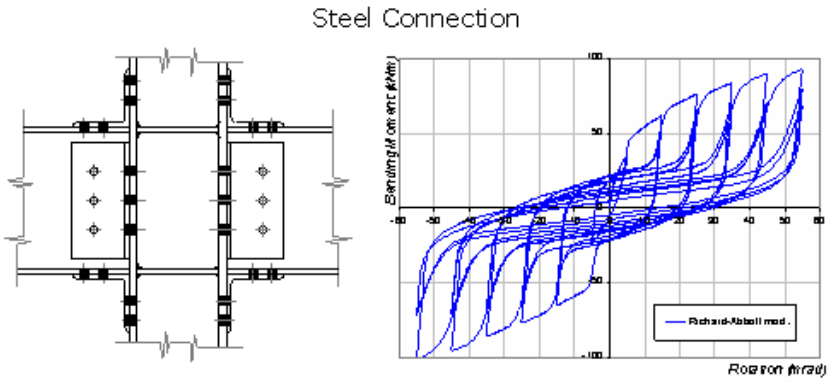
Eğri Özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
Üst sınır eğrisi için ilk rijitlik – **K_d**	15000 - 50000 (kNm/rad)	12000 (kNm/rad)
Üst sınır eğrisi için mukavemet – **M_d**	75 - 250 (kNm)	45 (kNm)
Üst sınır eğrisi için elastik ötesi rijitlik – **K_{pd}**	$0,02K_d$ – $0,05K_d$	200 (kNm/rad)
Üst sınır eğrisi için şekil parametresi – **N_d**	4 (-)	4 (-)
Alt sınır eğrisi için ilk rijitlik – **K_{dp}**	K_d	12000 (kNm/rad)
Alt sınır eğrisi için mukavemet – **M_{dp}**	$0,45M_d$ – $0,65M_d$	5 (kNm)
Alt sınır eğrisi için elastik ötesi rijitlik – **K_{pdp}**	K_{pd}	200 (kNm/rad)
Alt sınır eğrisi için şekil parametresi – **N_{dp}**	4 (-)	4 (-)
Büküm ("pinching") ile ilgili ampirik parametre – **t_{1d}**	5 - 20 (-)	30 (-)
Büküm ("pinching") ile ilgili ampirik parametre – **t_{2d}**	0,15 – 0,5 (-)	0,03 (-)
Büküm ("pinching") ile ilgili ampirik parametre – **C_d**	1 (-)	1 (-)
Rijitlik hasar oranıyla alakalı ampirik katsayı – **i_{Kd}**	3 - 25 (-)	0 (-)
Mukavemet hasar oranıyla alakalı ampirik katsayı – **i_{Md}**	0,01 – 0,1 (-)	0,03 (-)

Eğri Özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
İzotropik pekleşme düzeyiyle alakalı ampirik katsayı – H_d	0,01 – 0,04 (-)	0,02 (-)
Yükleme boyunca ulaşılan azami şekil değiştirme – E_{maxd}	0 – 0,2 (rad)	0,5 (rad)

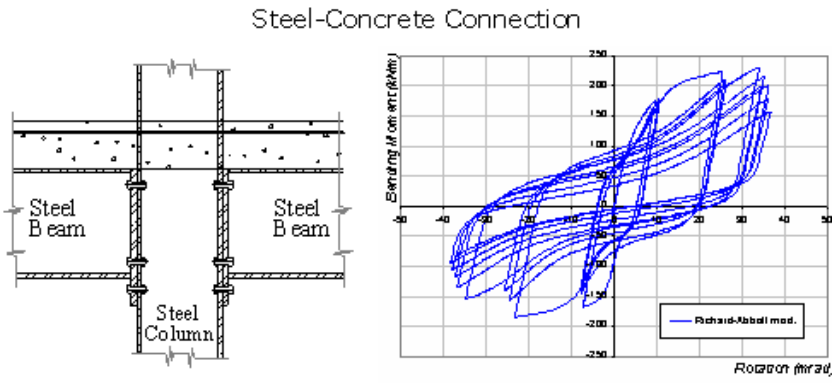
Aşağıda gösterilen uygulama, bu davranış eğrisinin modelleme kapasitesini göstermek amacıyla Nogueiro et al. [2005a] çalışmasından alınmıştır:

NOT: Aşağıda belirtilen Çelik Bağlantı'da bazı parametreler genel olmayan değerler olarak kullanılmıstır.

K_a=25000 K_d=25000
M_a=85 M_d=85
K_{pa}=750 K_{pd}=750
n_a=0.6 n_d=0.6
K_{ap}=25000 K_{dp}=25000
M_{ap}=45 M_{dp}=45
K_{pap}=250 K_{pdp}=250
n_{ap}=0.6 n_{dp}=0.6
t_{1a}=50 t_{1d}=50
t_{2a}=0.5 t_{2d}=0.5
C_a=1 C_d=1
i_{Ka}=0.000001 i_{Kd}=0.000001
i_{Ma}=0.03 i_{Md}=0.03
H_a=0.0000001 H_d=0.0000001
E_{maxa}=0.1 E_{maxd}=0.1



K_a=36950 K_d=40830
M_a=200 M_d=170
K_{pa}=1025 K_{pd}=1020
n_a=2.0 n_d=2.0
K_{ap}=36950 K_{dp}=40830
M_{ap}=120 M_{dp}=75
K_{pap}=1025 K_{pdp}=1020
n_{ap}=1.0 n_{dp}=1.0
t_{1a}=10 t_{1d}=15
t_{2a}=0.5 t_{2d}=0.5
C_a=1 C_d=1
i_{Ka}=20 i_{Kd}=20
i_{Ma}=0.05 i_{Md}=0.08
H_a=0.04 H_d=0.0000001
E_{maxa}=0.1 E_{maxd}=0.1

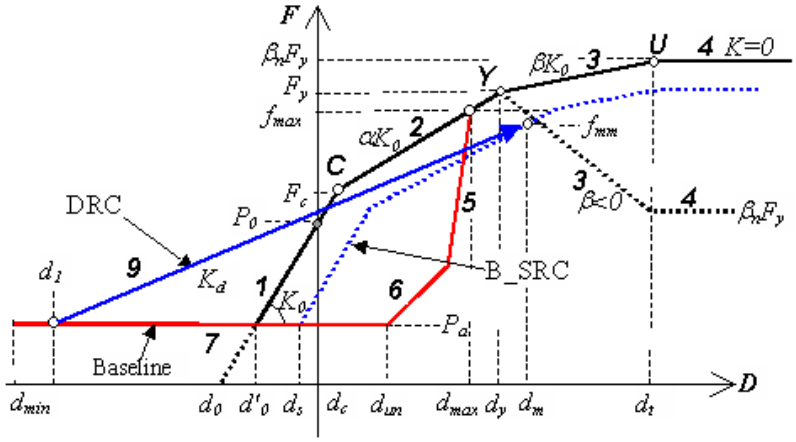


Zemin-yapı etkileşimi eğrisi – ssi_py

ÖNEMLİ: Bu gelişmiş histeretik model hala test ve gelişim altındadır. Örneğin, şu anki ssi_py eğrisi sadece dikey yük-deplasman ilişkisine göre çalışmaktadır (teğet yük-deplasman tamamen göz ardı edilmektedir). Ayrıca, (SeismoStruct'taki şu anki mevcut bağlantı elemanlarının da doğasından ötürü) serbestlik dereceleri birbirine tamemen bağlı durumda değildir. Bu unsurların, SeismoStruct'un ileriki sürümlerinde tekrar gözden geçirileceği öngörülmektedir.

Bu doğrusal olmayan dinamik zemin-yapı etkileşimi (SSI) modeli Allotey and El Naggar [2005a; 2005b] tarafından geliştirilmiş olup temel, istinat duvarı ve kazıkların değişik yük rejimleri altında analizi için kullanılabilir (seçilmiş olan terminoloji bu modelin kazıkların, genelde p-y eğrilerinin kullanıldığı, yatay yük analizinde de kullanılabileceğine dair bir delildir). Tanımlı olan ilişki; zemin göçmesinin de seçilebildiği boşluk açılmasını, değişik büyüklükteki yüklemeler altındaki tekrarlı pekleşmeyi/yumuşamayı ve ilk iskelet eğrisiyle sınırlı veya sınırsız olmak üzere davranışları modelleyebilir.

Boşluk basıncı ve hacimsel değişiklikler nedeniyle meydana gelen tekrarlı yumuşama/pekleşme, 'modified rainflow counting' algoritması çerçevesinde eliptik hasar fonksiyonlarının tanımlanması yoluyla [Anthes, 1997] ve eşdeğer tekrar sayısı yaklaşımıyla [ör: Seed et al. 1975; Annaki and Lee, 1977] modellenir. Zemin göçmesiyse, ampirik olarak geliştirilmiş hiperbolik bir fonksiyon vasıtasıyla hesaba katılır.



Açıkça da anlaşılabildiği üzere, histeretik model tek başına bir temel sisteminin davranışını modellemede yetersiz kalmaktadır. Herhangi bir temel sistemini modelleyebilmek için, uygun bir ssi_py eğrisine göre kalibre edilmiş bir seri yay sistemi bir kiriş-kolon eleman elemanıyla birlikte kullanılması şarttır. Diğer bir deyişle, davranış eğrisi doğrusal olmayan Winkler yaylarının üzerine oturan kiriş (beam-on-a-nonlinear Winkler foundation, BNWF) modeliyle tanımlanmış olur; zemini simgeleyen yayların her birine de ayrı ayrı davranış eğrisi tanımlanır. Yüzeysel temeller için yay parametreleri aynı olurken, efektif basınç derinlikle artacağından dolayı, kazık ve istinat duvarı gibi eleman/yapılar için derinliğe bağlı olarak değişir.

Ayrıca, burada da belirtildiği üzere, kullanıcıların yayılımla sönümlemeyi (radiation damping) dikkate almak istedikleri durumlarda bağlantı elemanlarına (zemin yaylarına paralel dashpt elemanları yoluyla) viskoz sönümleyiciler tanımlayabilirler. Kullanıcılar, zemin-yapı sisteminin titreşim karakteristiğine uygun sönüm katsayılarının hesaplanması için literatürde mevcut ilgili kaynaklara başvurabilirler [ör: Wolf, 1994; Allotey ve El Naggar, 2005b]. Genel olarak, zemin-yapı sisteminine ait olan doğal titreşim periyodunun sahanınkinden daha küçük olduğu durumlarda yayılımla sönümlemenin önemsiz olduğu kabul edilir.

Bu davranış eğrisinin tanımlanabilmesi için on dokuz değişken gereklidir.

Eğri Özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
İlk rijitlik – **K_0**	-	10000 (kNm/rad)
İlk dönüm noktasında zemin mukavemet oranı – **F_c**	0 - 1 (-)	0,5 (-)
Zemin akma mukavemeti – **F_y**	-	100 (kNm)
Sıfır deplasmandaki ilk kuvvet oranı – **P_0**	0 – 0,9	0 (-)
Taban çizgisindeki asgari kuvvet oranı – **P_a**– VEYA Yanal kesme katkı oranı – **f_s**	$0 \le P_a \le P_0$; $P_a \le \beta_n F_y$; $P_a \le F_c$ $0 \le f_s \le 0,9$	0 (-)
İlk dönüm noktasından sonraki rijitlik oranı – **α**	0,001 - 1 (-)	0,5 (-)
Boşaltma rijitliği değişkeni – **α_N**	-	1 (-)
Akma rijitliği oranı – **β**	-	0 (-)
Nihai zemin mukavemeti – **β_N**	-	1 (-)
Bayrak ayarları kombinasyonu göstergesi – **Flg**	Yardım Sistemi'ne bakınız	31 (-)

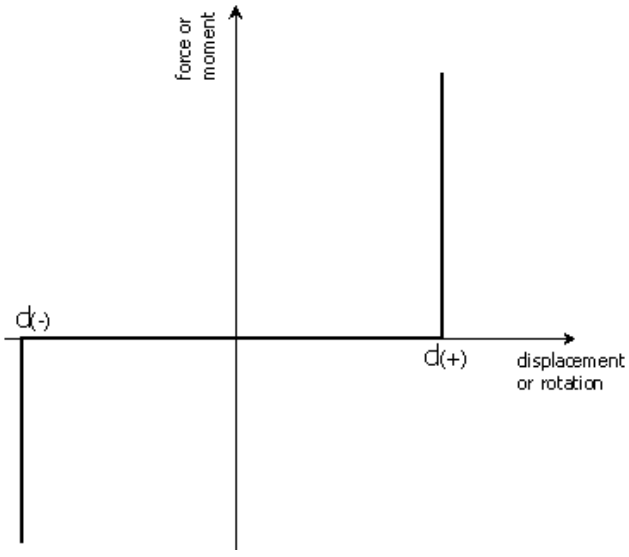
Eğri Özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
DRC başlangıç rijitlik oranı – e_{p1}		1 (-)
Boşluk kuvvet değişkeni – p_1		1 (-)
Zemin göçme değişkeni – p_2		0 (-)
Rijitlik kaybı/pekleşmesi değişkeni – p_k		1 (-)
Rijitlik kaybı/pekleşmesi değişkeni – e_k		1 (-)
Mukavemet kaybı/pekleşmesi değişkeni – p_s		1 (-)
Mukavemet kaybı/pekleşmesi değişkeni – e_s		1 (-)
S-N eğrisinin eğimi – k_s		0.1 (-)
S-N eğrisi üzerindeki S1 noktasına denk gelen zemin gerilmesi – f_0		200 (-)

NOT 1: SeismoStruct'ın ileriki sürümlerinde, bu modelin parametrelerinin tayini/kalibrasyonu sırasında aşağı çekilen menülerin ve/veya aktif seçeneklerin bulunacağı çok daha kullanıcı dostu bir yol önerilmesi olasıdır.

NOT 2: Geçtiğimiz yıllarda, serbestlik derecelerinin birbirleriyle tamamen bağıntılı olduğu V-H-M (Düşey (Vertical)-Yatay (Horizontal)-Dönme (Rotation)) makro modeli geliştirilmiştir [ör: Cremer at al, 2002]. Bu model, plastisite akma yüzeyi teorisini kullanarak sadece tek bir elemanla bütün temel sistemini modellemek mümkündür. Bu yeni yöntem, son derece gelecek vaad etse de şu anki gelişmişlik ve uygulanabilirlik düzeyi daha geleneksel olan BNWF modeline göre daha sınırlı olduğundan dolayı SeismoStruct'ta şu anda güçlü bir formulasyonu olan ssi_py eğrisi tanımlıdır; bu yolla gerekli statik, daha önemlisi dinamik, zemin-temel-yapı-etkileşimi yeterli bir şekilde modellenebilir.

Boşluk/kanca eğrisi – gap_hk

Bu ilişki derzlerde, döşeme mesnetlerinde, vb. yerlerde ayrılma/vurma'nın modellenmesi için kullanılır. Dört değişkene sahiptir:



Eğri Özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
Pozitif bölgede kenetlenme/birbirine geçme deplasmanı – **d_+**	-	5 (-)
Pozitif bölgedeki boşluk/kanca elemanı rijitliği – **K_+**	-	1,00E+012 (-)
Negatif bölgede kenetlenme/birbirine geçme deplasmanı – **d_-**	-	-5 (-)
Negatif bölgedeki boşluk/kanca elemanı rijitliği – **K_-**	-	1,00E+012 (-)

NOTE:K+ and K- rijitlik değerleri pozitif olmalıdır.

Çok doğrulu eğri – multi_lin

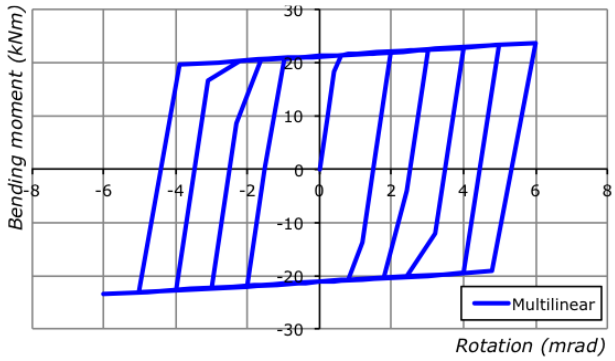
Bu ilişki, Sivaselvan ve Reinhorn [1999]'un çalışmasında da belirtildiği gibi, poligonal histerizis ilmiğini temsil eder ve mukavemet/rijitlik kaybı ve donatı kayması durumlarını modelleyebilir. Tanımlanması için on altı parametreye ihtiyacı vardır. Tanımlanması için on altı değişken gerekir. Bu ilişkide iki grup değişken bulunmaktadır, bunlar: iskelet eğrisiyle ilintili olan ortak değişkenler (düzgün eğride olduğu gibi) ve histeretik döngü kurallarına ait "özgün parametreler"dir.

On altı parametreye sahiptir:

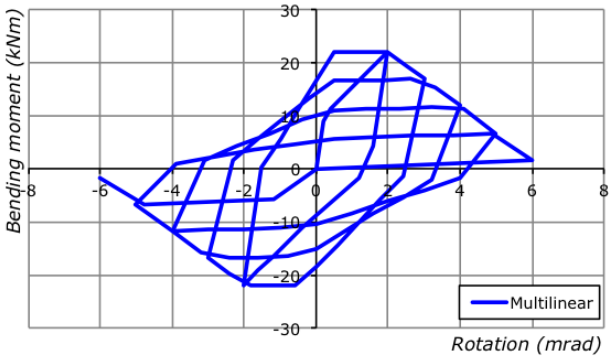
Eğri Özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
İlk eğilme rijitliği– **EI**	-	45400 (-)
Çatlama momenti (pozitif)– **PCP**	-	10 (-)
Akma momenti (pozitif) – **PYP**	-	22 (-)
Akma eğriliği (pozitif) – **UYP**	-	0,002 (-)
Nihai eğrilik (pozitif) – **UUP**	-	0,006 (-)
Akma sonrası eğilme rijitliği (pozitif; elastik **EI3P**'nin %'si olarak)	-	0,0088 (-)
Çatlama momenti (negatif) – **PCN**	-	-10 (-)
Akma momenti (negatif) – **PYN**	-	-22 (-)
Akma eğriliği (negatif)– **UYN**	-	-0,002 (-)
Nihai eğrilik (negatif) – **UUN**	-	-0,006 (-)
Akma sonrası eğilme (veya kesme) rijitliği (negatif; elastik **EI3N**'nin %'si olarak)	-	0,0088 (-)
Rijitlik azalma değişkeni – **HC**	-	200 (-)
Sünekliğe bağlı mukavemet kaybı değişkeni – **HBD**	-	0,001 (-)
Histeretik enerjiye bağlı mukavemet kaybı değişkeni – **HBE**	-	0,001 (-)
Kayma değişkeni– **HS**	-	1 (-)
Model parametresi. 0: Üç doğrulu model, 1: İki doğrulu model, 2: Tepe noktası odaklı model	-	0 (-)

Aşağıda modelleme kapasitesini göstermek amaçlı örnek uygulamalar gösterilmiştir, 'kutucuk'la işaretlenen değişkenlerin varsayılan değerleri değiştirilmiştir):

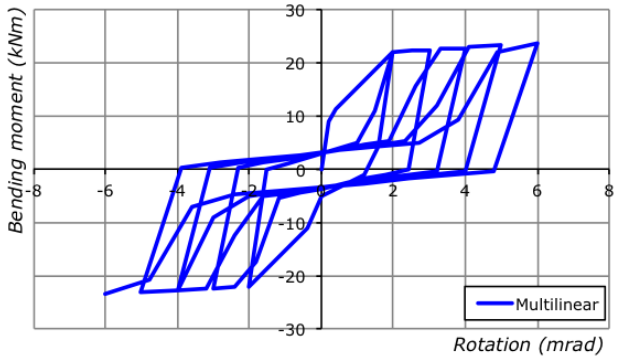
EI=45400 **HC**=200
PCP=10 **HBD**=0.001
PYP=22 **HBE**=0.001
UYP=0.002 **HS**=1
UUP=1 **IBILINEAR**=1
EI3P=0.0088
PCN=-10
PYN=-22
UYN=-0.002
UUN=-1
EI3N=0.0088



EI=45400 **HC**=200
PCP=10 **HBD**=1
PYP=22 **HBE**=0.001
UYP=0.002 **HS**=1
UUP=0.006 **IBILINEAR**=0
EI3P=0.0088
PCN=-10
PYN=-22
UYN=-0.002
UUN=-0.006
EI3N=0.0088



EI=45400 **HC**=200
PCP=10 **HBD**=0.001
PYP=22 **HBE**=0.001
UYP=0.002 **HS**=0.25
UUP=1 **IBILINEAR**=0
EI3P=0.0088
PCN=-10
PYN=-22
UYN=-0.002
UUN=-1
EI3N=0.0088



Düzgün eğri – smooth

Bu model düzgün histerizis ilmiğini tanımlar (Sivaselvan ve Reinhorn [1999]; Sivaselvan ve Reinhorn [2001]). Model ilişkisi özgün olarak ilk defa Bouc [1967] tarafından önerilmiş olup daha sonra diğer araştırmacılar tarafından yeniden düzenlenmiştir (Wen [1976], Baber ve Noori [1985], Casciati [1989] ve Reinhorn et al. [1995]). Formulasyonunda rijitlik/mukavemet kaybı ve büküm ("pinching") etkisi kuralları mevcuttur. Tanımlanması için yirmi iki değişken gerekir. Bu ilişkide iki grup değişken bulunmaktadır, bunlar: iskelet eğrisiyle ilintili olan ortak değişkenler (çok doğrulu eğride olduğu gibi) ve histeretik döngü kurallarına ait "özgün parametreler"dir.

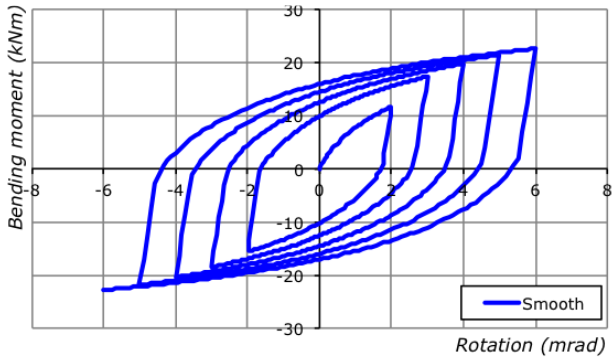
Yirmi iki değişkenin tanımlanması gereklidir:

Eğri Özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
İlk eğilme rijitliği – **EI**	-	45400 (-)
Çatlama momenti (pozitif)– **PCP**	-	10 (-)
Akma momenti (pozitif) – **PYP**	-	22 (-)
Akma eğriliği (pozitif) – **UYP**	-	0,002 (-)
Nihai eğrilik (pozitif)– **UUP**	-	0,006 (-)

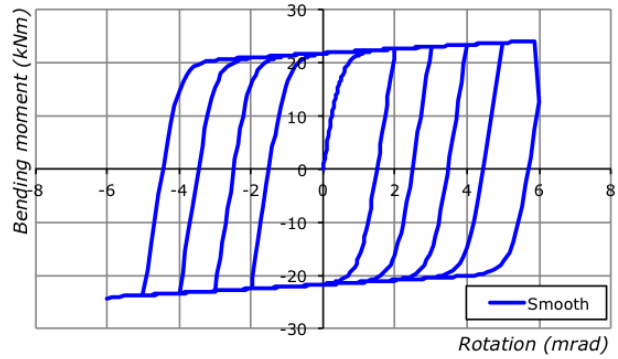
Eğri Özellikleri	Tipik değerler	Varsayılan değerler
Akma sonrası eğilme rijitliği (pozitif; elastik **EI3P**'nin %'si olarak)	-	0,0088 (-)
Çatlama momenti (negatif)– **PCN**	-	-10 (-)
Akma momenti (negatif)– **PYN**	-	-22 (-)
Akma eğriliği (negatif)– **UYN**	-	-0,002 (-)
Nihai eğrilik (negatif)– **UUN**	-	-0,006 (-)
Akma sonrası eğilme rijitliği (negatif; elastik **EI3N**'nin %'si olarak)	-	0,0088 (-)
Rijitlik azalma değişkeni (HC)– **HC**	-	200 (-)
Sünekliğe bağlı mukavemet kaybı değişkeni– **HBD**	-	0,001 (-)
Histeretik enerjiye bağlı mukavemet kaybı değişkeni– **HBE**	-	0,001 (-)
Elastik-akma geçişi için düzgünleştirme değişkeni – **NTRANS**	-	10 (-)
Boşaltma şekli değişkeni– **ETA**		0,5 (-)
Kayma uzunluğu değişkeni– **HSR**		0 (-)
Kayma keskinliği değişkeni– **HSS**		100 (-)
Kayma ortalama moment düzeyi değişkeni– **HSM**		0 (-)
Boşluk kapama yayının kuvveti– **NGAP**	-	10 (-)
Boşluk kapanma eğriliği değişkeni – **PHIGAP**		1000 (-)
Boşluk kapanma rijitliği katsayısı– **STIFFGAP**	-	1 (-)

Aşağıda modelleme kapasitesini göstermek amaçlı örnek uygulamalar gösterilmiştir, 'kutucuk'la işaretlenen değişkenlerin varsayılan değerleri değiştirilmiştir):

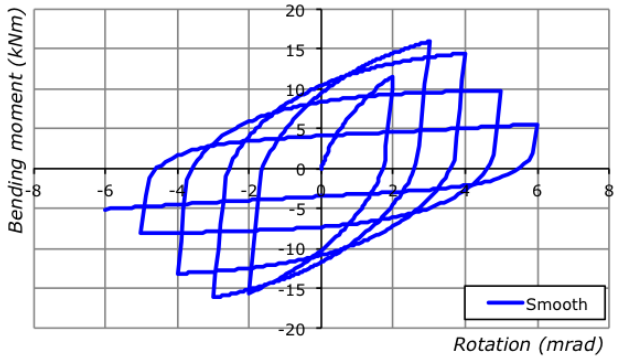
EI=45400	**HC**=200
PCP=10	**HBD**=0.001
PYP=22	**HBE**=0.001
UYP=0.002	**NTRANS**=0.1
UUP=0.006	**ETA**=0.5
EI3P=0.0088	**HSR**=0
PCN=-10	**HSS**=100
PYN=-22	**HSM**=0
UYN=-0.002	**NGAP**=10
UUN=-0.006	**PHIGAP**=1000
EI3N=0.0088	**STIFFGAP**=1



EI=45400	**HC**=200
PCP=10	**HBD**=0.001
PYP=22	**HBE**=0.001
UYP=0.002	**NTRANS**=2
UUP=0.006	**ETA**=0.5
EI3P=0.0088	**HSR**=0
PCN=-10	**HSS**=100
PYN=-22	**HSM**=0
UYN=-0.002	**NGAP**=10
UUN=-0.006	**PHIGAP**=1000
EI3N=0.0088	**STIFFGAP**=1

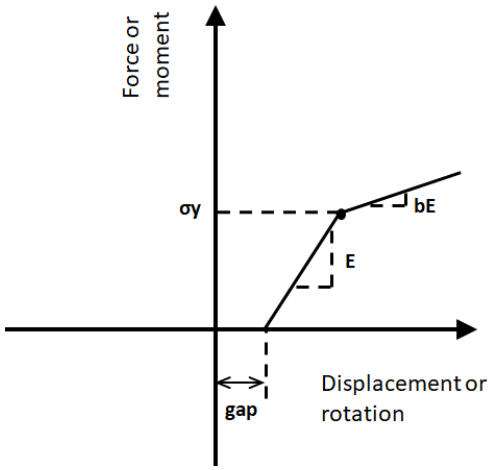


EI=45400	**HC**=200
PCP=10	**HBD**=0.001
PYP=22	**HBE**=0.5
UYP=0.002	**NTRANS**=0.1
UUP=0.006	**ETA**=0.5
EI3P=0.0088	**HSR**=0
PCN=-10	**HSS**=100
PYN=-22	**HSM**=0
UYN=-0.002	**NGAP**=10
UUN=-0.006	**PHIGAP**=1000
EI3N=0.0088	**STIFFGAP**=1



Elastik-Tam plastik Boşluk Eğrisi - Gap_elpl

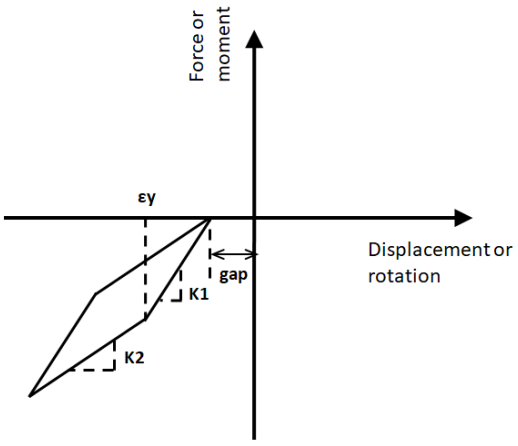
Gap_elpl eğrisi, deformasyon boşluk ilk değeri aşılana kadar sıfır gerilme ve daha sonra akma noktasına kadar mükemmel elastik bir davranış ile karakterize edilir. Akma noktasından sonra eğri plastik bölgeye girer. Kinematik sertleşme de tanımlanabilir. Eğrinin mekanik özelliklerini tam olarak tanımlamak için dört parametre tanımlanmalıdır:



Malzeme Özellikleri	Tipik Değerler	Tanımlanan Değerler
Elastisite Modulü – **E**	-	100 (-)
Akma Gerilmesi – **σy**	-	200 (-)
BoşlukMesafesi	-	0.4 (-)
Akma sonrası rijitliğin ilk rijitliğe oranı	-	0.1(-)

Darbe tepkisi eğrisi – pound_hz

Darbe tepkisi eğrisi Muthukumar ve Desroches [2006] tarafından tarif edilip, Herz Kanunu'na dayanmaktadır. Model, salınan yapılar arasındaki etki ve vurma olaylarının modellenmesi için kullanılabilir. Model, vurma olayına dahil olan iki eleman arasındaki ilk boşluğun kapatılmasından sonra basınç gerilmesi ile karakterize edilir. Model için dört parametre tanımlanmalıdır:

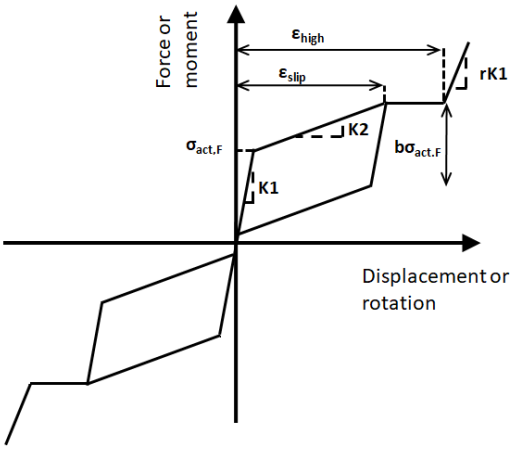


Malzeme Özellikleri	Tipik Değerler	Tanımlanan Değerler
İlk Rijitlik– **K1**	-	30(-)
Akma Sonrası Rijitlik – **K2**	-	2.6 (-)
Akma Deplasmanı– **εy**	-	0.02 (-)
Boşluk Uzunluğu– **gap**	-	0.005 (-)

Kendi Kendini Merkezleyen Gergi (Elemanı) Davranış Eğrisi- SCB

Kendi Kendini Merkezleyen Gergi (SCB) davranış eğrisi, kendi kendini merkezleyen enerji sönümleyici gergilerin tek eksenli davranışını modeller. Model, Christopoulos ve diğerleri [2008] tarafından tanımlanmıştır. SCB modeli sıradan Bayrak şekilli modellere benzer. Ayrıca, gergi elemanı tarafından

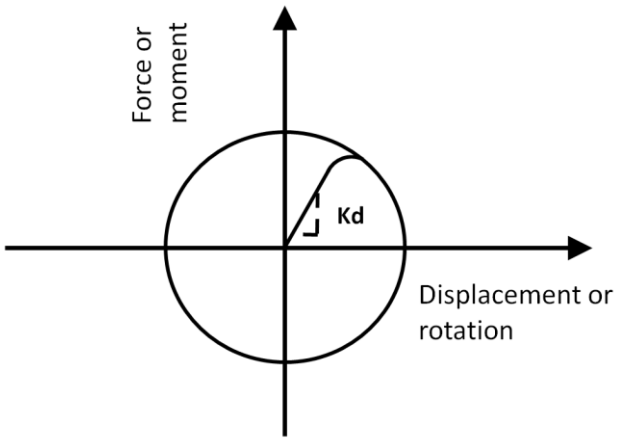
temin edilebilen harici bir sürtünme tapasının geri kazanılamaz olacak şekilde kayması ve yüksek deformasyonlarda gergi sertliğinin sert bir artışından oluşabilecek olan iki ek özellik tanımlama fırsatı verir. Model için toplam yedi parametre tanımlanmalıdır:



Malzeme Özellikleri	Tipik Değerler	Tanımlanan Değerler
İlk Rijitlik – **K1**	100000 – 2000000 (kN/m)	200000 (kN/m)
Akma.sonrasıRijitlik – **K2**	10000- 50000 (kN/m)	12000 (kN/m)
EtkinleşmeYükü– $\sigma_{act,F}$	200 – 2000 (kN)	200 (kN)
İleri/Geri Etkinleşmeyükoranı – **b**	-	0.5
Kaymadeplasmanı – $\varepsilon_{,slip}$	0-0.01(m)	0 (m)
Rijitlik artım öncesi deplasmanı – $\varepsilon_{,high}$	-	0.3 (m)
Artmış Rijitliğin İlk Rijitliğe Oranı – **r**	1.5-2	1.5

Viskoz sönümleyici – vsc_dmp

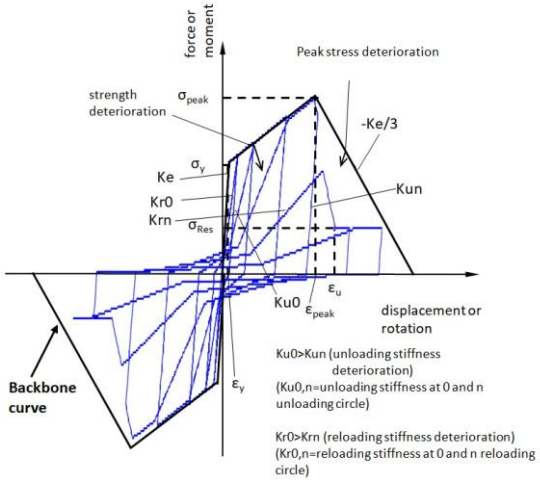
Viskoz Sönümleyici (vsc_dmp) davranış eğrisi, Doğrusal Olmayan Viskoz Sönümleyicinin davranışını modelleyen tek eksenli bir yanıt eğrisidir. Viskoz Sönümleyici Modeli, seri olarak bağlanmış lineer (doğrusal) bir yay ve sönümleyiciden oluşur. Tanımı, Makris ve Constantinou [1991]'de bulunan Maxwell kesirli türev (farctional derivative) modeline dayanır. Model için toplamda dört parametrenin tanımlanması gerekir:



Malzeme Özellikleri	Tipik Değerler	Tanımlanan Değerler
İlk Rijitlik – K_d	1000 – 400000 (kN/m)	200000 (kN/m)
Sönüm sabiti – C_d	20-5000 (kN/(m/s)$^{\alpha}$)	1200 (kN/(m/s)$^{\alpha}$)
Hız kuvveti – α	0 – 1	0.4
Pin toleransı – **s**	-	0 (m)

Genel Tersinir (Histeretik) Eğri– Gen_Hyst

Gen_Hyst, "pinching" etkisinin (ilgili faktör 0'a eşitse pinching etkisi yoktur, 1'e eşitse pinching etkisi yüksektir) davranışa etkisini dört farklı bozulma şeklini (mukavemet azalımı, pik gerilme azalımı, boşaltma ve tekrar yükleme rijitliklerinin azalımları) göz önünde bulundurmak suretiyle tanımlar. Tüm bozulma şekilleri bozulma faktörü tarafından kontrol edilir (0: bozulma yok, 1: yüksek seviyede bozulma). Akma noktası, tepe gerilme noktası ve residüel mukavemetten oluşan bir ilk omurga eğrisi başlangıçta tanımlanır ve her bir boşaltma döngüsünde bozulur.

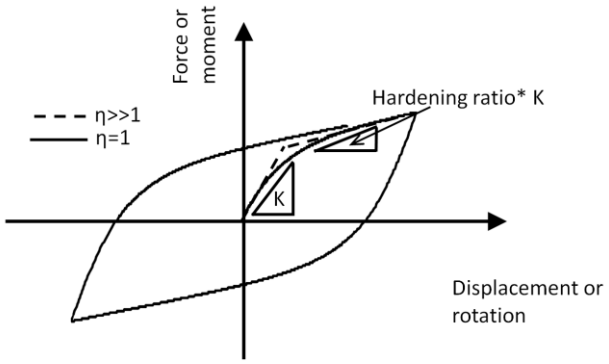


Malzemenin mekanik özelliklerini tanımlamak için on bir parametreye ihtiyaç vardır. Omurga eğrisini tanımlayan gerilme-birim şekil değiştirme değerleri artan sırada belirtilmektedir.

Malzeme Özellikleri	Tipik Değerler	Tanımlanan Değerler
ElastikRijitlik – **K_e**	-	12000 (-)
Pozitif yöndeki Akma Gerilmesi – **$\sigma_{y,pos}$**	-	300 (-)
Negatif yöndeki Akma Gerilmesi – **$\sigma_{y,neg}$**	-	300 (-)
Pozitif yöndeki pik birim şekil değiştirmesi – **$\varepsilon_{peak,pos}$**	-	0.3 (-)
Pozitif yöndeki Pik Gerilme – **$\sigma_{peak,pos}$**	-	500 (-)
Negatif yöndeki pik Birim şekil değiştirmesi – **$\varepsilon_{peak,neg}$**	-	0.3 (-)
Negatif yöndeki Pik Gerilme – **$\sigma_{peak,neg}$**	-	500 (-)
Pozitif yöndeki Rezidüel (Kalan) Mukavemet – **$\sigma_{Res,pos}$**	-	120 (-)
Negatif yöndeki Rezidüel (Kalan) Mukavemet – **$\sigma_{Res,neg}$**	-	120 (-)
Pinching etksifaktörü – **Fpinch**	0-1	0.5 (-)
Bozulma faktörü – **Fdet**	0-1	0 (-)

Bouc Wen Eğrisi– Bouc_Wen

Bouc_Wen eğrisi Bouc tarafından önerilen ve Wen [1976] tarafından değiştirilen histerezis modelini baz alır. Toplam beş parameter tanımlanmalıdır: İlk eğri sertliği ve sertleşme (pekleşme) oranı, eğrinin düzgünlüğünü kontrol eden parametre (η), histerezis genliğini (A) ve histerezis şeklini kontrol eden parametreler (β ve γ).



Malzeme Özellikleri	Tipik Değerler	Tanımlanan Değerler
Sertleşme Oranı	-	0.2(-)
İlk Rijitlik (K)	-	210000 (-)
η –elastik-plastik davranış geçiş control parametresi	-	1.00
γ–histerizis döngüsünün şeklini kontrol eden parametre	-	0.50
β - histerizis döngüsünün şeklini kontrol eden parametre	-	0.50
A – Histerizis döngüsünün geniğini (büyüklüğünü) kontrol eden parametre	-	1.00

Ek H – Kodlar

Ek H1 - EUROCODES

Bu ek içerisinde, Eurocode'a göre (EC8-Bölüm 1 ve Bölüm 3)yapıların değerlendirmesi için kullanılan değişkenler gösterilmektedir.

SINIR DURUMLARI

EN1998-3 bölüm 2.1'e göre, performans gereklilikleri, üç limit durum aracılığıyla tanımlanan yapıdaki hasar durumunu göstermektedir. Bunlar; Göçme Öncesi (NC), Önemli Hasar(SD) ve Sınırlı Hasar(DL) olarak isimlendirilir.

Göçme Öncesi Sınır Durumu (NC)

EN 1998-3'e göre Göçme Öncesi (NC) sınır durumu hedef hasar durumunun göçmeye yakın olması durumunda ve yapının ortalama bir şiddeteki başka bir depremi bile atlatamayacağı durumlarda seçilir. Yapı önemli miktarda hasara uğramıştır ve sahip olduğu yatay rijitlik/mukavemet düşüktür, fakat düşey elemanlar yerçekimi yüklerini taşır. Yapısal olmayan elemanların birçoğu yıkılmış, önemli bir seviyede kalıcı katlar arası ötelenme mevcuttur. Uygun seviyede bir korumaya karşılık gelen depremin tekerrür periyodu 2475 yıl olup, tehlike seviyesi 50 yılda aşılma olasılığı olarak %2'ye karşılık gelir.

Önemli Hasar Sınır Durumu (SD)

EN 1998-3'e göre Önemli Hasar (SD) sınır durumu hedef yapısal hasarın önemli olduğu ve yapının ortalama şiddetlerdeki artçı depremlere dayanabileceği fakat hasar onarımının ekonomik olmadığı durumlarda seçilir. Hala belirli bir miktar yatay rijitlik/mukavemet mevcut olup, düşey elemanlar yerçekimi kaynaklı yükleri taşır. Yapısal olmayan elemanlar hasar görmüş olup, yığma duvarlar ve panellerde düzlem dışı yıkılmaya rastlanmaz. Uygun seviyede bir korumaya karşılık gelen depremin tekerrür periyodu 475 yıl olup, tehlike seviyesi 50 yılda aşılma olasılığı olarak %5'e karşılık gelir.

Sınırlı HasarSınır Durumu (DL)

EN 1998-3'e göre Sınırlı Hasar (SH) sınır durumu hedef yapısal hasarın önemli olmadığı ve yapının herhangi bir onarıma ihtiyaç duymadığı durumlarda kullanılır. Yapı yanızca hafif hasar almıştır, yapısal elemanlarda önemli bir akmaya rastlanmaz ve yatay rijitlik/mukavemetlerini muhafaza ederler. Yapısal olmayan elemanlarda (ör: yığma duvarlar ve paneller) dağılı çatlaklara rastlanır fakat ekonomik olarak onarımları mümkündür. Kalıcı katlar arası ötelenme yoktur veya sınırlıdır. Uygun seviyede bir korumaya karşılık gelen depremin tekerrür periyodu 225 yıl olup, tehlike seviyesi 50 yılda aşılma olasılığı olarak %20'ye karşılık gelir.

Eurocode'un Ulusal Ekleri, bütün üç sınır durumunun bir, iki veya üç tanesinin kullanılıp kullanılmayacağını belirtir.

YAPISAL DEĞERLENDİRMELER İÇİN BİLGİLER

Makul analiz tipini ve uygun güvenlik faktör değerlerini seçmek için, aşağıda belirtilen üç bilgi düzeyi tanımlanmıştır:

- KL1: Sınırlı Bilgi
- KL2: Normal Bilgi

- KL3: Kapsamlı Bilgi

Mevcut bilgi düzeyini etkileyen etmenler şöyle sıralanabilir: (i) geometri: yapısal systemin ve yapısal olmayan elemanların (ör: yapısal davranışa etkisi olabilecek yığma paneller) geometrik özelliklerini temsil eder; (ii) yapısal detaylar: betonarme kesitlerdeki donate miktarı ve detayı, kat diyaframlarının yatay yük taşıyan yapısal elemanlara bağlantıları, yığma elemanlarda parçaları birbirine bağlayan harcın özelliği ve yine yığma elemanlarda donate bulunup/bulunmaması; (iii) malzemeler: yapısal sistemde bulunan malzemelerin mekanik özellikleri.

KL1: Sınırlı Bilgi

İlgili bilgi düzeyinde, genel yapı geometrisi ve eleman boyutları saha araştırmalarından veya inşaat ve takibi modifikasyonları içeren iş sonuç izimlerden elde edilmiş olup, ilgili parametreler sahada yeterli miktarda tekrarlanan örneklerle teyit edilir. İş sonuç izimlerle saha incelemeleri arasında ciddi farklar tespit edilmesi durumunda, daha detaylı bir saha incelemesi yapılır. Diğer yapısal detaylarsa teknik çizimlerden elde edilememiştir ve ilgili detayların proje zamanında yaygın olan tasarım koşullarına uyduğu varsayılır. Mevcut duruma ait olarak varsayımlar, yapıdaki en kritik elemanlarla sınırlı olmak şartıyla teyit edilir. Malzeme parametreleri bilinmediğinden dolayı inşaa zamanının standartları ve en kritik elemanlar için yapılan sınırlı saha araştırmaları doğrultusunda tahmini olarak belirlenir.

Bu bilgi durumuna karşılık gelen yapısal değerlendirme, statik ya da dinamik doğrusal analiz yöntemleri aracılığıyla gerçekleştirilir.

KL2: Normal Bilgi

Normal bilgi düzeyi, hem bütün geometri ve hem de eleman boyutlarının yeterli bir örneğinin sahada kontrol edilmesinin yanı sıra, tüm yapısal geometri ve eleman boyutlarının genişletilmiş incelemelerden veya hem orijinal inşaat hem de sonraki değişiklikler için kullanılan orijinal taslak inşaat çizimlerinden bilindiği bilgi durumuna karşılık gelmektedir.Yapısal detaylar, genişletilmiş yerinde denetimden veya en kritik elemanlardaki sınırlı yerinde denetimlerle kombinasyon halde olan tamamlanmamış ayrıntılı yapısal çizimlerden bilinmektedir. İnşaat malzemelerinin mekanik özellikleri hakkında olan bilgiler, genişletilmiş yerinde denemeden veya orijinal dizayn şartnamelerinden ve sınırlı yerinde testlerden elde edilebilir.

Bu bilgi durumuna karşılık gelen yapısal değerlendirme, statik ya da dinamik doğrusal veya doğrusal olmayan analiz yöntemleri aracılığıyla gerçekleştirilir.

KL3: Kapsamlı Bilgi

İlgili bilgi düzeyinde, genel yapı geometrisi ve eleman boyutları kapsamlı saha araştırmalarından veya eksiksiz olarak bulunan inşaat ve takibi modifikasyonları içeren iş sonuç izimlerden elde edilmiş olup, ilgili parametreler sahada yeterli miktarda tekrarlanan örneklerle teyit edilir. Diğer yapısal detaylarsa kapsamlı saha araştırmalarından veya eksiksiz olarak bulunan detaylı proje çizimleriyle kritik elemanlar için sınırlı sayıda yapılmış ve eldeki bilginin mevcut durumla teyidini sağlayan saha gözlemlerinden elde edilir. Malzeme parametrelerine ilişkin bilgilere kapsamlı saha araştırmalarından veya iş sonu proje çizimlerinin sınırlı saha araştırması kombinasyonu ile ulaşılır.

Bu bilgi durumuna karşılık gelen yapısal değerlendirme, statik ya da dinamik doğrusal veya doğrusal olmayan analiz yöntemleri aracılığıyla gerçekleştirilir.

Güvenilirlik (Bilgi Düzeyi) Katsayıları

Aşağıda gösterilen EN1998-3'ün tablosunda, her bir bilgi düzeyi için olmak üzere, güvenilirlik faktörleri ve analiz yöntemleri için öneriler ve bir özet bulunmaktadır.

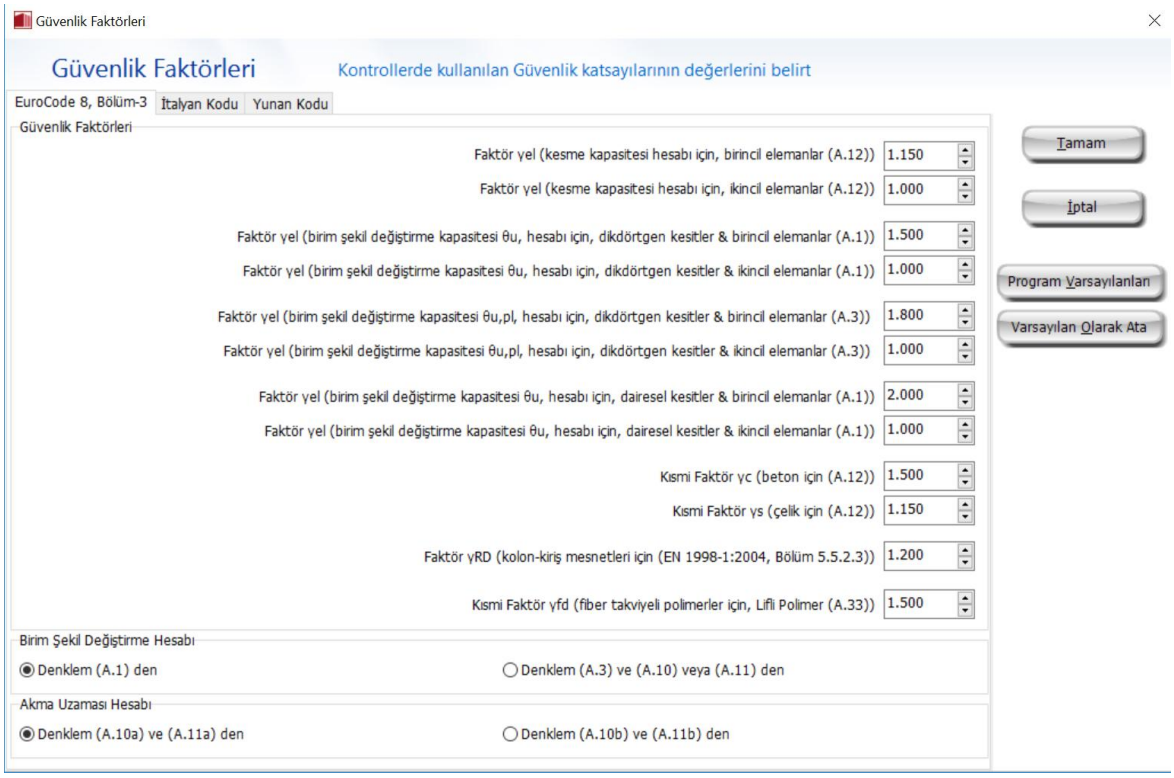
Bilgi Düzeyi	Geometri	Detaylar	Malzemeler	Analiz	Katsayı
KL1	**Görsel** inceleme ile orijinal taslak inşaat çizimlerinden **veya tam** inceleme den	İlgili uygulama ile uyumlu **ve sınırlı** yerinde incelemeden simüle edilmiş dizayn	İnşaat süresindeki standartlar ile uyumlu **ve sınırlı** yerinde testten olan varsayılan değerler	LF-MRS	CF_{KL1}
KL2		**Sınırlı** yerinde inceleme ile tamamlanmamış orjinal detaylı inşaat çizimlerinden **veya genişletilmiş** yerinde incelemeden	**Sınırlı** yerinde deneme ile orjinal dizayn sartnamelerinden **veya genişletilmiş** yerinde denemeden	Hepsi	CF_{KL2}
KL3		**Sınırlı** yerinde inceleme ile orijinal ayrıntılı inşaat çizimlerinden **veya kapsamlı** yerinde incelemeden	**Sınırlı** yerinde test ile orijinal test raporlarından **veya kapsamlı** yerinde denemeden	Hepsi	CF_{KL3}

NOT: Bir ülkede kullanılacak olan güvenilirlik faktörlerini gösteren değerler o ülkenin Ulusal Ek kısmında bulunabilir.Önerilen değerler; CF_{KL1}=1,35, CF_{KL2}=1,20 ve CF_{KL3}=1,00'dir.

Tablo 3.1 (EN 1998-3)

Güvenlik Katsayıları

Güvenlik kaysayıları değerleri ve uygulanan Kod ifadeleri, ilgili butondan açılan diyalog kutusu aracılığıyla belirtilebilir. Varsayılan güvenlik katsayıları değerleri, Eurocode 8 – Bölüm 3'de tanımlanan değerlerdir.



Güvenlik Katsayıları modülü

DEĞERLENDIRME VE KONTROLLER IÇIN KAPASITE MODELLERI

Bütün eleman kontrolleri (eleman dönme kapasitesi ve kesme kapasitesi), EN1998-3:2005-Ek A'ya göre, EN1998-1:2004, 4.2.2(1)P, (2) ve (3)'deki tanımlar ile uyumlu bir şekilde belirlenmiş, bütün elemenları birincil veya ikincil sismik elemanlar olarak düşünerek, her katın bütün elemanları için uygulanmalıdır.

Deformasyon Kapasitesi

Kirişlerin, kolonların ve duvarların deformasyon kapasiteleri, eleman dönmesi θ cinsinden tanımlanır. Bu değer, elemanın akma altındaki ucunun yerel eksenine çizilen teğetle bu noktadan kesme açıklığının (Lv=M/V=uç kesitteki moment/kesme kuvveti) son bulduğu noktaya çizilen çizgi arasındaki açıya eşittir. Eleman dönmesi, aynı zamanda, kesme açıklığının sonundaki göreceli ötelenmenin (ki bu göreceli ötelenme elemanın akma ucundan çizilecek bir teğet çizgisine göredir) kesme uzunluğuna bölünmesiyle elde edilen ötelenme oranına da eşittir.

Kirişlere, kolonlara ve duvarlara ait deformasyon kapasiteleri; boyuna donatıların tiplerine (soğuk işlenmiş gevrek çelik, nervürsüz -düz- donatı) olduğu kadar sismik dayanım sağlayacak olan detaylandırmalarına da önemli derecede bağlıdır. Kiriş açıklıklarında ve kolon boylarında sağlanan yetersiz bindirme boyları, kiriş-kolon bağlantılarında sağlanan yetersiz ankraj miktarları elemanın sismik davranışını kontrol edebilir ve donatının tamamen etkili olduğu duruma nazaran kapasiteyi önemli bir miktarda düşürebilir. Deformasyon kapasitesiyle ilgili yukarıda belirtilmiş olan sınırlamalar göz önüne alınmıştır.

Tekrarlı tersinir tesirler altında bulunan betonarme binaların göçmeye öncesi (NC) sınır durumuna karşılık gelen toplam eleman dönmesi kapasitesi (elastik ve plastik kısımların toplamı olmak üzere) EC8: Bölüm 3'de bulunan (A.1) ve (A.3) denklemlerinin takibiyle bulunur.

$$\theta_{um} = \frac{1}{\gamma_{el}} \cdot 0{,}016 \cdot (0{,}3^{\nu}) \left[\frac{\max(0{,}01;\omega')}{\max(0{,}01;\omega)} f_c\right]^{0{,}225} \cdot \left(\min\left(9, \frac{L_V}{h}\right)\right)^{0{,}35} 25^{\left(\alpha\rho_{sx}\frac{f_{yw}}{f_c}\right)} (1{,}25^{100\rho_d}) \text{(A.1) EC8: Bölüm 3}$$

Burada; γ_{el}, birincil sismik elemanlar için 1,5'e ve ikincil sismik elemanlar için ise 1,0'e eşittir;L_V eğilme momentinin kesme kuvvetine olan orandır. Geriye kalan alakalı değişkenler, EC8: Bölüm 3'ün A.3.2.2 kısmında tanımlanır.

Duvarlarda, (A.1) denkleminden hesaplanan değeri 0,58 ile çarpılır.

Tersinir ve tekrarlı tesirler altında bulunan betonarme elemanların nihai dönme kapasiteleri akma durumundaki değerle plastik dönme miktarının toplamı olarak hesaplanabilir. İlgili EC8 denklemi aşağıda belirtildiği gibidir:

$$\theta_{um}^{pl} = \theta_{um} - \theta_y = \frac{1}{\gamma_{el}} \cdot 0{,}0145 \cdot (0{,}25^{\nu}) \left[\frac{\max(0{,}01;\omega')}{\max(0{,}01;\omega)}\right]^{0{,}3} \cdot f_c{}^{0{,}2} \cdot \left(\min\left(9, \frac{L_V}{h}\right)\right)^{0{,}35} 25^{\left(\alpha\rho_{sx}\frac{f_{yw}}{f_c}\right)} (1{,}275^{100\rho_d})$$

(A.3) EC8: Bölüm 3

Burada; γ_{el}, birincil sismik elemanlar için 1,8'e ve ikincil sismik elemanlar için ise 1,0'a eşittir;akma durumundaki eleman dönme değeri (θ_y)EC8-Bölüm 3 Kısım A.3.2.4'den hesaplanır. Geriye kalan alakalı değişkenler, EC8: Bölüm 3'ün A.3.2.2 kısmında tanımlanır.

Duvarlarda, (A.3) denklemindenhesaplanandeğeri 0,60 ile çarpılır.

Önemli hasar limit durumuna (SD) karşılık gelen eleman dönme kapasitesi, yukarıdaki denklemlerden hesaplanan nihai eleman dönmesinin ¾'ü olarak varsayılır.

Sınırlı hasar limit durumuna (DL) karşılık geleneleman dönme kapasitesi, akma eleman dönmesi tarafından kontrol edilir ve aşağıda tanımlandığı şekilde değerlendirilir:

Dikdörtgen kirişler ve kolonlar için:

$$\theta_y = \varphi_y \frac{L_V + \alpha_V z}{3} + 0{,}0014\left(1 + 1{,}5\frac{h}{L_V}\right) + \frac{\varepsilon_y}{d - d'}\frac{d_{bL} f_y}{6\sqrt{f_c}} \qquad \text{(A.10a) EC8: Bölüm 3}$$

Duvarla, dikdörtgen T- veya H- kesitler için:

$$\theta_y = \varphi_y \frac{L_V + \alpha_V z}{3} + 0{,}0013 + \frac{\varepsilon_y}{d - d'}\frac{d_{bL} f_y}{6\sqrt{f_c}} \qquad \text{(A.11a) EC8: Bölüm 3}$$

Veya alternatif veya eşdeğer ifadelerden dikdörtgen kirişler ve kolonlar için:

$$\theta_y = \varphi_y \frac{L_V + \alpha_V z}{3} + 0{,}0014\left(1 + 1{,}5\frac{h}{L_V}\right) + \varphi_y \frac{d_{bL} f_y}{8\sqrt{f_c}} \qquad \text{(A.10b) EC8: Bölüm 3}$$

Duvarlarveyadikdörtgen T veyaH-kesitiçin:

$$\theta_y = \varphi_y \frac{L_V + \alpha_V z}{3} + 0{,}0013 + \varphi_y \frac{d_{bL} f_y}{8\sqrt{f_c}} \qquad \text{(A.11b) EC8: Bölüm 3}$$

α_V akma eğilme momentinin L_V'nin beton kesme dayanımı – $V_{R,c}$ -ile çarpımından küçükse sıfıra aksi takdirde 1,0'a eşittir. $V_{R,c}$, kesme donatısız beton elemanlar için EN1992-1-1:2004 koşullarına göre hesaplanır. Geriye kalan diğer değişkenler, A.3.2.4 of EC8: Bölüm 3 kısmında tanımlanır.

Uç kesitteki akma eğriliği, basınç bölgesinin sabit genişlikte olduğu kesitler için ve kesit akmasının çeliğin akmasına bağlı olduğu durumlar için olan aşağıdaki ifadeye göre hesaplanır.

$$\varphi_y = (1/r)_y = \frac{f_y}{E_s(1 - \xi_y)d}$$

Basınçta betonun deformasyon doğrusalsızlıklarından dolayı kesit akarsa,bu, kenar basınç lif deformasyonunun $\varepsilon_c \approx 1.8\, f_c/E_c$'nundan büyük olduğu durum içindir, o zaman akma eğriliği aşağıda verilen ifadeye göre hesaplanır:

$$\varphi_y = (1/r)_y = \frac{\varepsilon_c}{\xi_y d} \approx \frac{1.8 f_c}{E_c \xi_y d}$$

Yukarıdaki denklemlerden gelen iki değerin en küçüğü, eleman dönme kapasitesi hesabı için kullanılır.

EN1998-3Ek A'ya göre, eleman dönme kapasitesi boyuna donatıların tipi gibi birtakım farklı faktörlerden yüksek derecede etkilenmektedir. Eğer soğuk işlenmiş gevrek çelik kullanılırsa, eleman dönmesinin plastik kısmı 2'ye bölünmelidir. Eğer nervürsüz (düz) boyuna donatılar uygulanırsa, boyunan donatıların iyice bindirilip bindirirlmediği de dikkate alınarak, Ek A'daki kısım A.3.2.2(5) kullanılır. Uygun sismik dirençli detaylandırma eksikliğine sahip elemanların olması durumunda, Denklem (A.1) ve Denklem (A.3)'de belirtilen değerler 1,2'ye bölünür.

Deforme olmuş boyuna donatıların eleman uç kesitinde düz olan bir bindirme başlangıcına sahip olduğu durumlarda, basınç donatısının (ω') da dikkate alınarak hesaplandığı eleman dönmesinin plastik kısmı, bindirme dışında kalan kısmı için geçerli olan değerin iki katı olarak alınır. Buna ek olarak, asgari bindirme boyunun l_o , nihai deformasyon için gerekli asgari bindirme boyundan ($l_{ou,min}$) az olduğu kesitlerde, (EC8: Bölüm 3 Denklem (A.3)'de tanımlı olan) eleman dönmesinin plastik kısmı $l_o/l_{ou,min}$ oranı ile çarpılır. Akmadaki eleman dönmesi değeri θ_y, Ek A- A.3.2.4(3)'e göre bindirme etkisi için hesaba katılırken, $l_{ou,min}$ hesabı hakkında daha fazla bilgi için, Ek A- A.3.2.2(4)'ya bakınız.

Dairesel kolon kesitleri durumunda, yukarıdaki denklemler, elemanların dönme kapasite hesapları için kullanılamaz. SeismoStruct'da, θ_y veθ_u için, D. Biskinis and M.N. Fardis [2013] tarafından önerilen aşağıdaki denklemler kullanılmıştır.

$$\theta_y = \varphi_y \frac{L_V + \alpha_V z}{3} + 0.0027\left(1 - \min\left(1; \frac{2}{15}\frac{L_s}{D}\right)\right) + \alpha_{sl}\frac{\varphi_y d_{bL} f_y}{8\sqrt{f_c}}$$

$f_y$ve $f_c$değerlerinin MPA cinsindenolduğuyerde, eğer$V_{Rc}<V_{My}$ise, α_V=1'dir. Diğer türlü ise,α_V=0 ve V_{Rc} Eurocode 2 (CEN 2004)'ye göre hesaplanır ve eğer çekme donatılarını, ankraj bölgelerinden akmanın ötesinde çıkarmak fiziksel olarak imkansızsa, α_{sl}=0'dır. Diper türlü ise, α_{sl}=1'dir.

$$\theta_u = \left(\theta_y + \left(\varphi_u - \varphi_y\right)L_{pl}\left(1 - 0.5\,L_{pl}/L_s\right) + \alpha_{sl}\Delta\theta_{u,slip}\right)/\gamma_{el}$$

γ_{el}değerinin, birincil sismik elemanlar için 2,0'ye ve ikincil sismik elemanlar için 1.0'e eşit olduğu yerde, $\Delta\theta_{u,slip}$veL_{pl}aşağıdakidenklemleregörehesaplanır:

$$\Delta\theta_{u,slip} = 10 d_{bl}\left(\varphi_u + \varphi_y\right)/2$$

$$L_{pl} = 0.6D\left[1 + \frac{1}{6}\min\left(9; \frac{L_s}{D}\right)\right]$$

Kullanıcılara, ifadeler üzerine daha ayrıntılı bilgi ve diğer değişkenlerin tanımı için, ilgili yayınlara bakmaları tavsiye edilir.

Betonarme Mantolama

Mantolanmış elemanların deformasyon kapasitelerinin hesabında EN 1998-3:2005'de belirtilen varsayımlar kullanılır: (i) mantolanmış elemanların davranışı monolitiktir, (ii) eksenel yük, eskiden olduğu gibi yalnızca ilk kolona değil güçlendirilmiş elemanın tüm kesidine etkir, (iii) manto elemanına ait beton özellikleri tüm kesit için geçerlidir.

Mantolanmış elemanlar için kapasite kontrollerinde ele alınan M_y^*, $\theta_y^*$and θ_u^* değerleri EN 1998-3:2005 Ek A'ya göre ele alınır ve aşağıda belirtilen denklemler kullanılır. Buna göre:

Akma momenti:

$$M_y^* = M_y \qquad \text{(A.18) EC8: Bölüm 3}$$

Akma durumundaki eleman dönmesi:

$$\theta_y^* = 1.05\theta_y \qquad \text{(A.19a) EC8: Bölüm 3}$$

Nihai eleman dönmesi:

$$\theta_u^* = \theta_u \qquad \text{(A.20) EC8: Bölüm 3}$$

Lifli Polimer (FRP) Sargılama

Lifli polimer sargılama yoluyla elemanlara eklenen ilave kapasite EN 1998-3:2005'in Ek A'sına göre hesaplanır.

Lifli polimer sargılamanın elemanın (A3.2.1 (2) ila (4)'e göre hesaplanan) eğilme kapasitesine olan etkisi göz ardı edilir.

Köşeleri yuvarlanmış olan dikdörtgen kesitlere ait toplam dönme kapasitesi ve plastik dönme değerleri sırasıyla Denklem (A.1) ve Denklem (A.3)'e göre hesaplanır. İlgili hesaplarda, sargı donatısına ait terimin üssü $\alpha\rho_f f_{f,e}$ ifadesiyle artırılır. Burada, αetkili sargılama katsayısı, ρ_f yükleme doğrultusunda bulunan lifli polimer oranı, $f_{f,e}$ ise EC8:Kısım 3-Denklem (A35)'de tanımlanan gerilme etkinliğidir.

Eğilme Momenti Kapasitesi

Prizmatik kesitli kirişlerin, kolonların ve duvarların eğilme momenti kapasitesi D. Biskinis ve M. N. Fardis (2009) paragraf 4.1'e göre hesaplanırken, dairesel kolonların eğilme momenti kapasitesi için Biskinis ve M. N. Fardis (2013) paragraf 4 kullanılmıştır.

Kesme Kapasitesi

Kirişler, kolonlar ve duvarların kesme kapasitesi, etriyeler tarafından kontrol edilerek, süneklik talebinin plastik kısmından dolayı azaltma için hesaba katılan , EN1998-3:2005'deki Ek A'ya göre, aşağıda verilen ifade aracılığıyla hesaplanır.

$$V_R = \frac{1}{\gamma_{el}}\left[\frac{h-x}{2L_V}\min(N; 0{,}55A_c f_c) + \left(1 - 0{,}05\min\left(5; \mu_\Delta^{pl}\right)\right)\cdot\left[0{,}16\max(0{,}5; 100\rho_{tot})\left(1 - 0{,}16\min\left(5; \frac{L_V}{h}\right)\right)\sqrt{f_c}A_c + V_w\right]\right] \quad \text{(A.12) EC8: Bölüm 3}$$

γ_{el} değeri birincil sismik elemanlar için 1,15'e ve ikincil sismik elemanlar için 1,0'e eşit olup, geriye kalan değişkenler EN1998-3 Ek A'daki A.3.3.1'de tanımlanmış şekilde hesaplanır.

Beton duvarın kesme mukavemeti $V_{R,max}$,gövde ezilmesi ile ilişkilendirilen değerden büyük alınmaz. Tekrarlı yükleme altındaki $V_{R,max}$, EN1998-3:2005, Ek A'daki A3.3.1(2)'ya göre aşağıdaki ifadeden hesaplanır.

$$V_{R,max} = \frac{0{,}85\left(1-0{,}06\min\left(5;\mu_\Delta^{pl}\right)\right)}{\gamma_{el}}\left(1 + 1{,}8\min\left(0{,}15; \frac{N}{A_c f_c}\right)\right)\left(1 + 0{,}25\max(1{,}75; 100\rho_{tot})\right)\cdot\left(1 - 0{,}2\min\left(2; \frac{L_V}{h}\right)\right)\sqrt{f_c}b_w z \quad \text{(A.15) EC8: Bölüm 3}$$

Betonarme bir kolonda, iki uç momentin azamisiyle uç kesitteki kesme açıklık oranı(L_V/h), 2'den küçük veya 2'ye eşit ise, kesme mukavemeti$V_{R,max}$, eğilme akmasından sonra, diyagonal gövde ezilmesi ile ilişkilendirilen değerden büyük alınmaz. Tekrarlı yükleme altındaki $V_{R,max}$, EN1998-3:2005, Ek A'daki A3.3.1(3)'ya göre aşağıdaki ifadedenhesaplanır.

$$V_{R,max} = \frac{{}^4/_7\left(1 - 0{,}02\min\left(5; \mu_\Delta^{pl}\right)\right)}{\gamma_{el}}\left(1 + 1{,}35\frac{N}{A_c f_c}\right)\left(1 + 0{,}45(100\rho_{tot})\right)\sqrt{\min(40; f_c)}b_w z\sin 2\delta \quad \text{(A.16) EC8: Bölüm 3}$$

δ, kolon ekseni ve çaprazı arasındaki açıyı göstermektedir($\tan\delta = h/2L_V$).

Betonarme Mantolama

Mantolanmış elemanların deformasyon kapasitelerinin hesabında EN 1998-3:2005'de belirtilen varsayımlar kullanılır: (i) mantolanmış elemanların davranışı monolitiktir, (ii) eksenel yük, eskiden olduğu gibi yalnızca ilk kolona değil güçlendirilmiş elemanın tüm kesidine etkir, (iii) manto elemanına ait beton özellikleri tüm kesit için geçerlidir.

Mantolanmış elemanlara ait kesme kapasitesi kontrolleri EN1998-3:2005'de bulunan ve aşağıda da belirtilmiş olan denkleme göre ele alınır:

$V_R^* = 0.9V_R$ (A.17) EC8: Bölüm 3

Lifli Polimer (FRP) Sargılama

EN1998-3:2005 Ek A Bölüm A.4.4.2(9)'a göre, plastik mafsal bölgelerinin en az kesit derinliği kadar bölümü tamamen FRP ile sargılanmış (mantolanmış) olan kesitlerin tekrarlı yükler altındaki kesme kapasitesi (V_R) EC8:Kısım 3 Denklem (A.12)'ye göre hesaplanır ve FRP sargının Vw'ye etkisi dahil edilir. FRP sargılamanın V_w'ye etkisi aşağıda belirtilen denklemden hesaplanır:

$V_{w,f} = 0{,}5\rho_f b_w z f_{u,fd}$ (A.33) EC8: Bölüm 3

Burada; ρ_f FRP'nin geometrik oranını, z etkili uzaklığı, $f_{u,fd}$ ise FRP'nin nihai mukavemetini temsil eder.

Yığma Elemanları

Tüm yığma eleman kontrolleri (kesme kapasitesi, eğilme momenti ve ötelenme), her katın tüm elemanları için EN1998-3:2005 Ek C'ye göre, elemanları birincil veya ikincil sismik elemanlar olarak kabul edilerek, EN1998-1:2004, 4.2.2(1)P, (2) ve (3)'teki tanımlara uygun şekilde belirlenmiş olarak yapılmalıdır.

Kesme Kuvveti Kapasitesi

The shear force capacity of unreinforced masonry walls controlled by flexure under an axial load N is calculated according to the following expression:

N eksenel kuvveti altında eğilme tarafından kontrol edilen donatısız yığma duvarların kesme dayanımı aşağıdaki denklemden hesaplanır:

$V_f = \frac{DN}{2H_0}(1 - 1{,}15v_d)$ (C.1) EC8: Bölüm 3

N eksenel kuvveti altında kesme tarafından kontrol edilen donatısız yığma duvarların kesme dayanımı aşağıdaki denklemden hesaplanır:

$V_f = f_{vd}D't$ (C.2) EC8: Bölüm 3

Eğilme Momenti Kapasitesi

Donatısız yığma duvarların eğilme momenti kapasitesi aşağıdaki denklem takip edilerek hesaplanır:

$$V_f = {}^{2M}/_{L}$$

Burada, V_f (C.1) EC8: Bölüm 3'de (C.1) denkleminden hesaplanan kesme dayanımıdır.

Ötelenme

Donatısız yığma duvarların ötelenme kapasiteleri aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanır

Eğilme tarafından kontrol edilen birincil elemanlar için:

$0{,}008 \cdot {}^{H_0}/_{D}$ C.4.2.1(2) EC8: Bölüm 3

Eğilme tarafından kontrol edilen ikincil elemanlar için:

$0{,}012 \cdot {}^{H_0}/_{D}$ C.4.2.1(2) EC8: Bölüm 3

EC8: Bölüm 3 C.4.3.1'e göre, kesme tarafından kontrol edilen donatılı yığma duvar ve kirişlerin ötelenme kapasiteleri birincil sismik elemanlar için 0,004 olup ikincil elemanlar için 0,006 alınır.

Kapasite Eğrisi

Her bir itme analizi, bir kapasite eğrisiyle sonuçlanır. Kapasite eğrisi tanım olarak, toplam taban kesme kuvvetinin belirli bir kontrol düğüm noktasına (yapı deplasmanının takibinde kullanılacak olan temsili bir düğüm noktası) ait 0 ile kullanıcı tanımlı bir değer (hedef deplasmanın %150'sine denk gelmesi gerekir) arasında tanımlı olan yatay ötelenme arasındaki ilişkidir.

HEDEF YER DEĞİŞTİRME (DEPLASMAN)

Hedef deplasman, eşdeğer tek serbetlik dereceli sistemin yer değiştirmesi cinsinden, elastik tepki spektrumundan gelen sismik talep olarak tanımlanır. Çoklu serbertlik dereceli sistemin hedef yer değiştirmesini tanımlamak için, EN1998-1'deki EkB'ye göre belirli sayıda adımın takip edilmesi gerekmektedir.

Normalize edilmiş yanal kuvvetler $F_i$ile normalize edilmiş yer değiştirmeler Φ_i arasındaki ilişki aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$F_i = m_i \Phi_i$$

m_i, i-nci kattaki kütleyi göstermektedir.

Yer değiştirmeler, $\Phi_n=1$ şeklinde normalize edilir. Burada, n kontrol düğümündür ve dolayısı ile, $F_n=m_n$.

Eşdeğer Tek Serbestlik Dereceli (SD) Sisteme Dönüştürme

Eşdeğerbir Tek SD sistemkütlesi, şuşekildebulunur:

$$m^* = \sum m_i \Phi_i = \sum F_i$$

Ve dönüşüm katsayısı şu şekilde verilmiştir:

$$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^{\,2}} = \frac{\sum F_i}{\sum \left(\frac{F_i^{\,2}}{m_i}\right)}$$

Eşdeğer Tek Serbestlik Dereceli sistemin kuvvet F* ve yer değiştirmesi d* şu şekilde hesaplanır:

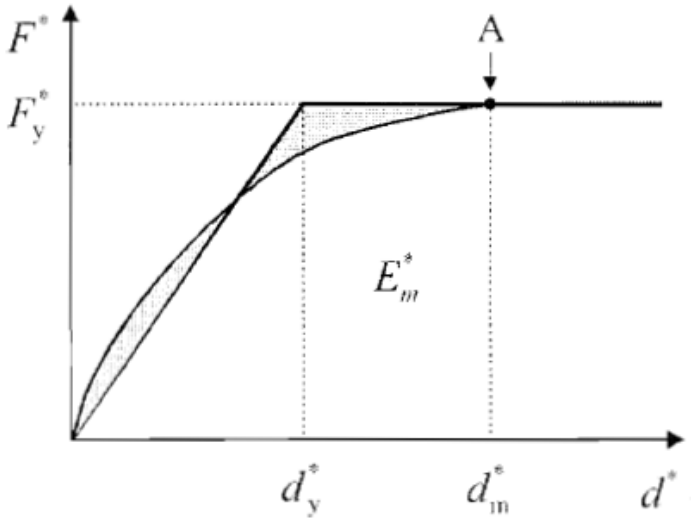
$$F^* = \frac{F_b}{\Gamma}$$

$$d^* = \frac{d_n}{\Gamma}$$

F_b, kontrol düğümündeki taban kesme kuvveti ve d_c ise çoklu SD sistemin yer değiştirmesidir.

İdealleştirilmiş Elasto-Tam Plastik Kuvvet-Yerdeğiştirme Ilişkisinin Belirlenmesi

İdealleştirilmiş Tek SD sisteminin nihai mukavemetini de temsil eden akma kuvveti F_y^*, plastik mekanizma oluşumunda taban kesme kuvvetine eşittir. İdealleştirilmiş sistemin ilk rijitlik, gerçek ve idealleştirilmiş kuvvet-deformasyon eğrilerinin birbirine eşit olduğu yerin altında kalan alan ile bulunur(aşağıda figür B.1'de gösterildiği gibi).



Şekil B.1 (EN 1998-1): İdealleştirilmiş elasto-tam plastik kuvvet-yerdeğiştirme ilişkisinin belirlenmesi

Bu varsayıma dayanarak, idealleştirilmiş tek serbestlik dereceli sistemdeki akma yerdeğiştirmesi d_y^*, susekildeverilmiştir:

$$d_y^* = 2\left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*}\right)$$

E_m^*, plastik mekanizma oluşumuna kadarki gerçek deformasyon enerjisidir.

İdealleştirilmiş Eşdeğer Tek SD Sisteminin Periyodunun Belirlenmesi

İdealleştirilmiş eşdeğer Tek SD sistemin periyodu T^*şu şekilde bulunur:

$$T^* = 2\pi\sqrt{\frac{m^* d_Y^*}{F_Y^*}}$$

Eşdeğer Tek SD Sistem Için Hedef Yerdeğiştirmenin Belirlenmesi

T* periyotlu yapının hedef yer değiştirme ve sınırsız elastik davranışı aşağıda verilmiştir:

$$d_{et}^* = S_e(T^*)\left[\frac{T^*}{2\pi}\right]^2$$

$S_e(T^*)$, T^*periyodundaki elastik ivme tepki spektrumunu göstermektedir.

Hedef yer değiştirmeyi d_t^*belirlemek için, kısa periyot aralığında olan yapılar için ve orta ve uzun periyot aralığında olan yapılar için, aşağıda gösterildiği gibi, farklı ifadeler kullanılmalıdır. Kısa ve orta periyot aralığı arasındaki köşe periyodu T_C olarak gösterilir.

- $T^* < T_C$için (kısa periyot aralığı)

Eğer $F_y^*/m^* \geq S_e(T^*)$, tepki elastiktir ve dolayısıyla
$d_t^* = d_{et}^*$'dir.
Eğer $F_y^*/m^* < S_e(T^*)$, tepki doğrusal değildir ve

$$d_t^* = \frac{d_{et}^*}{q_u}\left(1 + (q_u - 1)\frac{T_C}{T^*}\right) \geq d_{et}^*\text{'dir.}$$

q_u, sınırsız elastik davranışlı yapıdaki ivme, $S_e(T^*)$, ile sınırlı mukavemetli yapı F_y^*/m^*arasındaki orandır.

$$q_u = \frac{S_e(T^*)m^*}{F_Y^*}$$

d_t^*'nin,3 d_{et}^*'i geçmesine gerek yoktur.

- $T^* \geq T_C$ için (orta ve uzun periyot aralığı)

$d_t^* = d_{et}^*$'dir.

Çoklu SD Sistemi Için Hedef Yer Değiştirmenin Belirlenmesi

Çoklu SD sistemin hedef yer değiştirmesi şu şekilde verilmiştir:

$d_t = \Gamma d_t^*$

Hedef yer değiştirme kontrol düğümüne karşılık gelmekte olduğunu not ediniz.

Ek H2 - ASCE

Bu ekte, Amerikan Sismik Değerlendirme ve Mevcut Binaların Güçlendirilmesi Yönetmeliği (ASCE/SEI 41-23) takip edilerek yapıların değerlendirilmesi için kullanılan parametreler sunulmaktadır.

PERFORMANS GEREKLILIKLERI

ASCE 41-23 bölüm 2.4'ye göre, değerlendirme veya yeniden tasarımın hedefleri (Tablo C2-8), "binanın yaşam döngüsü içinde kabul edilebilir bir aşılma olasılığı" (tasarım depremi) verildiğinde, aşağıdaki ASCE 41-23 Tablo C2-8'de gösterildiği gibihem performans seviyesi hem de sismik etkinin kombinasyonlarından oluşur.

Seismic Hazard Level	Hedef Yapı Performans Düzeyleri			
	İşlevsel Performans Düzeyi (1-A)	Hemen Kullanım Performans Düzeyi (1-B)	Can Güvenliği Performans Düzeyi (3-C)	Göçme Önleme Performans Düzeyi (5-D)
50%/50 yıl	a	b	c	d
BSE-1E (20%/50 yıl)	e	f	g	h
BSE-2E (5%/50 yıl)	i	j	k	l
BSE-2N (2%/50 yıl)	m	n	o	p

Tablo C2-8. PerformansHedefleri

Hedef bina performans seviyeleri, İşlevsel (1-A), Hemen Kullanım (1-B), Can Güvenliği (3-C) ve Göçme Önleme (5-D) olmak üzere dört sınır durumu ile tanımlanan yapıdaki hasar durumunu ifade eder.

İşlevsel Düzey Performans Düzeyi (1-A)

ASCE 41-23'ye göre İşlevsel Düzey (1-A), hasarın önemsiz olduğu ve yapının herhangi bir onarım önlemine ihtiyaç duymadığı bir durumdur.Yapısal elemanların akmanın aşılmasından korunarak, sahip oldukları mukavemet ve rijitlik özelliklerini koruması sağlanır. Binanın normal kullanımı için önemli olan tüm sistemler işlevseldir.Bölmeler ve dolgu duvarlar gibi yapısal olmayan bileşenler zarar görmemelidir.

Hemen Kullanım Performans Düzeyi (1-B)

ASCE 41-23'ye göre depremden hemen sonraki kullanım (1-B), tasarım depremi sırasında ve sonrasında, olası küçük önem fonksiyonları dışında, yapıdaki hiçbir faaliyetinin kesintiye uğramamasının beklendiği durumdur.Yapısal elemanlar mukavemet ve rijitlik özelliklerini korumaktadır.Yapıda birkaç kılcal çatlak oluşabilir.

Can Güvenliği Performans Düzeyi (3-C)

ASCE 41-23'ye göre Can Güvenliği (3-C), tasarım depremi sırasında yapının orta düzeyde hasar görmesinin beklendiği, ancak onarımının ekonomik olmaması muhtemel olan durumdur.Yapısal elemanlar bir miktar nihai mukavemet ve rijitliğe sahiptir.Bölmeler ve dolgular düzlem dışı yıkılmamış olsa da, yapısal olmayan bileşenler hasar görmüştür.Orta düzeyde kalıcı ötelenmeler mevcuttur.

Göçme Önlenmesi Performans Düzeyi (5-D)

ASCE 41-23'ye göre Göçme Önlenmesi (5-D), tasarım depremi sırasında yapıda ciddi (genelde onarılamaz) hasarın beklendiği ve muhtemelen başka bir depremi atlatamayacağı durumdur.Düşey elemanlar hala düşey yükleri kaldırabilecek kapasitede olmasına rağmen, yapı, düşük yanal dayanım ve rijitlik nedeniyle ağır hasar görmüştür.Yapısal olmayan bileşenlerin çoğu çökmüştür ve büyük kalıcı ötelenmeler mevcuttur.

Performans Hedeflerinin seçimi için kriterler ASCE 41-23'de bulunabilir.

YAPISAL DEĞERLENDİRMELER İÇIN BİLGİLER

Makul analiz tipini ve uygun güvenlik faktör değerlerini seçmek için, aşağıda belirtilen üç bilgi düzeyi tanımlanmıştır:

- Sınırlı (Minimum) Bilgi
- Normal (Sıradan) Bilgi
- Kapsamlı Bilgi

Mevcut bilgi düzeyini etkileyen etmenler şöyle sıralanabilir: (i) geometri: yapısal systemin ve yapısal olmayan elemanların (ör: yapısal davranışa etkisi olabilecek yığma paneller) geometrik özelliklerini temsil eder; (ii) yapısal detaylar: betonarme kesitlerdeki donate miktarı ve detayı, kat diyaframlarının yatay yük taşıyan yapısal elemanlara bağlantıları, yığma elemanlarda parçaları birbirine bağlayan harcın özelliği ve yine yığma elemanlarda donate bulunup/bulunmaması; (iii) malzemeler: yapısal sistemde bulunan malzemelerin mekanik özellikleri.

Sınırlı (Minimum) Bilgi

Minimum bilgi düzeyi, eleman taleplerini analiz etmek ve kapasitelerini hesaplamak için yeterli olan bilgi ile tasarım çizimlerinden bilgilerin elde edildiği bir bilgi durumuna karşılık gelir.Tasarım çizimleri, düşey (yerçekimi) ve yatay (sismik) taşıyıcı sistem kurulumların yeterli ayrıntılarla göstermektedir.Bilgi, görsel bir durum değerlendirmesi ile doğrulanır.

Tasarım çizimlerinden yeterli bilgi bulunmadığında, eksik veya var olmayan bilgiler, tahribatlı ve tahribatsız inceleme dahil olmak üzere kapsamlı bir durum değerlendirmesi ile tamamlanır.Malzeme test kayıtlarının ve kalite güvence raporlarının yokluğunda, varsayılan malzeme özellikleri ASCE 41-23'ün 10 bölümü e göre kullanılır.

Normal (Sıradan) Bilgi

Normal bilgi düzeyi, eleman taleplerini analiz etmek ve kapasitelerini hesaplamak için yeterli olan bilgi ile tasarım çizimlerinden bilgilerin elde edildiği bir bilgi durumuna karşılık gelir.Tasarım çizimleri, düşey (yerçekimi) ve yatay (sismik) taşıyıcı sistem kurulumların yeterli ayrıntılarla göstermektedir.Bilgi, görsel bir durum değerlendirmesi ile doğrulanır.

Tasarım çizimlerinden yeterli bilgi bulunmadığında, eksik veya var olmayan bilgiler, tahribatlı ve tahribatsız inceleme dahil olmak üzere kapsamlı bir durum değerlendirmesi ile tamamlanır.Malzeme test kayıtlarının ve kalite güvence raporlarının yokluğunda, varsayılan malzeme özellikleri ASCE 41-23'ün 10 bölümü e göre kullanılır.

Kapsamlı Bilgi

Kapsamlı veri güvenilirlik seviyesi, tasarım çizimleri, spesifikasyonlar, malzeme test kayıtları ve orijinal yapıyı ve yapıdaki müteakip değişiklikleri kapsayan kalite güvence raporları dahil olmak üzere yapı belgelerinden bilgilerin elde edildiği bir bilgi durumuna karşılık gelir.Bilgi, görsel bir durum değerlendirmesi ile doğrulanır.

Yapısal dökümanların yokluğunda, varsayılan malzeme özellikleri ASCE 41-23'ün 10 bölümü e göre kullanılır.

Güvenlik Katsayıları (Faktörleri)

ASCE 41-23'de güvenlik faktörleri, elemanındayanımına ve deformasyon sınırlarına doğrudan dahil edilmiştir.

Enine donatının boyuna aralığının, kesme yönünde ölçülen bileşen efektif derinliğinin yarısından fazla olduğu elemanlarda, enine donatının kesmeye karşı dirençte %50 efektif olduğu varsayılacaktır. Ayrıca, enine donatının boyuna aralığının, kesme yönünde ölçülen bileşen efektif derinliğini aştığı elemanlarda, enine donatının kesmeye karşı dirençte efektif olmadığı varsayılacaktır. Kullanıcılar, bu tür çok katı bir kuralın uygulanıp uygulanmadığına Güvenlik Faktörleri iletişim kutusunda karar verebilir. Bu kural hakkında daha fazla bilgi için, kullanıcılar ACI 369.1-22'nin 4.2.3 bölümüne bakabilir.

DEĞERLENDIRME VE KONTROLLER IÇIN KAPASITE MODELLERI

Bütün eleman kontrolleri (eleman dönme kapasitesi ve kesme kapasitesi), ASCE 41-23 Tablo 7-7 dikkate alınarak, ASCE 41-23 Bölüm 10, ACI 318-19 Bölüm 11, ACI 369.1-22 Bölüm 4 ve ACI 440 Bölüm 11 uyarınca Tablo 7-7 göz önüne alınarak yapılmalıdır.

Deformasyon Kapasitesi

Eğilme ile kontrol edilen kirişlerin, kolonların ve duvarların deformasyon kapasitesi, toplam eleman dönmesi θ, yani akan ucundaki eksene teğet ile bu ucu kesme aralığının ucuna bağlayan kiriş arasındaki açı cinsinden tanımlanır. (LV=M/V=uç kesitteki moment/kesme). Eleman dönüşü, aynı zamanda, eksene teğete göre kesme açıklığının sonundaki sapma olan eleman öteleme oranına eşittir. akma ucu, kesme uzunluğuna bölünür.

Eğilme tarafından kontrol edilen kirişlerin, kolonların ve duvarların deformasyon kapasitesi, boyuna donatılarda depreme dayanıklı detaylandırmanın olmamasının yanı sıra düz çubukların olup olmamasından da büyük ölçüde etkilenir. Açıklık (kirişler) ve yükseklik (kolonlar) boyunca bindirmenin yetersiz gelişimi veya kiriş-kolon bağlantılarına yetersiz gömülme, donatının tam olarak düzgün davrandığı duruma göre, elemanların kapasitesini büyük ölçüde sınırlayabilir.

Tekrarlı yükleme altında beton elemanların sonundaki toplam eleman dönüş kapasitesi, dönüş kapasitesinin plastik kısmı ile akmadaki eleman dönmesinin toplamı olarak hesaplanır.

$$\theta = \theta_y + \theta_p$$

Akmadaki eleman dönmesi, θ_y, aşağıdaki denkleme göre hesaplanır:

- Kiriş ve kolonlar içinD. Biskinis (2007)'de tanımlanan Denklem (4.29):

$$\theta_y = \frac{M_y L_s}{3EI_{eff}}$$

Efektif rijitlik değeri EI_{eff}, ASCE 41-23 Tablo 3.1.2.1'e göre hesaplanır.

- Duvarlar için ASCE 41-23'nin (7.4.1.1.1) denkleminden:

$$\theta_{yE} = \left(\frac{M_{CyGE}}{(E_{cE}I)_{eff}}\right) l_p \qquad (7.4.1.1.1) \quad \text{ASCE 41-23}$$

Eleman dönme kapasitesinin plastik kısmı aşağıda gösterildiği gibi hesaplanır:

- Kirişler için ACI 369.1-22 Tablo 4.2.2.2.2a 'ye göre
- Kolonlar için ACI 369.1-22 Tablo 4.2.2.2.2b ve 4.2.2.2.2ac'e göre
- Eğilme ile kontrol edilen duvarlar için ASCE 41-23 Tablo 7.4.1.1.1'a göre ve ASCE 41-23'ün Tablo 7.4.1.1.2'sine göre kesme ile kontrol edilen duvarlar için

Kesme ile kontrol edilen duvarların deformasyon kapasitesi, ASCE 41-23 Tablo 7.4.1.1.3'de belirtildiği gibi katlar arası ötelenme oranı cinsinden tanımlanır.

Akma momenti kapasitesi KANEPE Ek 7A'daki denklemlere göre hesaplanır.

Kullanıcıların diğer parametrelerin tanımı ve ifadelerle ilgili daha fazla ayrıntı için ilgili yayınlara başvurmaları tavsiye edilir.

FRP Sargılama

FRP sargılamanın, eleman kapasitesine katkısı, akma momenti kapasitesinin hesaplanmasında dikkate alınır.

Eğilme Momenti Kapasitesi

Prizmatik kesitli kirişlerin, kolonların ve duvarların eğilme momenti kapasitesi D. Biskinis ve M. N. Fardis (2009) paragraf 4.1'e göre hesaplanırken, dairesel kolonların eğilme momenti kapasitesi için Biskinis ve M. N. Fardis (2013) paragraf 4 kullanılmıştır

Kesme Kapasitesi

Kolonların kesme kapasitesi ACI 369.1-22 bölüm 4.2.3.1'e göre aşağıdaki ifade ile hesaplanır.

$$V_{Col} = k_{nl} V_{Col0} = k_{nl} \left[\alpha_{Col} \left(\frac{A_v f_{ytL/E} d}{s} \right) + \lambda \left(\frac{6\sqrt{f'_{cL/E}}}{M_{UD}/V_{UD} d} \sqrt{1 + \frac{N_{UG}}{6A_g \sqrt{f'_{cL/E}}}} \right) 0.8A_g \right] (\text{lb/in.}^2\text{birimi})$$

(4.2.3.1) ACI 369.1-22

$$V_{Col} = k_{nl} V_{Col0} = k_{nl} \left[\alpha_{Col} \left(\frac{A_v f_{ytL/E} d}{s} \right) + \lambda \left(\frac{0.5\sqrt{f'_{cL/E}}}{M_{UD}/V_{UD} d} \sqrt{1 + \frac{N_{UG}}{0.5A_g \sqrt{f'_{cL/E}}}} \right) 0.8A_g \right] (\text{Mpa birimi})$$

(4.2.3.1 si) ACI 369.1-22

Bir perde duvarın kesme dayanımı aşağıdaki ifadeden hesaplanır:

$$V_n = A_{cv}\left(\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y\right)$$ (18.10.4.1) ACI 318-19

ACI 318-19 bölüm 11.5.4.3'e göreduvar kesme düzlemindeki herhangi bir yatay kesit için $V_n$değeri, $0.83\sqrt{f'_c}hd$'den büyük alınmayacaktır.

Kiriş kesitlerindeki kesme kapasitesi, ACI 318-19 denkleminden (22.5.1.1) hesaplanır. Burada, enine donatı tarafından sağlanan kesme dayanımı, ACI 318-19 denkleminden (22.5.0.5.5.3) hesaplanır ve beton katkıda bulunduğu kesme dayanımıysaACI 318-19 bölüm 22.5.5.1'te bulunan ayrıntılı hesaplamaların takibiyle elde edilir.

Criteria	V_c		
$A_v \geq A_{v,min}$	Either of:	$\left[0.17\lambda\sqrt{f_c'} + \frac{N_u}{6A_g}\right] b_w d$	(a)
		$\left[0.66\lambda(\rho_w)^{1/3}\sqrt{f_c'} + \frac{N_u}{6A_g}\right] b_w d$	(b)
$A_v < A_{v,min}$	$\left[0.66\lambda_s\lambda(\rho_w)^{1/3}\sqrt{f_c'} + \frac{N_u}{6A_g}\right] b_w d$		(c)

ACI 318-19 Tablo 22.5.5.1

Kullanıcıların diğer parametrelerin tanımı ve ifadelerle ilgili daha fazla ayrıntı için ilgili yayınlara başvurmaları tavsiye edilir.

FRP Sargılama

Kesme dayanımı V_n, kolonlar için ACI 369.1-22'nin (4.2.3.1) ifadesinden, kirişler ve perde duvarlar için ACI 318-14 (22.5.1.1) denkleminden FRP ceketinin katkısını V_s'ye eklenmesi yoluyla hesaplanabilir.

FRP kılıfının kesme direncine katkısı, ACI 440 bölüm 11.4'te açıklandığı gibi, aşağıdaki ifadenin bir indirgeme faktörü olan ψ_f ile çarpılması yoluyla hesaplanır:

$$V_f = \frac{A_{fv} f_{fe} (\sin a + \cos a) d_{fv}}{s_f} \qquad \text{(11.4a) ACI 440}$$

burada

$$A_{fv} = 2nt_f w_f \qquad \text{(11.4b) ACI 440}$$

ve

$$f_{fe} = \varepsilon_{fe} E_f \qquad \text{(11.4d) ACI 440}$$

Enine çelik (Vs) ve FRP kesme katkılarının (Vf) toplamı aşağıda belirtilen azami değeri aşamaz.

$V_s + V_f \leq 8\sqrt{f_c'} b_w d$ (Emperyal birim sistemi)

$V_s + V_f \leq 0.66\sqrt{f_c'} b_w d$ (SI birim sistemi) (11.4.3) ACI 440

Kullanıcıların diğer parametrelerin tanımı ve ifadelerle ilgili daha fazla ayrıntı için ilgili yayınlara başvurmaları tavsiye edilir.

Yığma Elemanları

Tüm yığma elemanı kontrolleri (kesme kapasitesi, eğilme momenti kapasitesi, sıkışma (pinching) kapasitesi ve ötelenme), her katın tüm elemanları için ASCE 41-23 Bölüm 11.3.2 ve Bölüm 9.3.4.1 ve 9.3.5'e göre yapılmalıdır. İlgili elemanlarsa, TMS 402'nin EN1998-1:2004, 4.2.2(1)P, (2) ve (3)'teki tanımlara göre belirlenmiş, birincil veya ikincil olarak kabul edilir.

Kesme Kuvveti Kapasitesi

Donatısız yığma duvarlar

Donatısız yığma duvarların düzlem içi kesme kuvveti kapasitesi, sıralanan ifadelerin en düşüğü olarak dikkate alınır: sallanma (rocking) mukavemeti, yatak kayma (bed-joint) mukavemeti, taban ezilme (toe-crushing) mukavemeti ve diyagonal çekme mukavemeti.

Sallanma (rocking) mukavemeti:

$$Q_{CE} = V_r = 0.9(\alpha P_D + 0.5 P_W) L/h_{eff}$$ (11-9) ASCE 41-23

Yatak (bed-joint) kayma mukavemeti:

$$Q_{CE} = V_{bjs1} = v_{me} A_n$$ (11-10) ASCE 41-23

Çapraz (diyagonal) çekme mukavemeti:

$$Q_{CL} = V_{dt} = f'_{dt} A_n \beta \sqrt{1 + \frac{f_\alpha}{f'_{dt}}}$$ (11-13) ASCE 41-23

Donatısız duvar kirişleri

Donatısız yığma kirişlerin düzlem içi kesme kuvveti kapasitesi, eğilme mukavemeti ve kesme mukavemetinin daha küçük olanı olarak hesaplanır. Ahşap, beton veya çelik pervazları olan ve olmayan dikdörtgen donatısız duvar kirişlerinin düzlem içi eğilme mukavemeti, aşağıdaki denklemlerin minimum değeri olarak belirlenir:

$$V_{f1} = \left(f_t + p_{sp}\right) \frac{h_{sp}^2 b_{sp}}{3 l_{sp}}$$ (11-15) ASCE 41-23

ve

$$V_{fl,r} = \frac{p_{sp} h_{sp}^2 b_{sp}}{l_{sp}} \left(1 - \frac{p_{sp}}{0.85 f_{hm}}\right)$$ (11-17) ASCE 41-23

Donatısız yığma kirişlerin kesme mukavemeti aşağıdaki denklemlerin küçük olanı olarak hesaplanır.

$$V_{s1} = \frac{2}{3}\left(c_{bj} + \mu_f p_{sp}\right) h_{sp} b_{sp}$$ (11-18) ASCE 41-23

ve

$$V_{s2} = \frac{f'_{dt}}{2.3\left(1 + \frac{l_{sp}}{2h_{sp}}\right)} 2\sqrt{1 + \frac{p_{sp}}{f'_{dt} f_{dt}}} h_{sp} b_{sp}$$ (11-19) ASCE 41-23

Denklem (1118), neredeyse tüm kiriş yüksekliği boyunca baş ve yatak derzlerinde çatlakların oluşumu ile ilişkili en büyük kesme mukavemetini tanımlar, duvar birimlerinin kırılması akabindeyse denklem (11-18) kullanılır.

Donatılı Yığma Duvarlar/Kirişler

Donatılı yığma duvarların ve kirişlerin kesme kuvveti kapasitesi aşağıdaki denklemler kullanılarak hesaplanır:

$$V_n = (V_{nm} + V_{ns})\gamma_g$$ (Denklem 9-21) TMS 402

Burada V_n aşağıdabelirtilendeğerleriaşmamalıdır:

- If $M_u/(V_u d_v) \leq 0.25$

$$V_n \leq \left(6 A_{nv} \sqrt{f'_m}\right)\gamma_g$$ (Denklem 9-22) TMS 402

- If $M_u/(V_u d_v) \geq 1.0$

$$V_n \leq \left(4 A_{nv} \sqrt{f'_m}\right)\gamma_g$$ (Denklem 9-23) TMS 402

Kullanıcılara, parametrelerin tanımı ve ifadelerle ilgili daha fazla ayrıntı için ilgili koda başvurmaları tavsiye edilir.

Basınç Kapasitesi

Nominal eksenel mukavemet Denklem 9-19 ve 9-20'den uygun olanını aşmamalıdır.

- h/r oranı 99'dan küçük olan elemanlar:

$$P_n = 0.80\left[0.80f'_m(A_n - A_{st}) + f_y A_{st}\right]\left[1 - \left(\frac{h}{140r}\right)^2\right]$$ (Denklem 9-19) TMS 402

- h/r oranı 99'dan büyük olan elemanlar:

$$P_n = 0.80\left[0.80f'_m(A_n - A_{st}) + f_y A_{st}\right]\left(\frac{70r}{h}\right)^2$$ (Denklem 9-20) TMS 402

Kullanıcılara, parametrelerin tanımı ve ifadelerle ilgili daha fazla ayrıntı için ilgili koda başvurmaları tavsiye edilir.

Eğilme Momenti Kapasitesi

Donatısız yığma duvarların ve kirişlerin eğilme momenti kapasitesi, aşağıdaki ifadeye göre hesaplanan alt sınır ezilme mukavemetine (toe crushing) dayanmaktadır:

$$Q_{CL} = V_{tc} = (\alpha P_D + 0.5P_W)\left(\frac{L}{h_{eff}}\right)\left(1 - \frac{f_\alpha}{0.7f'_m}\right)$$ (11-12) ASCE 41-23

Donatılı yığma duvar ve kirişlerin eğilme momenti kapasitesi, TMS 402, bölüm 9.3.5.2'nin aşağıdaki ifadesine göre hesaplanır:

$$M_n = \left(P_u/\varphi + A_s f_y\right)\left(\frac{t_{sp} - \alpha}{2}\right) + A_s f_y\left(d - \frac{t_{sp}}{2}\right)$$

Burada,

$$\alpha = \frac{A_s f_y + P_u/\varphi}{0.80f'_m b}$$

Yukarıdaki denklemler, merkezlenmiş ve merkezlenmemiş eğilme donatıları için geçerlidir. Merkezlenmiş eğilme donatı durumunda (d = tsp / 2), eğilme momenti kapasitesi şu şekilde elde edilir:

$$M_n = \left(P_u/\varphi + A_s f_y\right)\left(d - \frac{\alpha}{2}\right)$$

Kullanıcılara, parametrelerin tanımı ve ifadelerle ilgili daha fazla ayrıntı için ilgili koda başvurmaları tavsiye edilir.

Ötelenme

Donatısız yığma duvarların ve kirişlerin kapasitesi, ASCE 41-23 Tablo 11-4'ten hesaplanan öteleme cinsinden ifade edilir.

Table 11-4. Nonlinear Procedures: Simplified Force–Deflection Relations for URM In-Plane Walls, Wall Piers[a], and Spandrels with $v_{tL} \geq 30$ lb/in.[2]

	Modeling Parameters					Acceptance Criteria Performance Level		
Limiting Behavior Mode	Residual Strength Ratio	d (%)	e (%)	f (%)		IO (%)	LS (%)	CP (%)
Wall and Wall Pier Rocking[b]	$V_{tc,r}/V_r$	$100\Delta_{tc,r}/h_{eff}$	$100\Delta_{tc,r}/h_{eff}$	$100(\Delta_{tc,r}+\Delta_y)/h_{eff}$	Simplified	0.1	$0.4h_{eff}/L$ but not greater than 1.50%[c]	$0.6h_{eff}/L$ but not greater than 2.25%[d]
					Comprehensive[d]	0.1	$0.6h_{eff}/L$ but not greater than 2.25%	$100\Delta_{tc,r}/h_{eff}$ but not greater than 2.5%
Wall and Wall Pier Bed-Joint Sliding	V_{bjs2}/V_{bjs1}[e]	0.4	1.0	$1.0+100\Delta_y/h$[f]		0.1	0.75	1.0
Spandrels with Prismatic Lintels	$\text{Min}(V_{fl,r}, V_{s,r})/\text{Min}(V_{fl}, V_s)$	0.3	3.0	3.1		0.1	2.25	3.0
Spandrels with Shallow Arch Lintels	$\text{Min}(V_{fl,r}, V_{s,r})/\text{Min}(V_{fl}, V_s)$	0.3	0.75	0.85		0.1	0.56	0.75

[a] Interpolation shall be used between table values.
[b] All rocking walls and wall piers shall comprise a minimum thickness of 6 in. and, for solid brick masonry, a minimum of two wythes. Multi-wythe solid brick walls and wall piers shall be connected with bonded solid headers. $V_{tc,r}$ is the seismic shear force associated with the onset of toe crushing after rocking initiates. The axial compressive stress on the toe caused by gravity loads, f_a, shall be based on the strain of the rocking pier and an equivalent compression zone of the effective net section of the rocking pier that is in bearing immediately before the onset of crushing, consistent with Section 9.3.2(g) of TMS 402, or some other analytical approach based on engineering mechanics and the stress–strain response of the materials that comprise the pier and its interface with supporting components. $\Delta_{tc,r}$ is the lateral displacement associated with the onset of toe crushing $V_{tc,r}$.
[c] In no case shall the LS acceptance criteria exceed 0.75 times the CP acceptance criteria.
[d] Comprehensive acceptance criteria may be used if an analysis based on moment-curvature is used to explicitly calculate $\Delta_{tc,r}$.
[e] V_{bjs1} and V_{bjs2} shall be calculated in accordance with Section 11.3.2.2.2.
[f] Point f on the force–deformation curve where vertical-load-carrying capacity is diminished shall be based on the drift associated with no greater than one-half the width of the masonry units or units at the spring line of masonry arches, assuming that bed-joint sliding occurs entirely within one bed joint in a wall or pier.

ASCE 41-23 Tablo 11-4

Yığma duvar ve kirişler için ötelenme değerleri ASCE 41-23 Tablo 11-7'ye göre dikkate alınır.

Table 11-7. Modeling Parameters and Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures—Reinforced Masonry In-Plane Walls

						Acceptable Drift Ratio (%)[a]		
						Performance Level		
f_{ae}/f_{me}	h_{eff}/L	$\rho_g f_{ye}/f_{me}$	Residual Strength Ratio c	d (%)	e (%)	IO (%)	LS (%)	CP (%)
Wall Components Controlled by Flexure								
0.00	≥2.0	0.01	0.5	2.6	5.3	1.0	3.9	5.3
		0.05	0.6	1.1	2.2	0.4	1.6	2.2
		0.20	0.7	0.5	1.0	0.2	0.7	1.0
	1.0	0.01	0.5	2.1	4.1	0.8	3.1	4.1
		0.05	0.6	0.8	1.6	0.3	1.2	1.6
		0.20	0.7	0.3	0.6	0.1	0.5	0.6
	≤0.5	0.01	0.5	1.6	3.3	0.6	2.5	3.3
		0.05	0.6	0.6	1.3	0.2	0.9	1.3
		0.20	0.7	0.2	0.4	0.1	0.3	0.4
0.038	≥2.0	0.01	0.4	1.0	2.0	0.4	1.5	2.0
		0.05	0.5	0.7	1.4	0.3	1.0	1.4
		0.20	0.6	0.4	0.9	0.2	0.7	0.9
	1.0	0.01	0.4	0.8	1.5	0.3	1.1	1.5
		0.05	0.5	0.5	1.0	0.2	0.7	1.0
		0.20	0.6	0.3	0.6	0.1	0.4	0.6
	≤0.5	0.01	0.4	0.6	1.2	0.2	0.9	1.2
		0.05	0.5	0.4	0.7	0.1	0.5	0.7
		0.20	0.6	0.2	0.4	0.1	0.3	0.4
0.075	≥2.0	0.01	0.3	0.6	1.2	0.2	0.9	1.2
		0.05	0.4	0.5	1.0	0.2	0.8	1.0
		0.20	0.5	0.4	0.8	0.1	0.6	0.8
	1.0	0.01	0.3	0.4	0.9	0.2	0.7	0.9
		0.05	0.4	0.4	0.7	0.1	0.5	0.7
		0.20	0.5	0.2	0.5	0.1	0.4	0.5
	≤0.5	0.01	0.3	0.3	0.7	0.1	0.5	0.7
		0.05	0.4	0.3	0.5	0.1	0.4	0.5
		0.20	0.5	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3
Wall Components Controlled by Shear								
All cases[b]	All cases[b]	All cases[b]	0.4	0.75	2.0	0.4	0.75	1.5

[a] Interpolation shall be used between table values.
[b] For wall components governed by shear, the axial load on the member must be less than or equal to $0.15A_g f'_m$; otherwise, the component shall be treated as force controlled.

ASCE 41-23 Tablo 11-7

KAPASİTE EĞRİSİ

Her bir itme analizi, bir kapasite eğrisiyle sonuçlanır. Kapasite eğrisi tanım olarak, toplam taban kesme kuvvetinin belirli bir kontrol düğüm noktasına (yapı deplasmanının takibinde kullanılacak olan temsili bir düğüm noktası) ait 0 ile kullanıcı tanımlı bir değer (hedef deplasmanın %150'sine denk gelmesi gerekir) arasında tanımlı olan yatay ötelenme arasındaki ilişkidir.

HEDEF YER DEĞİŞTİRME

Hedef yer değiştirme δ_t (ASCE 41-23, § 7.4.3.3), elastik olmayan bir şekilde davranan bir binanın yer değiştirmesini etkileyen tüm ilgili faktörler dikkate alınarak hesaplanacaktır.Doğrulamanın yapıldığı sismik etkilere maruz kalan binanın doğal periyoduna eşit bir periyot ile elastik tek serbestlik dereceli bir sistemin yer değiştirmesinin dikkate alınmasına izin verilir.Ardından, elastik-mükemmel plastik bir sistem olarak yanıt verdiği varsayılan binaya karşılık gelen yer değiştirmeyielde etmek içinse hesaplanan elastik deplasmana uygun bir düzeltme uygulamak gereklidir.

Her kat seviyesinde rijit diyafram bulunan binalar için, hedef yer değiştirme ASCE 41-23'nin (7-29) denklemine göre veya binanın doğrusal olmayan davranışını hesaba katan onaylanmış bir prosedüre göre hesaplanacaktır.

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 S_\alpha \left(\frac{T_e^2}{4\pi^2}\right) g \qquad \text{(7-29) ASCE 41-23}$$

where S_α is the response spectrum acceleration at the effective fundamental period and damping ratio of the building in the direction under consideration, as calculated in Sections 2.4.1 or 2.4.2 of ASCE 41-23, and C_0, C_1 and C_2 are modification factors that are defined as follows:

burada Sa, ASCE 41-23 Bölüm 2.4.1 veya 2.4.2'de hesaplandığı gibi, efektif doğal periyottaki ilgili sönüm oranına sahip tepki spektrumu ivmesidir. C0, C1 ve C2 ise modifikasyon faktörleri olup.aşağıdaki gibi tanımlanmışlardır:

Eşdeğer tek serbestlik derecesi (SDOF) sisteminin spektral yer değiştirmesini, Tablo 7-5'ten uygun değer kullanılarak hesaplanan bina çok serbestlik dereceli (MDOF) sisteminin çatı yer değiştirmesi ile ilişkilendiren modifikasyon faktörü.

Kat sayısı	Kesme tipi binalar		Diğer binalar
	Üçgen yükleme düzeni (1.1, 1.2, 1.3)	Düzgün (dikdörtgen) yükleme düzeni (2.1)	Herhangi br yükleme düzeni
1	1.0	1.0	1.0
2	1.2	1.15	1.2
3	1.2	1.2	1.3
5	1.3	1.2	1.4
10+	1.3	1.2	1.5

Table 7-5 of ASCE 41-23 Tablo 7-5: Values for Modification Factor C_0

C1: Beklenen maksimum elastik olmayan yer değiştirmeleri doğrusal elastik tepki için hesaplanan yer değiştirmelerle ilişkilendirmek için modifikasyon faktörü.0.2s'den küçük periyotlar için, C1'in T=0.2s'deki değerden daha büyük alınmasına gerek yoktur.

T ≥ 1s: C_1=1.0, ve

$$0.2s \le T < 1s: C_1 = 1 + \frac{\mu_{strength} - 1}{\alpha T_e^2}, \qquad \text{(7-30) ASCE 41-23}$$

where α is the site class factor (is equal to 130 for site class A or B, 90 for site class C and 60 for site class D, E, or F), T_e is the fundamental period of the building in the direction under consideration and $\mu_{strength}$ is the ratio of the elastic strength demand to yield strength coefficient calculated in accorgance with equation (7-32) of ASCE 41-23.

α, zemin sınıfı faktörü olduğunda (site A veya B site sınıfları için 130; C sınıfı için 90; D, E veya F sınıfları için 60'a eşittir), T_e binanın söz konusu yöndeki hakim periyodudurve $\mu_{strength}$, ASCE 41-23'nin (7-32) denklemine göre hesaplanan elastik dayanım talebinin akma dayanımı katsayısına oranıdır.

C2: Sıkışmalı (pinched) histerezis şeklinin, tekrarlı rijitlik yitimi ve mukavemet kaybının maksimum yer değiştirme davranışı üzerindeki etkisini temsil eden modifikasyon faktörü.0.7'den büyük periyotlar için C2=1.0 alınır;

$$C_2 = 1 + \frac{1}{800}\left(\frac{\mu_{strength}-1}{T_e}\right)^2 \qquad \text{(7-31) ASCE 41-23}$$

Burada mukavemet oranı olan $\mu_{strength}$aşağıdaki denkleme göre hesaplanır:

$$\mu_{strength} = \frac{S_\alpha}{V_y/W} C_m \qquad \text{(7-32) ASCE 41-23}$$

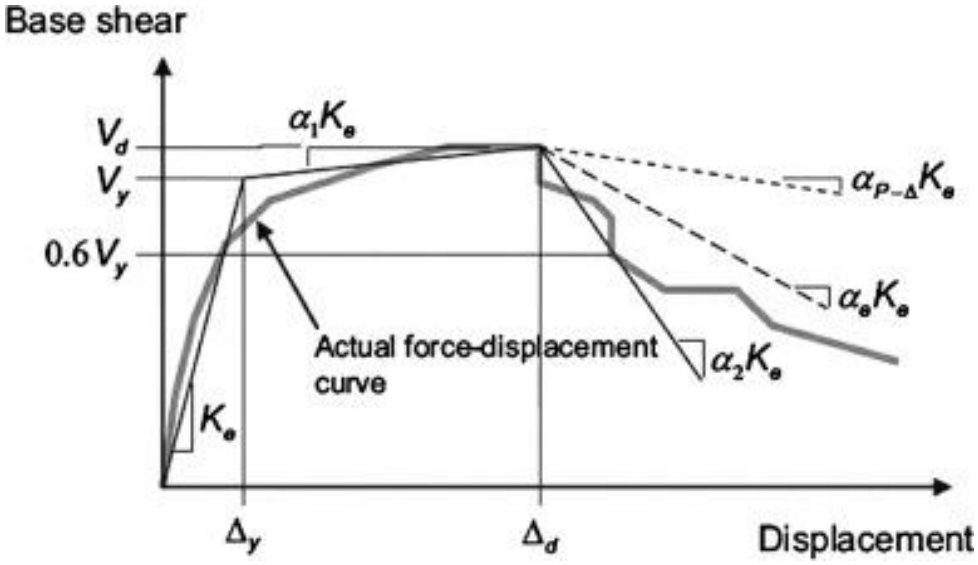
C_m is the effective mass factor efektif kütle faktörü olup deperleri ASCE 41-23 Tablo 7-4'de tanımlıdır.

Kullanıcılara, parametrelerin tanımı ve ifadelerle ilgili daha fazla ayrıntı için ilgili koda başvurmaları tavsiye edilir.

İdealleştirilmiş elasto-plastik kuvvet-yerdeğiştirme ilişkisinin belirlenmesi

Kontrol düğümünün yer değiştirmesi ile taban kesmesini ilişkilendiren doğrusal olmayan kuvvet-yer değiştirme ilişkisi, eşdeğer yatay rijitlik K_e ve buna karşılık gelen akma dayanımı V_y 'nin belirlenmesi için idealleştirilmiş bir eğri ile değiştirilecektir.

İdealleştirilmiş kapasite eğrisinin (kuvvet-yer değiştirme ilişkisi), ilk doğrunun eğiminin Ke'ye ve ikinci doğrunun eğimininse α1Ke'ye eşit olacak şekilde çift doğrusal olarak tanımlanaması önerilir.İki doğrusal eğriyi oluşturan iki doğru, gerçek ve idealleştirilmiş eğrilerin kesiştiği noktanın üstünde ve altında tanımlanan alaneşitliğine dayanarak grafiksel olarak tanımlanabilir (Şekil 7-3, ASCE 41-23).



ASCE 41-23 Şekil 7-3: İdealleştirilmiş Kuvvet-Deplasman Eğrisi

Eşdeğer yatay rijitlik Ke, efektif akma dayanımı olan Vy'nin %60'ına eşit bir taban kesme kuvvetine karşılık gelen sekant rijitlik olarak belirlenir.İkinci doğrunun normalleştirilmiş eğimi (α1), (Vd, Δd) noktasından geçen düz bir çizgi ve gerçek eğrinin üstündeki ve altındaki alanların yaklaşık olarak dengeleneceği şekilde birinci çizgi parçasıyla kesişme noktasındaki bir nokta ile belirlenir.(Vd, Δd),

hesaplanan hedef yer değiştirmede veya maksimum kesmeye karşılık gelen yer değiştirmeya da hdef deplasmana denk gelen gerçek kuvvet-yer değiştirme eğrisi üzerindeki noktadan küçük olan olarak tanımlanır.

Temel periyodun belirlenmesi

Davranış doğrultusundaki efektif temel periyot (T_e), idealleştirilmiş kuvvet-yer değiştirme eğrisi kullanılarak hesaplanır ve aşağıdaki denkleme göre hesaplanır.

$$T_e = T_i\sqrt{\frac{K_i}{K_e}} \qquad \text{(7-28) ASCE 41-23}$$

Burada, T_i elastik temel periyot olup özdeğer (Eigenvalue) analizi yoluyla hesaplanır; K_i ve K_e değerleriyse sırasıyla elastik ve efektif yatay rijitliklerdir.

Ek H3 - NTC-18

Bu ek içerisinde, İtalyan Ulusal Sismik Kodu – NTC-18 'e göre yapıların değerlendirmesi için kullanılan değişkenler gösterilmektedir.

PERFORMANS GEREKLİLİKLERİ

NTC-18'e göre, performans gereklilikleri,dört limit durum aracılığıyla tanımlanan yapıdaki hasar durumunu göstermektedir. Bunlar; İşlevsel Düzey (SLC), Hasar Kısıtlaması (SLD), Can Güvenliği (SLV) ve Göçme Önleme (SLC)olarak isimlendirilir.

Göçme Önleme Sınır Durumu (SLC)

NTC-18'e göre; deprem sonucunda ciddi çatlamalara ve yapısal olmayan bileşenlerin yıkılmasına maruz kalan ve yapısal bileşenlerin ise çok ciddi hasarlar aldığı binada, Göçme Önleme Sınır Durumu (SLC) seçilir. Bu sınır durumunda olan yapılar, düşey yüklere karşı kayda değer bir rijitlik ve mukavemete sahipken, yatay etkilere karşı zayıftırlar ve göçmeye karşı küçük bir güvenlik payına sahiptirler. Uygun seviyede bir korumaya karşılık gelen depremin tekerrür periyodu 975 yıl olup, tehlike seviyesi 50 yılda aşılma olasılığı olarak %5'ye karşılık gelir.

Can GüvenliğiSınır Durumu (SLV)

NTC-18'e göre; deprem sonucunda çatlamalara ve yapısal olmayan bileşenlerin yıkılmasına maruz kalan ve yapısal bileşenlerin ise önemli aldığı binada, Can Güvenliği Sınır Durumu (SLV) seçilir. Bu sınır durumunda olanyapılar, düşey yüklere karşı kayda değer bir rijitlik ve mukavemete sahip; yatay etkilere karşıysa rijitlik/mukavemetlerinin bir kısmını korumaktadırlar. Uygun seviyede bir korumaya karşılık gelen depremin tekerrür periyodu 475 yıl olup, tehlike seviyesi 50 yılda aşılma olasılığı olarak %10'a karşılık gelir.

Hasar Kısıtlaması Sınır Durumu (SLD)

NTC-18'e göre; deprem sonucunda binaların bir bütün olarak kaldığı ve elemanlardaki hasarların yapının ileride kullanımına devam edilmesini engellemeyeceği durumlarda, Sınırlı Hasar Sınır Durumu (SLD) seçilir. Bu sınır durumunda olan yapılar, düşey ve yatay yüklere karşı kayda değer bir rijitlik/mukavemete sahiptirler. Yapı içerisindeki donanımdaki hasardan dolayı yapı işlevinde kısa bir kısıntıya rastlanır. Uygun seviyede bir korumaya karşılık gelen depremin tekerrür periyodu 50 yıl olup, tehlike seviyesi 50 yılda aşılma olasılığı olarak %63'e karşılık gelir.

İşlevsel Düzey Sınır Durumu (SLO)

NTC-18'e göre; deprem sonucunda binaların bir bütün olarak kaldığı, yapısal veya yapısal olmayan elemanlarda hasara rastlanmıadığı, yapı içerisindeki donanımın işlemeye devam ettiği, yapının deprem sonrası herhangi bir süre geçmeksizin kullanılabileceği durumlarda, İşlevsel Düzey Sınır Durumu (SLO) seçilir. Uygun seviyede bir korumaya karşılık gelen depremin tekerrür periyodu 30 yıl olup, tehlike seviyesi 50 yılda aşılma olasılığı olarak %81'e karşılık gelir.

YAPISAL DEĞERLENDİRMELER İÇİN BİLGİLER

Makul analiz tipini ve uygun güvenlik faktör değerlerini seçmek için, aşağıda belirtilen üç bilgi düzeyi tanımlanmıştır:

- KL1: Sınırlı Bilgi
- KL2: Yeterli Bilgi

- KL3: Kapsamlı Bilgi

Mevcut bilgi düzeyini etkileyen etmenler şöyle sıralanabilir: (i) geometri: yapısal systemin ve yapısal olmayan elemanların (ör: yapısal davranışa etkisi olabilecek yığma paneller) geometrik özelliklerini temsileder; (ii) yapısal detaylar: betonarme kesitlerdeki donate miktarı ve detayı, kat diyaframlarının yatay yük taşıyan yapısal elemanlara bağlantıları, yığma elemanlarda parçaları birbirine bağlayan harcın özelliği ve yine yığma elemanlarda donate bulunup/bulunmaması; (iii) malzemeler: yapısal sistemde bulunan malzemelerin mekanik özellikleri.

KL1: Sınırlı Bilgi

İlgili bilgi düzeyinde, genel yapı geometrisi ve eleman boyutları saha araştırmalarından veya inşaat ve takibi modifikasyonları içeren işsonu çizimlerden elde edilmiş olup, ilgili parametreler sahada yeterli miktarda tekrarlanan örneklerle teyit edilir. İşsonu çizimlerle saha incelemeleri arasında ciddi farklar tespit edilmesi durumunda, daha detaylı bir saha incelemesi yapılır. Diğer yapısal detaylarsa teknik çizimlerden elde edilememiştir ve ilgili detayların proje zamanında yaygın olan tasarım koşullarına uyduğu varsayılır. Mevcut duruma ait olarak varsayımlar, yapıdaki en kritik elemanlarla sınırlı olmak şartıyla teyit edilir. Malzeme parametreleri bilinmediğinden dolayı inşaa zamanının standartları ve en kritik elemanlar için yapılan sınırlı saha araştırmaları doğrultusunda tahmini olarak belirlenir.

Bu bilgi durumuna karşılık gelen yapısal değerlendirme, statik ya da dinamik doğrusal analiz yöntemleri aracılığıyla gerçekleştirilir.

KL2: Yeterli Bilgi

İlgili bilgi düzeyinde, genel yapı geometrisi ve eleman boyutları detaylı saha araştırmalarından veya inşaat ve takibi modifikasyonları içeren iş sonuç izimlerden elde edilmiş olup, ilgili parametreler sahada yeterli miktarda tekrarlanan örneklerle teyit edilir. Diğer yapısal detaylarsa detaylı saha araştırmalarından veya eksik olan detaylı proje çizimleriyle kritik elemanlar için sınırlı sayıda yapılmış ve eldeki bilginin mevcut durumla teyidini sağlayan saha gözlemlerinden elde edilir. Malzeme parametrelerine ilişkin bilgilere genişletilmiş saha araştırmalarından veya iş sonu proje çizimlerinin sınırlı saha araştırması kombinasyonu ile ulaşılır.

Bu bilgi durumuna karşılık gelen yapısal değerlendirme, statik ya da dinamik doğrusal veya doğrusal olmayan analiz yöntemleri aracılığıyla gerçekleştirilir.

KL3: Kapsamlı Bilgi

İlgili bilgi düzeyinde, genel yapı geometrisi ve eleman boyutları kapsamlı saha araştırmalarından veya eksiksiz olarak bulunan inşaat ve takibi modifikasyonları içeren iş sonuç izimlerden elde edilmiş olup, ilgili parametreler sahada yeterli miktarda tekrarlanan örneklerle teyit edilir. Diğer yapısal detaylarsa kapsamlı saha araştırmalarından veya eksiksiz olarak bulunan detaylı proje çizimleriyle kritik elemanlar için sınırlı sayıda yapılmış ve eldeki bilginin mevcut durumla teyidini sağlayan saha gözlemlerinden elde edilir. Malzeme parametrelerine ilişkin bilgilere kapsamlı saha araştırmalarından veya iş sonu proje çizimlerinin sınırlı saha araştırması kombinasyonu ile ulaşılır.

Bu bilgi durumuna karşılık gelen yapısal değerlendirme, statik ya da dinamik doğrusal veya doğrusal olmayan analiz yöntemleri aracılığıyla gerçekleştirilir.

Güvenilirlik (Bilgi Düzeyi) Katsayıları

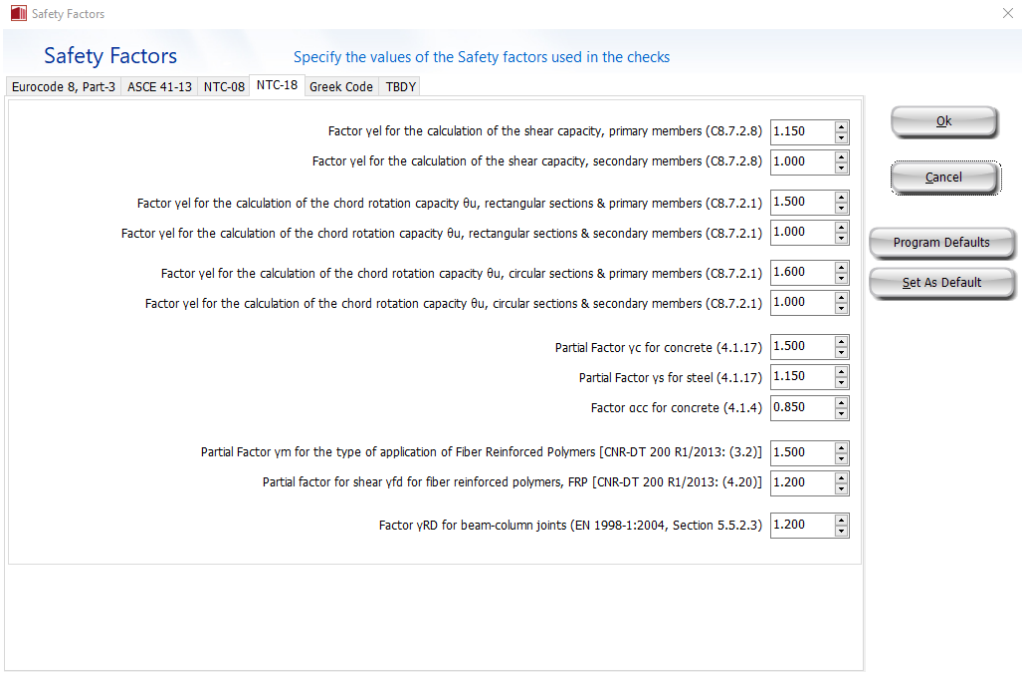
Aşağıda gösterilen NTC-18 Yorum C8A.1.B.3 kısımındaki tabloda, her bir bilgi düzeyi için olmak üzere, güvenilirlik katsayıları ve analiz yöntemleri için öneriler ve bir özet bulunmaktadır.

Bilgi Düzeyi	Geometri	Detaylar	Malzemeler	Analiz	Katsayı
LC1	**Örnek görsel inceleme ile orijinal taslak inşaat çizimlerinden veya tam incelemeden**	Sınırlı yerinde controller ve dönem standartları ile uyumlu Proje	Sınırlı yerinde kanıt ve dönem bina pratiği için olağan değerler	statik veya dinamik lineer analiz	1.35
LC2		Sınırlı yerinde kontroller veya geniş yerinde kontroller ile tamamlanmamış inşaat çizimleri	Sınırlı yerinde kanıt veya geniş yerinde test ile orijinal proje şartnamelerinden veya orijinal test sertifikaları tarafından	Hepsi	1.20
LC3		Sınırlı yerinde kontroller veya kapsamlı yerinde testler ile tam inşaat çizimleri	Geniş yerinde testler veya geniş yerinde denemeler ile original test sertifikaları tarafından veya projenin orijinal şartnamelerinden	Hepsi	1.00

NTC-18 Yorum Tablo C8.5.IV - Betonarme veya çelik binalar için izin verilen güven faktörü değerlerinin, birbirini izleyen analiz yöntemlerinin ve mevcut bilgilerin bir fonksiyonu olarak Bilgi Düzeyleri

Güvenlik Katsayıları

Güvenlik kaysayıları değerleri ve uygulanan Kod ifadeleri, ilgili butondan açılan diyalog kutusu aracılığıyla belirtilebilir. Varsayılan güvenlik katsayıları değerleri, NTC-18'de tanımlanan değerlerdir.



Güvenlik Katsayıları modülü

DEĞERLENDIRME VE KONTROLLER IÇIN KAPASITE MODELLERI

Bütünelemankontrolleri (eleman dönme kapasitesi ve kesme kapasitesi), NTC-18'deki bölüm 4.1.2.1.5 ve Yorum C8.7.2.3'e göre, bütün elemenları birincil veya ikincil (NTC-18 bölüm C7.2.3) sismik elemanlar olarak düşünerek, her katın bütün elemanları için uygulanmalıdır.

Deformasyon Kapasitesi

Kirişlerin, kolonların ve duvarların deformasyon kapasitesi, eleman dönmesi θ cinsinden tanımlanır. Bu, akma ucundaki eksene teğet yer ile elemanın bu uca kesme açıklığı ucu ile temas ettiği aradaki açıdır (L_V=M/V=kesit ucundaki moment/kesme). Eleman dönmesi, akma ucundaki değere göre kesme açıklığının sonundaki eğilmemin kesme açıklığına bölünmesi olan eleman öteleme oranına da eşittir.

Kirişlerin ve kolonların deformasyon kapasitesi, donatı tipinin (düz donatı ya da soğuk işlenmiş gevrek çelik) yanı sıra boyuna donatıdaki uygun sismik dayanıklı detaylandırma eksikliği tarafından da yüksek oranda etkilenir. Açıklık (kirişler) ve yükseklik (kolonlar) boyunca olan yetersiz ekleme ve kiriş-kolon birleşmelerinin içine yetersiz gömme, elemanın sismik eyleme olan tepkisini, donatının tamament efektif olduğu duruma göre kapasitesini sınırlandırmayı kontrol edebilir. Deformasyon kapasinde yukarıdaki sınırlamalar dikkate alınır.

Göçme önleme limit durum (SLC) için olan eleman dönmesi kapasitesi için değer, tekrarlı yükleme altında beton elemanların toplam eleman dönmesi (elastik artı eastik olmayan kısım) değeridir. Bu değer, aşağıdaki ifadeden hesaplanır:

Kirişler ve kolonlar için:

$$\theta_u = \frac{1}{\gamma_{el}} \cdot 0{,}016 \cdot (0{,}3^{\nu}) \left[\frac{\max(0{,}01;\omega')}{\max(0{,}01;\omega)} f_c\right]^{0{,}225} \cdot \left(\frac{L_V}{h}\right)^{0{,}35} 25^{\left(\alpha\rho_{sx}\frac{f_{yw}}{f_c}\right)} (1{,}25^{100\rho_d})$$

(8.7.2.1) NTC-18 Yorum

γ_{el}, birincil sismik elemanlar için 1,5'e ve ikincil sismik elemanlar için ise 1,0'e eşit olduğu yerde;L_V eğilme momenti, M, ile kesme kuvveti,V arasındaki orandır. Geriye kalan alakalı değişkenler, NTC-18'in C8.7.2.3.2 kısmında tanımlanır.

Duvarlarda, yukarıdaki ifadede verilen değer, 1,6'ya bölünmelidir.

Can güvenliği limit durumuna (SLV) karşılık gelen eleman dönme kapasitesi, yukarıdaki denklemden hesaplanan nihai eleman dönmesinin ¾'ü olarak varsayılır.

İşlevsel düzey limit durumuna (SLO) ve hasar kısıtlaması limit durumuna (SLD) karşılık gelenkapasite, akma eleman dönmesi tarafından verilir ve şu şekilde değerlendirilir:

Kirişler ve kolonlar için:

$$\theta_y = \varphi_y \frac{L_V}{3} + 0{,}0013\left(1 + 1{,}5\frac{h}{L_V}\right) + 0{,}13\varphi_y \frac{d_b f_y}{\sqrt{f_c}}$$

(8.7.2.7a) NTC-18 Yorum

Duvarlar için:

$$\theta_y = \varphi_y \frac{L_V}{3} + 0{,}002\left(1 - 0{,}125\frac{L_V}{h}\right) + 0{,}13\varphi_y \frac{d_b f_y}{\sqrt{f_c}}$$

(8.7.2.7b) NTC-18 Yorum

γ_{el}, birincil sismik elemanlar için 1,5'e ve ikincil sismik elemanlar için ise 1,0'e eşit olduğu yerde;L_V eğilme momenti, M, ile kesme kuvveti,V arasındaki orandır. Geriye kalan alakalı değişkenler, NTC-18'in C8.7.2.3.4 kısmında tanımlanır.

Uç kesitteki akma eğriliği, basınç bölgesinin sabit genişlikte olduğu kesitler için ve olan aşağıdaki ifadeye göre hesaplanır.

$$\varphi_y = (1/r)_y = \frac{f_y}{E_s(1-\xi_y)d}$$

Basınçta betonun deformasyon doğrusalsızlıklarından dolayı kesit akarsa, bu, kenar basınç lif deformasyonunun $\varepsilon_c \approx 1{,}8\, f_c/E_c$'nundan büyük olduğu durum içindir, o zaman akma eğriliği aşağıda verilen ifadeye göre hesaplanır:

$$\varphi_y = (1/r)_y = \frac{\varepsilon_c}{\xi_y d} \approx \frac{1{,}8 f_c}{E_c \xi_y d}$$

Yukarıdaki denklemlerden gelen iki değerin en küçüğü, eleman dönme kapasitesi hesabı için kullanılır.

NTC-18 YorumC8.7.2.3.2'e göre, eleman dönme kapasitesi boyuna donatıların tipi gibi birtakım farklı faktörlerden yüksek derecede etkilenmektedir. Eğer pürüzsüz (düz) boyuna donatılar uygulanırsa, nihai eleman dönmesi NTC-18 'deki denklem 8.7.2.4'ten hesaplanan faktör ile çarpılmalıdır. Ayrıca, 8.7.2.3'deki faktör uygulanarak boyuna donatıların iyice bindirilip bindirilmediği, dikkate alınmalıdır. Uygun sismik dirençli detaylandırma eksikliğine sahip elemanların olması durumunda, eleman dönme kapasitesinin plastik kısmı 0,85 ile çarpılır.

Dairesel kolon kesitleri durumunda, yukarıdaki denklemler, elemanların dönme kapasite hesapları için kullanılamaz. SeismoStruct'da, θ_y veθ_u için, D. Biskinis and M.N. Fardis [2013] tarafından önerilen aşağıdaki denklemler kullanılmıştır.

$$\theta_y = \varphi_y \frac{L_V + \alpha_V z}{3} + 0{,}0027\left(1 - \min\left(1; \frac{2}{15}\frac{L_s}{D}\right)\right) + \alpha_{sl}\frac{\varphi_y d_{bL} f_y}{8\sqrt{f_c}}$$

$f_y$ve $f_c$değerlerinin MPA cinsindenolduğuyerde, eğerV_{Rc}<V_{My}ise, α_V=1'dir. Diğer türlü ise,α_V=0 ve V_{Rc} Eurocode 2 (CEN 2004)'ye göre hesaplanır ve eğer çekme donatılarını, ankraj bölgelerinden akmanın ötesinde çıkarmak fiziksel olarak imkansızsa, α_{sl}=0'dır. Diper türlü ise, α_{sl}=1'dir.

$$\theta_u = \left(\theta_y + (\varphi_u - \varphi_y) L_{pl}\left(1 - 0.5\, L_{pl}/L_s\right) + \alpha_{sl}\Delta\theta_{u,slip}\right)/\gamma_{el}$$

γ_{el}değerinin, birincil sismik elemanlar için 2.0'ye ve ikincil sismik elemanlar için 1.0'e eşit olduğu yerde, $\Delta\theta_{u,slip}$veL_{pl}aşağıdakidenklemleregörehesaplanır:

$$\Delta\theta_{u,slip} = 10 d_{bl}\left(\varphi_u + \varphi_y\right)/2$$

$$L_{pl} = 0.6D\left[1 + \frac{1}{6}\min\left(9; \frac{L_s}{D}\right)\right]$$

Kullanıcılara, ifadeler üzerine daha fazla ayrıntılı bilgiler ve diğer değişkenlerin tanımı için, ilgili yayınlara bakmaları tavsiye edilir.

Betonarme Mantolama

Mantolanmış elemanlar için kapasite kontrollerinde ele alınan M_y^*, $\theta_y^*$and θ_u^* değerleri NTC-18 kodunun yorum bölümde bulunan yorum C8.7.2.3.2 kısmına göre ele alınır ve kısım C8.7.4.2.1'deki denklemler kullanılır. Buna göre:

Akma momenti:

$M_y^* = 0.9 M_y$ (8.7.4.2) NTC-18 Yorum

Akma durumundaki eleman dönmesi:

$\theta_y^* = 0.9\theta_y$ (8.7.4.3) NTC-18 Yorum

Nihai eleman dönmesi:

$\theta_u^* = \theta_u$ (8.7.4.4) NTC-18 Yorum

Lifli Polimer (FRP) Sargılama

Lifli polimer sargılama yoluyla elemanlara eklenen ilave kapasite EN 1998-3:2005'in Ek A'sına göre hesaplanır.

Lifli polimer sargılamanın elemanın (NTC-18'nin yorum kısmında bulunan C8.7.4.2.3 denklemlerine göre hesaplanan) eğilme kapasitesine olan etkisi göz ardı edilir.

Köşeleri yuvarlanmış olan dikdörtgen kesitlere ait toplam dönme kapasitesi ve plastik dönme değerleri NTC-18 Yorum 8.7.2.1 denklemlerine göre hesaplanır. İlgili hesaplarda, sargı donatısına ait terimin üssü $\alpha\rho_f f_{f,e}$ ifadesiyle artırılır. Burada, α etkili sargılama katsayısı, ρ_f yükleme doğrultusunda bulunan lifli polimer oranı, $f_{f,e}$ ise EC8:Kısım 3-Denklem (A35)'de tanımlanan gerilme etkinliğidir.

Eğilme Momenti Kapasitesi

Prizmatik kesitli kirişlerin, kolonların ve duvarların eğilme momenti kapasitesi D. Biskinis ve M. N. Fardis (2009) paragraf 4.1'e göre hesaplanırken, dairesel kolonların eğilme momenti kapasitesi için Biskinis ve M. N. Fardis (2013) paragraf 4 kullanılmıştır

Kesme Kapasitesi

Kesme kapasitesi, NTC-18'deki kısım 4.1.2.3.5'e göre ve Yorum C.8.7.2.3.5'e göre süneklik istemine bağlı olarak aşağıdaki ifade aracılığıyla hesaplanır.

Süneklik isteminin 1'den küçük olduğu durumlarda, kesme kapasitesi, enine donatı dikkate alınmadan elemanlara karşılık gelen NTC-18'in 4.1.23 denkleminden hesaplanır:

$$V_{Rd} = \left\{\left[0{,}18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}/\gamma_c + 0{,}15 \cdot \sigma_{cp}\right] \cdot b_w \cdot d;\ (v_{min} + 0{,}15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d\right\}$$

(4.1.23) NTC-18

Süneklik talebinin değeri 1 ile 2 arasında olduğunda, kesme kapasitesi NTC-18'in 4.1.29 ve NTC-18'in yorumunun 8.7.2.8 denklemlerinden elde edilen maksimum (azami) değere eşittir. NTC-18'in 4.1.29 denklemleri, enine donatı dikkate alınması yoluyla elde edilen kesme dayanımına karşılık gelir.

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$$ (4.1.29) NTC-18

burada V_{Rsd}kesme donatısı katkısına karşılık gelen kesme dayanımıdır ve aşağıdaki denkleme göre hesaplanır:

$$V_{Rsd} = 0{,}9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\mathrm{ctg}\alpha + \mathrm{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$$ (4.1.27) NTC-18

ve V_{Rcd}, sargılı beton çekirdeğine karşılık gelen kesme dayanımıdır ve aşağıdaki denkleme göre hesaplanır:

$$V_{Rcd} = 0{,}9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot \nu \cdot f_{cd} \cdot (\mathrm{ctg}\alpha + \mathrm{ctg}\theta)/(1 + \mathrm{ctg}^2\theta)$$ (4.1.28) NTC-18

NTC-18 yorumunun 8.7.2.8 denklemi, süneklik talebinin plastik kısmından kaynaklanan azalmayı hesaba katarak etriyeler tarafından kontrol edilen kesme kapasitesine karşılık gelir.

$$V_R = \frac{1}{\gamma_{el}}\left[\frac{h-x}{2L_V}\min(N; 0{,}55A_c f_c) + \left(1 - 0{,}05\min\left(5; \mu_{\Delta,pl}\right)\right) \cdot \left[0{,}16\max(0{,}5; 100\rho_{tot})\left(1 - 0{,}16\min\left(5; \frac{L_V}{h}\right)\right)\sqrt{f_c}A_c + V_w\right]\right]$$

(8.7.2.8) NTC-18 Yorumu

burada γ_{el}, birincil sismik elemanlar için 1,15'e ve ikincil sismik elemanlar için 1,0'a eşit olduğunda, diğer değişkenler NTC-18 yorumunun C.8.7.2.3.5 bölümünde tanımlandığı gibi hesaplanır.

Süneklik talebi 3'ten büyükse, kesme kapasitesi NTC-18 yorumunun 8.7.2.8 denkleminden hesaplanır. Son olarak, 2 ile 3 arasındaki süneklik talebi değerleri için doğrusal interpolasyon yapılmalıdır.

Betonarme Mantolama

Mantolanmış elemanlara ait kesme kapasitesi kontrolleri NTC-18 Yorum C8.7.4.2.1'de bulunan ve aşağıda da belirtilmiş olan denkleme göre ele alınır:

$$V_R^* = 0.9V_R$$ NTC18, Yorum(C8A.7.1)

Lifli Polimer (FRP) Sargılama

Tersinir yükleme altındaki kesme dayanımı NTC-18 Bölüm 4.1 takip edilerek, lifli polimer mantolamanın etkisinin V_w'ye eklenmesi yoluyla bulunur. Lifli polimerlerle tamamen sargılanmış elemanlarda V_w hesaplanırken aşağıda da belirtilmiş olan CNR-DT 200 R1/2013 Denklem 4.19 takip edilir.

$$V_{Rd,f} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \cdot 0.9 \cdot d \cdot f_{fed} \cdot 2 \cdot t_f \cdot (\cot\theta + \cot\beta) \cdot \sin\beta$$

Yığma Elemanları

Tüm yığma eleman kontrolleri (kesme kapasitesi, eğilme momenti ve ötelenme), her katın tüm elemanları için NTC-18'in 7.8.2.2 ve 7.8.3.2'si ve Bölüm Yorum C8.7.1.1.3.1.1'e göre yapılmalıdır.

Kesme Kuvveti Mukavemeti (Kapasitesi)

N eksenel yükü altında eğilme ile kontrol edilen donatısız yığma duvarların kesme kuvveti mukavemeti (kapasitesi) aşağıdaki ifadeye göre hesaplanır:

Donatısız Yığma Duvarlar

NTC-18 bölüm 7.8.2.2.2'de ve EC6 bölüm 6.2'de açıklandığı gibi, bloklu duvarlar için yazılan Mohr-Coulomb denklemi:

$$V_t = l' t f_{vd} \qquad \text{(7.8.3) NTC-18}$$

Düzensiz duvarlar (düzensiz taşlar) ve mevcut düzenli duvarlar (tuğlalar, düzenli taşlar) için NTC-18 yorumunun C8.7.1.3.1.1 bölümünde açıklandığı gibi Turnšek-Čačovič denklemi:

$$V_t = l \cdot t \frac{1.5\tau_{0d}}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{1.5\tau_{0d}}} = l \cdot t \frac{f_{td}}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{f_{td}}}$$

Mevcut düzenli duvarlar (tuğlalar, düzenli taşlar) için, NTC-18 yorumunun C8.7.1.3.1.1 bölümünde belirtilen Mann-Müller denklemi:

$$V_t = \frac{lt}{b}\left(\tilde{f}_{v0d} + \tilde{\mu}\sigma_0\right) = \frac{lt}{b}\left(\frac{f_{v0d}}{1+\mu\varphi} + \frac{\mu}{1+\mu\varphi}\sigma_0\right) \leq V_{t,lim} \qquad \text{(8.7.1.24) commentary of NTC-18}$$

Bazı durumlarda, yukarıdaki farklı ifadeler arasından en düşük (asgari) olanı almak gerekir.Örneğin, tuğlalı güçlendirilmemiş yığma duvarların mevcudiyeti durumunda NTC-18, Turnšek-Čačovič ve Mann-Müller kriterlerinin düşüğünü dikkate almayı gerektirir.

Donatılı Yığma Duvarlar

Güçlendirilmiş yığma duvarların kesme kapasitesi, NTC-18, bölüm 7.8.3.2.2'ye göre, yığma (Vt,M) ve donatının (Vt,S) katkısının toplamı olarak aşağıdaki ifadeye göre hesaplanır.

$$V_t = V_{t,M} + V_{t,S} \qquad \text{(7.8.7) NTC-18}$$

burada:

$$V_{t,M} = d \cdot t \cdot f_{vd} \qquad \text{(7.8.8) NTC-18}$$

ve

$$V_{t,S} = \left(0{,}6 \cdot d \cdot A_{sw} \cdot f_{yd}\right)/s \qquad \text{(7.8.9) NTC-18}$$

, kesme kapasitesi aşağıdaki değeri geçmemelidir:

$$V_{t,c} = 0{,}3 \cdot f_d \cdot t \cdot d \qquad \text{(7.8.10) NTC-18}$$

Kullanıcıların, parametrelerin tanımı ve ifadelerle ilgili daha fazla ayrıntı için ilgili yönetmeliğe (koda) başvurmaları tavsiye edilir.

Eğilme Momenti Kapasitesi

Donatısız yığma duvarların eğilme momenti kapasitesi aşağıdaki ifadeye göre hesaplanmıştır:

$$M_u = \left(l^2 \cdot t \cdot \frac{\sigma_0}{2}\right)\left(1 - \frac{\sigma_0}{0{,}85 f_d}\right) \qquad (7.8.2)\ \text{NTC-18}$$

Donatısız kirişlerin eğilme momenti kapasitesi aşağıdaki ifadeye göre hesaplanır:

$$M_u = H_p \cdot \frac{h}{2} \cdot \left[1 - \frac{H_p}{(0{,}85 \cdot f_{bd} \cdot h \cdot t)}\right] \qquad (7.8.5)\ \text{NTC-18}$$

Yığma duvarların ve donatılı kirişlerin eğilme momenti kapasitesi, TMS 402, Bölüm 9.3.5.2'de bulunan aşağıdaki ifadeye göre hesaplanır:

$$M_n = \left(P_u/\varphi + A_s f_y\right)\left(\frac{t_{sp} - \alpha}{2}\right) + A_s f_y \left(d - \frac{t_{sp}}{2}\right)$$

burada

$$\alpha = \frac{A_s f_y + P_u/\varphi}{0.80 f'_m b}$$

Yukarıdaki denklemler hem merkezde hem de merkezde bulunmayan boyuna donatı durumları için geçerlidir.Boyuna donatının merkezde bulunması durumunda (d=tsp/2), eğilme momenti kapasitesi şu şekilde elde edilir:

$$M_n = \left(P_u/\varphi + A_s f_y\right)\left(d - \frac{\alpha}{2}\right)$$

Kullanıcıların, parametrelerin tanımı ve ifadelerle ilgili daha fazla ayrıntı için ilgili yönetmeliğe (koda) başvurmaları tavsiye edilir.

Ötelenme

Yığma duvarların kapasitesi ötelenme cinsinden ifade edilebilir. NTC-18'in 7.8.2.2.1 ve 7.8.3.2.1 bölümlerine göre, eğilme ile kontrol edilen yığma duvarlar için öteleme, donatısız duvarlar için 0,01 ve donatılı duvarlar için 0,016'ya eşit alınmıştır. Ayrıca, NTC-18'in 7.8.2.2.2 ve 7.8.3.2.2 bölümlerine göre, kesme ile kontrol edilen yığma duvarlar için öteleme, donatısız duvarlar için 0,005 ve donatılı duvarlar için 0,008 olarak alınmıştır.

KAPASİTE EĞRİSİ

Her biritme analizi, bir kapasite eğrisiyle sonuçlanır. Kapasite eğrisi tanım olarak, toplam taban kesme kuvvetinin belirli bir kontrol düğüm noktasına (yapı deplasmanının takibinde kullanılacak olan temsili bir düğüm noktası) ait 0 ile kullanıcı tanımlı bir değer (hedef deplasmanın %150'sine denk gelmesi gerekir) arasında tanımlı olan yatay ötelenme arasındaki ilişkidir.

HEDEF YER DEĞİŞTİRME

Hedef yer değiştirme, eş değer tek serbetlik dereceli sistemin yer değiştirmesi cinsinden, elastik tepki spektrumundan gelen sismik talep olarak tanımlanır. Çoklu serbertlik dereceli sistemin hedef yer değiştirmesini tanımlamak için, NTC-18'deki C7.3.4.2'ye göre belirli sayıda adımın takip edilmesi gerekmektedir.

Normalize edilmiş yanal kuvvetler F_i ile normalize edilmiş yer değiştirmeler Φ_i arasındaki ilişki aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$F_i = m_i \Phi_i$$

m_i, i-nci kattaki kütleyi göstermektedir.

Yer değiştirmeler, Φ_n=1 şeklinde normalize edilir. Burada, n kontrol düğümünüdür ve dolayısı ile, F_n=m_n.

Eşdeğer Tek SerbestlikDereceli (SD) sisteme dönüştürme

Dönüşüm katsayısı şu şekilde verilmiştir:

$$\Gamma = \frac{\varphi^T M \tau}{\varphi^T M \varphi} \qquad \text{(C7.3.5) NTC-18 Yorum}$$

T vektörü, dikkate alınan deprem yönüne karşılık gelen deformasyon vektörüdür.φ vektörü, normalleştirilmiş yerleştirme d_c = 1 olangerçeksistemintemel mod vibrasyonunu ve matris M ise gerçek sistemin matris kütlesini göstermektedir.

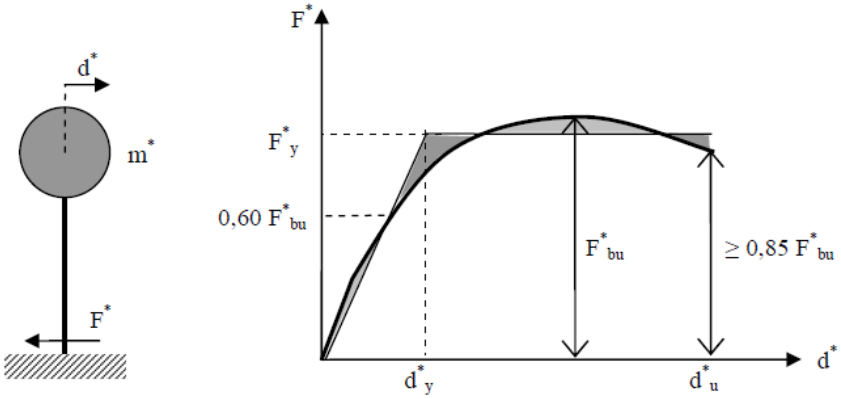
Eşdeğer Tek Serbestlik Dereceli sistemin kuvvet F* ve yerdeğiştirmesi d* şu şekilde hesaplanır:

$$F^* = F_b/\Gamma$$
$$d^* = d_c/\Gamma \qquad \text{(C7.3.4) NTC-18 Yorum}$$

F_b, kontrol düğümündeki taban kesme kuvveti ve d_c ise çoklu SD sistemin yer değiştirmesidir.

İdealleştirilmiş elasto-plastik kuvvet-yerdeğiştirme ilişkisinin belirlenmesi

İdealleştirilmiş tek SD sisteminin nihai mukavemetini de temsil eden akma kuvveti F_y^*, plastik mekanizma oluşumunda taban kesme kuvvetine eşittir. idealleştirilmiş sistemin ilk rijitlik, gerçek ve idealleştirilmiş kuvvet-deformasyon eğrilerinin birbirine eşit olduğu yerin altında kalan alan ile bulunur(aşağıda NTC-18'in C7.3.1 figüründe gösterildiği gibi).



NTC-18 Şekil C7.3.1: NTC-18'inİdealleştirilmiş elasto-tam plastik kuvvet-yerdeğiştirme ilişkisinin belirlenmesi

Eşdeğer sistemin kapasite eğrisi, idealleştirilmiş bilineer bir eğri ile değiştirilmelidir. Bu eğri, lineer ilk kısıma ve elastik, tam plastik, ikinci kısıma sahiptir(bkz. Fig. C7.3.1). İdealleştirilmiş kapasite eğrisi, iki nokta tarafından tanımlanır. Birincisi, $0{,}6F_{bu}^*$'e denk gelmektedir. $F_{bu}^* = F_{BU}/\Gamma$, eşdeğer sistemin azami direnci ve F_{BU} ise gerçek yapısal sistemin azami direncidir. İkinci nokta, akmamukavemetineF_y^* denk gelmektedir. Bu, ≤$0{,}15F_{bu}$ olan bir dayanım azalmasına denk gelen azami yer değiştirme için gerçek ve idealleştirilmiş eğrilerin kesişiminin altında ve üstünde tanımlanan, kesitlerin yaklaşık olarak eşit alanları kriterinde, grafiksel olarak tanımlanabilir.

İdealleştirilmiş eşdeğer Tek SD sisteminin periyodunun belirlenmesi

İdealleştirilmiş eşdeğer tek SD sistemin periyodu T^* şu şekilde bulunur:

$$T^* = 2\pi\sqrt{\frac{m^*}{k^*}} \qquad \text{(C7.3.6) NTC-18}$$

k^*, bilineer eğrinin elastik kısmının rijitliğidir.

Eşdeğer Tek SD sistemi için hedef yer değiştirmenin belirlenmesi

Hedef yer değiştirmeyi d^*_{max} belirlemek için, kısa periyot aralığında olan yapılar için ve orta ve uzun periyot aralığında olan yapılar için, aşağıda gösterildiği gibi, farklı ifadeler kullanılmalıdır. Kısa ve orta periyot aralığı arasındaki köşe periyodu T_C olarak gösterilir.

Periyodu $T^* \geq T_C$ olan yapıların hedef yer değiştirmesi şu şekilde verilmiştir:

$$d^*_{max} = d^*_{e,max} = S_{De}(T^*) \qquad \text{(C7.3.7) NTC-18}$$

ile $S_{De}(T^*) = S_e(T^*)\left[\frac{T^*}{2\pi}\right]^2$ (3.2.12) NTC-18

$S_e(T^*)$, T^* periyodundaki elastik ivme tepki spektrumunu göstermektedir.

Periyodu T*<TC olan yapıların hedef yer değiştirmesi şu şekilde verilmiştir:

$$d^*_{max} = \frac{d^*_{e,max}}{q^*}\left[1 + (q^* - 1)\frac{T_C}{T^*}\right] \geq d^*_{e,max} \qquad \text{(C7.3.8) NTC-18}$$

$q^* = S_e(T^*)\, m^*/F^*_y$, sınırsız elastik davranışlı yapıdaki ivme, $S_e(T^*)$, ile sınırlı mukavemetli yapı F_y^*/m^* arasındaki orandır.

$q^* \leq 1$ olduğu durumda, $d^*_{max} = d^*_{e,max}$'dir.

Çoklu SD sistemi için hedef yer değiştirmenin belirlenmesi

Çoklu SD sistemin hedef yer değiştirmesi şu şekilde verilmiştir:
$d_t = \Gamma d^*_{max}$

Hedef yer değiştirme kontrol düğümüne karşılık gelmekte olduğunu not ediniz.

EK H4 - KANEPE

Bu ek içerisinde, Yunan Sismik Müdahaleler Kodu KANEPE'ye göre yapıların değerlendirmesi için kullanılan değişkenler gösterilmektedir.

PERFORMANS GEREKLİLİKLERİ

KANEPE bölüm 2.2'ye göre, değerlendirme veya yeniden tasarım hedefleri (Tablo 2.1), bir performans düzeyi ve bir sismik eylemin kombinasyonunun bina ekonomik yaşam süresi içerisinde kabul edilebilir aşım olasılığı olan depreme (tasarımdepremi) göre oluşturulur.

50 yıllık bir geleneksel yaşam döngüsü içinde sismik hareketin aşılma olasılığı	Hedef Bina Performans Düzeyleri		
	A Hemen Kullanım	B Can Güvenliği	C Göçmenin Önlenmesi
2%	A0	B0	C0
5%	A1+	B1+	C1+
10%	A1	B1	C1
20%	A2+	B2+	C2+
30%	A2	B2	C2
50%	A3+	B3+	C3+
70%	A3	B3	C3
90%	A4+	B4+	C4+
>90%	A4	B4	C4

Tablo 2.1 Yapının değerlendirme veya yeniden tasarlama hedefleri.

Hedef yerdeğiştirme performans düzeyleri, adları Hemen Kullanım (A), Can Güvenliği (B) ve Göçmenin Önlenmesi (C) olan üç limit durum aracılığıyla yapıdaki hasar durumuna atıfta bulunmaktadır.

Hemen Kullanım Performans Düzeyi (A)

DepremsonrasıHemenKullanım(A), KANEPE'ye göre, ufak önem fonksiyonlarının olası istisnası ile, hiçbir bina işleminin dizayn depremi boyunca veya sonrasında yarıda kesilmediği durumdur. Yapıda, birkaç ince çatlak oluşabilir.

Can Güvenliği Performans Düzeyi (B)

Can Güvenliği(B),KANEPE'ye göre, dizayn depremi süresince, kayba veya ciddi insan yaralanmasına neden olmadan, bina içerisindeki kişisel mülke veya malzemelere önemli hasarlar vermeden ve binada tamir edilebilir hasar oluşmasının beklendiği durumdur.

Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi (C)

GöçmeninÖnlenmesi(C), KANEPE'ye göre, dizayn depremi süresince, binada geniş kapsamlı ve ciddi veya çeşitli (genellikle tamir edilemeyen) hasar oluşmasının beklendiği durumudur. Ancak, yapı, toplam veya bir kısım göçmeye karşı diğer önemli güvenlik katsayısının olmadığı durumda, önceden tanımlanmış düşey yüklere(deprem süresince veya deprem sonrası bir periyot için), dayanma kabiliyetini sürdürmektedir.

Hangi Performans Hedeflerinin kontrol edileceğinin seçimi, KANEPE içerisinde bulunabilir.

YAPISAL DEĞERLENDIRMELER IÇIN BILGILER

Makul analiz tipini ve uygun güvenlik faktör değerlerini seçmek için, aşağıda belirtilen üç veri güvenirlik düzeyi (DRL) tanımlanmıştır:

- Tolereedilebilir DRL
- Yeterli DRL
- Yüksek DRL

Mevcut bilgi düzeyini (KANEPE'de karşılığı veri güvenilirlik düzeyidir) etkileyen etmenler şöyle sıralanabilir: (i) geometri: yapısal systemin ve yapısal olmayan elemanların (ör: yapısal davranışa etkisi olabilecek yığma paneller) geometrik özelliklerini temsil eder; (ii) yapısal detaylar: betonarme kesitlerdeki donate miktarı ve detayı, kat diyaframlarının yatay yük taşıyan yapısal elemanlara bağlantıları, yığma elemanlarda parçaları birbirine bağlayan harcın özelliği ve yine yığma elemanlarda donate bulunup/bulunmaması; (iii) malzemeler: yapısal sistemde bulunan malzemelerin mekanik özellikleri.

Tolere edilebilir DRL

İlgili güvenilirlik düzeyinde, genel yapı geometrisi ve eleman boyutları saha araştırmalarından veya inşaat ve takibi modifikasyonları içeren iş sonuç izimlerden elde edilmiş olup, ilgili parametreler sahada yeterli miktarda tekrarlanan örneklerle teyit edilir. İş sonu çizimlerle sahaincelemeleriarasındaciddifarklartespitedilmesidurumunda, daha detaylı bir saha incelemesi yapılır. Diğer yapısal detaylarsa teknik çizimlerden elde edilememiştir ve ilgili detayların proje zamanında yaygın olan tasarım koşullarına uyduğu varsayılır. Mevcut duruma ait olarakvarsayımlar, yapıdakienkritikelemanlarlasınırlıolmakşartıylateyitedilir. Malzeme parametreleri bilinmediğinden dolayı inşaa zamanının standartları ve en kritik elemanlar için yapılan sınırlı saha araştırmaları doğrultusunda tahmini olarak belirlenir.

Bu bilgi durumuna karşılık gelen yapısal değerlendirme, statik ya da dinamik doğrusal analiz yöntemleri aracılığıyla gerçekleştirilir.

Yeterli DRL

İlgili güvenilirlik düzeyinde, genel yapı geometrisi ve eleman boyutları detaylı saha araştırmalarından veya inşaat ve takibi modifikasyonları içeren işsonu çizimlerden elde edilmiş olup, ilgili parametreler sahada yeterli miktarda tekrarlanan örneklerle teyit edilir. Diğer yapısal detaylarsa detaylı saha araştırmalarından veya eksik olan detaylı proje çizimleriyle kritik elemanlar için sınırlı sayıda yapılmış ve eldeki bilginin mevcut durumla teyidini sağlayan saha gözlemlerinden elde edilir. Malzeme parametrelerine ilişkin bilgilere genişletilmiş saha araştırmalarından veya iş sonu proje çizimlerinin sınırlı saha araştırması kombinasyonu ile ulaşılır.

Bu bilgi durumuna karşılık gelen yapısal değerlendirme, statik ya da dinamik doğrusal veya doğrusal olmayan analiz yöntemleri aracılığıyla gerçekleştirilir.

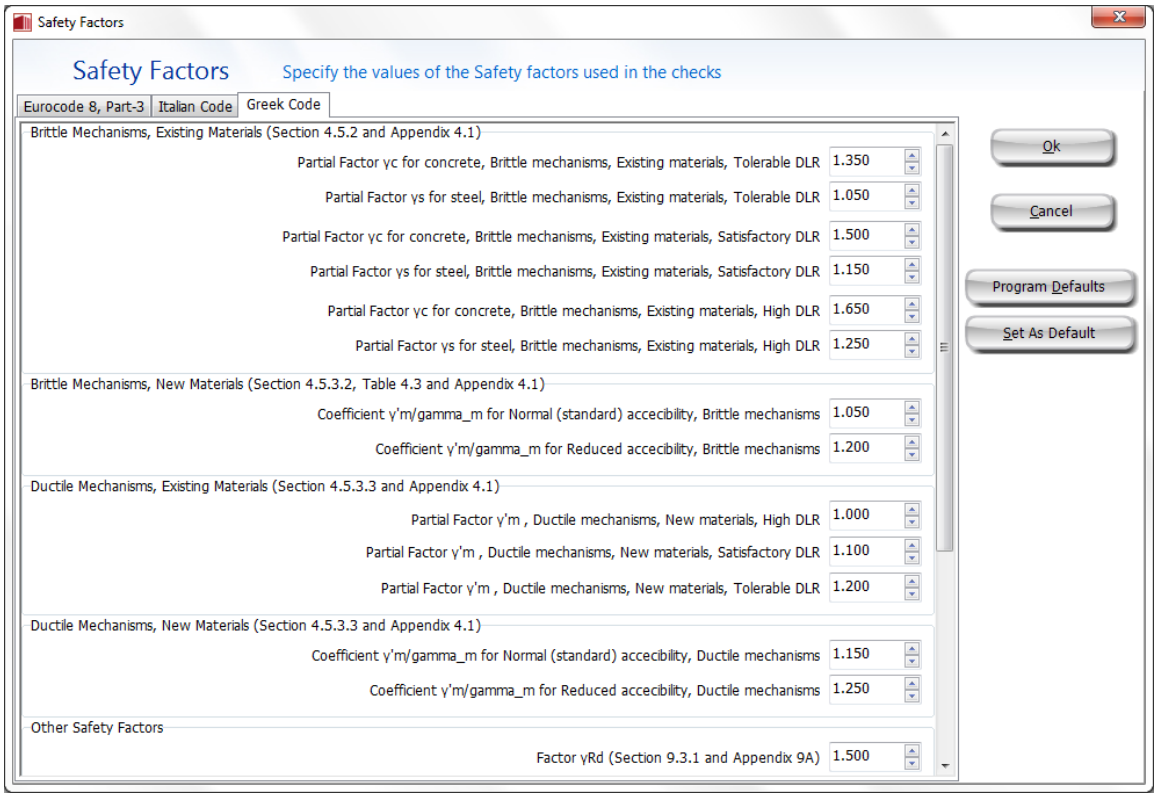
Yüksek DRL

İlgili güvenilirlik düzeyinde, genel yapı geometrisi ve eleman boyutları kapsamlı saha araştırmalarından veya eksiksiz olarak bulunan inşaat ve takibi modifikasyonları içeren işsonu çizimlerden elde edilmiş olup, ilgili parametreler sahada yeterli miktarda tekrarlanan örneklerle teyit edilir. Diğer yapısal detaylarsa kapsamlı saha araştırmalarından veya eksiksiz olarak bulunan detaylı proje çizimleriyle kritik elemanlar için sınırlı sayıda yapılmış ve eldeki bilginin mevcut durumla teyidini sağlayan saha gözlemlerinden elde edilir. Malzeme parametrelerine ilişkin bilgilere kapsamlı saha araştırmalarından veya iş sonu proje çizimlerinin sınırlı saha araştırması kombinasyonu ile ulaşılır.

Bu bilgi durumuna karşılık gelen yapısal değerlendirme, statik ya da dinamik doğrusal veya doğrusal olmayan analiz yöntemleri aracılığıyla gerçekleştirilir.

Güvenlik Faktörleri

KANEPE'nin bölüm 4.5'inde tanımlandığı, güvenlik ve kısmi faktörler için ulaşılmış veri güvenilirlik düzeyin ekarşılık gelen önerilen değerler, Güvenlik Katsayıları modülünde bulunmaktadır. Kullanıcılar, isterlerse, atanmış değerleri değiştirebilirler.



Güvenlik Faktörleri modülü

DEĞERLENDIRME VE KONTROLLER IÇIN KAPASITE MODELLERI

Bütün eleman kontrolleri (eleman dönme kapasitesi ve kesme kapasitesi), bölüm 7.2.2, 7.2.4 ve KANEPE-Ek 7C'ye göre, KANEPE Bölüm 2.4.3.4'teki tanımlar ile uyumlu bir şekilde belirlenmiş, bütün elemenları birincil veya ikincil sismik elemanlar olarak düşünerek, her katın bütün elemanları için uygulanmalıdır.

Deformasyon Kapasitesi

Kirişlerin, kolonların ve duvarların deformasyon kapasiteleri, eleman dönmesi θ cinsinden tanımlanır. Bu değer, elemanın akma altındaki ucunun yerel eksenine çizilen teğetle bu noktadan kesme açıklığının (Lv=M/V=uç kesitteki moment/kesme kuvveti) son bulduğu noktaya çizilen çizgi arasındaki açıya eşittir. Eleman dönmesi, aynı zamanda, kesme açıklığının sonundaki göreceli ötelenmenin (ki bu göreceli ötelenme elemanın akma ucundan çizilecek bir teğet çizgisine göredir) kesme uzunluğuna bölünmesiyle elde edilen ötelenme oranına da eşittir.

Kirişlere, kolonlara ve duvarlara ait deformasyon kapasiteleri; boyuna donatıların tiplerine (soğuk işlenmiş gevrek çelik, nervürsüz -düz- donatı) olduğu kadar sismik dayanım sağlayacak olan detaylandırmalarına da önemli derecede bağlıdır. Kiriş açıklıklarında ve kolon boylarında sağlanan yetersiz bindirme boyları, kiriş-kolon bağlantılarında sağlanan yetersiz ankraj miktarları elemanın sismik davranışını kontrol edebilir ve donatının tamamen etkili olduğu duruma nazaran kapasiteyi önemli bir miktarda düşürebilir. Deformasyon kapasitesiyle ilgili yukarıda belirtilmiş olan sınırlamalar göz önüne alınmıştır.

Hemen kullanım (A) performans durumuna karşılık gelen eleman dönmesi (θ_y) eğilme altındaki akma durumunda olup, KANEPE'nin takip eden denklemlerinden hesaplanır (S.2a ve S.2b):

- Kirişlervekolonlariçin:

$$\theta_y = \left(1/r\right)_y \frac{L_s + \alpha_V z}{3} + 0{,}0014\left(1 + 1{,}5\frac{h}{L_s}\right) + \frac{\left(1/r\right)_y d_b f_y}{8\sqrt{f_c}} \qquad \text{(S.2a) KANEPE}$$

- Duvarlariçin:

$$\theta_y = \left(1/r\right)_y \frac{L_s + \alpha_V z}{3} + 0{,}0013 + \frac{\left(1/r\right)_y d_b f_y}{8\sqrt{f_c}} \qquad \text{(S.2b) KANEPE}$$

L_s, eğilme momenti M ile kesme kuvveti V arasındaki orandır ve eğer elemanın diyagonal çatlamasına neden olan kesme kuvveti değeri, eğilme akması boyunca kesme kuvvetinden$V_{Mu}=M_y/L_s$, az olursa, a_V 1,0'a eşittir. Diğer türlü, 0'dır.

Can güvenliği (B) performans durumuna karşılık gelen eleman dönme kapasitesi KANEPE Kısım 9.3.1'de belirtilen ve aşağıda gösterilen denkleme göre hesaplanır:

$$\theta_d = 0{,}5\left(\theta_y + \theta_{um}\right)/\gamma_{Rd}$$

Burada, θ_y KANEPE (S.2a) ve (S.2b)'e göre hesaplanır; θ_{um} KANEPE (S.11a) ve (S.11b)'ye göre hesaplanır.

Göçme önlenmesi (C)performans düzeyine karşılık gelen dönme kapasitesi göçme durumundaki ortalama eleman dönmesi olup, aşağıda da belirtilen KANEPE Denklem (S.11a)'ya göre hesaplanır:

- 1985 sonrası sismik dizayn hükümlerine dayanaraktasarlanmış ve yapılmış kirişler ve kolonlar için:

$$\theta_{um} = 0{,}016 \cdot (0{,}3^{\nu}) \left[\frac{\max(0{,}01;\omega')}{\max(0{,}01;\omega-\omega')} f_c\right]^{0{,}225} \cdot (\alpha_s)^{0{,}35} 25^{\left(\alpha\rho_s \frac{f_{yw}}{f_c}\right)} (1{,}25^{100\rho_d}) \qquad \text{(S.11a) KANEPE}$$

- Bölüm 7.2.4.1b açıklama kısmının paragraf (ii)'si dikkate alınarak,1985 sonrası sismik dizayn hükümlerine dayanarak tasarlanmış ve yapılmış duvarlar için:

$$\theta_{um} = 0{,}01 \cdot (0{,}3^{\nu}) \left[\frac{\max(0{,}01;\omega')}{\max(0{,}01;\omega-\omega')} f_c\right]^{0{,}225} \cdot (\alpha_s)^{0{,}35} 25^{\left(\alpha\rho_{sx} \frac{f_{yw}}{f_c}\right)} (1{,}25^{100\rho_d}) \qquad \text{(S.11a) KANEPE}$$

Yukaridaki değerler KANEPE Kısım 9.3.1'e göre γ_{Rd} katsayısına bölünür.

Tersinir yükleme tesirindeki betonarme elemanların nihai dönme kapasitleri akma durumundaki eleman dönmesi ve aşağıdaki denklemlerce belirtilen ortalama plastik eleman dönmesinin toplamı olarak da ifade edilebilir

- 1985 sonrası sismik dizayn hükümlerine dayanan tasarlanmış ve yapılmış kirişler ve kolonlar için:

$$\theta_{um}^{pl} = \theta_u - \theta_y = 0{,}0145 \cdot (0{,}25^{\nu}) \left[\frac{\max(0{,}01;\omega')}{\max(0{,}01;\omega-\omega')}\right]^{0{,}3} (f_c)^{0{,}2} (\alpha_s)^{0{,}35} 25^{\left(\alpha\rho_s \frac{f_{yw}}{f_c}\right)} (1{,}275^{100\rho_d})$$

(S.11b) KANEPE

- Bölüm7.2.4.1b açıklamakısmınınparagraf ii)'si dikkate alınarak,1985 sonrası sismik dizayn hükümlerine dayanan tasarlanmış ve yapılmış duvarlar için:

$$\theta_u - \theta_y = 0{,}0087 \cdot (0{,}25^{\nu}) \left[\frac{\max(0{,}01;\omega')}{\max(0{,}01;\omega-\omega')}\right]^{0{,}3} (f_c)^{0{,}2} (\alpha_s)^{0{,}35} 25^{\left(\alpha\rho_s \frac{f_{yw}}{f_c}\right)} (1{,}275^{100\rho_d})$$

(S.11b) KANEPE

Yunanistan'da uygulanan 1985 öncesi kurallara göre tasarlanmışdeforme olmuş donatılı elemanlar için, yukarıdaki S.11a ve S.11b denklemlerine dayanarak hesaplanan değerlerin 1,2'ye bölünmesi gerekmektedir.

Son kesitteki akma eğriliği, sabit genişlikteki basınç bölgesi olan kesitler için ve kesidin akmasının çeliğin akmasından dolayı olduğu durum için aşağıdaki denkleme göre (KANEPE-Ek 7A) hesaplanır.

$$\varphi_y = (1/r)_y = \frac{f_y}{E_s(1-\xi_y)d} \qquad \text{(A.1) KANEPE}$$

Basınçta betonun deformasyon doğrusalsızlıklarından dolayı kesit akarsa, bu, kenar basınç lif deformasyonunun $\varepsilon_c \approx 1.8\, f_c/E_c$'nundan büyük olduğu durum içindir, o zaman akma eğriliği, KANEPE-7A'dak' aşağıda verilen ifadeye göre hesaplanır:

$$\varphi_y = (1/r)_y = \frac{\varepsilon_c}{\xi_y d} \approx \frac{1{,}8 f_c}{E_c \xi_y d} \qquad \text{(A.2) KANEPE}$$

Yukarıdaki denklemlerden gelen iki değerin en küçüğü, eleman dönme kapasitesi hesabı için kullanılır.

KANEPE Bölüm 7.2.4'e göre, eleman dönme kapasitesi yapım yılı gibi birtakım faktörden önemli bir şekilde etkilenmektedir. Eğer yapı, 1985 öncesi düzenlemelerle tasarlandıysa, ortalama eleman dönmesi ve ortalama plastik eleman dönmesi değerleri 1,2'ye bölünür. Deforme donatıların düz (nervürsüz) olarak uygulanıp, eleman uç kesitinde düz olan bir bindirme başlangıcına sahip olduğu durumlarda, basınç donatısının (ω') da dikkate alınarak hesaplandığı eleman dönmesinin plastik kısmı, bindirme dışında kalan kısmı için geçerli olan değerin iki katı olarak alınır. Buna ek olarak, asgari bindirme boyunun l_b , nihai deformasyon için gerekli asgari bindirme boyundan ($l_{bu,min}$) az olduğu kesitlerde, (EC8: Bölüm 3 Denklem (A.3)'de tanımlı olan) eleman dönmesinin plastik kısmı $l_b/l_{bu,min}$ oranı ile çarpılır. Akmadaki eleman dönmesi değeri θ_y, KANEPE Bölüm 7.2.4'e göre bindirme etkisi için hesaba katılırken, $l_{ou,min}$ hesabı hakkında daha fazla bilgi için, KANEPE 7.2.2'ye bakınız. Son olarak, nervürsüz boyuna donatıların kullanıldığı durumlarda, nervürlü donatılar için hesaplanan değerler %95'e eşit olan bir faktör ile çarpılır ve elemanların başlangıç kesitlerindeki bindirme boyunun en az 15 donatı çapına eşit olduğu durumlarda göçmedeki eleman dönmesi KANEPE Bölüm 7.2.4'de belirtilen faktörlerle çarpılır.Dairesel kolon kesitleri durumunda, yukarıdaki denklemler, elemanların dönme kapasite hesapları için kullanılamaz. SeismoStruct'da, θ_y veθ_u için, D. Biskinis and M.N. Fardis [2013] tarafından önerilen aşağıdaki denklemler kullanılmıştır.

$$\theta_y = \varphi_y \frac{L_V + \alpha_V z}{3} + 0{,}0027\left(1 - \min\left(1; \frac{2}{15}\frac{L_s}{D}\right)\right) + \alpha_{sl}\frac{\varphi_y d_{bL} f_y}{8\sqrt{f_c}}$$

$f_y$ve f_c değerlerinin MPA cinsindenolduğuyerde, eğer $V_{Rc}<V_{My}$ ise, α_V=1'dir. Diğer türlü ise,α_V=0 ve V_{Rc} KANEPE (S.3)'e göre hesaplanır ve eğer çekme donatılarını, ankraj bölgelerinden akmanın ötesinde çıkarmak fiziksel olarak imkansızsa, α_{sl}=0'dır. Diper türlü ise, α_{sl}=1'dir.

$$\theta_u = \left(\theta_y + (\varphi_u - \varphi_y) L_{pl}\left(1 - 0.5\, L_{pl}/L_s\right) + \alpha_{sl}\Delta\theta_{u,slip}\right)/\gamma_{el}$$

γ_{el} sismik dizayn hakkında 1985 öncesihükümlerle tasarlanan elemanlar için 2,0'ye ve Yunanistan'da uygulanan 1985 öncesi kurallara göre tasarlanan ve inşaa edilen elemanlar için 1,0'e eşit olduğu yerde, $\Delta\theta_{u,slip}$veL_{pl}aşağıdakidenklemleregörehesaplanır:

$$\Delta\theta_{u,slip} = 10 d_{bl}\left(\varphi_u + \varphi_y\right)/2$$

$$L_{pl} = 0{,}6D\left[1 + \frac{1}{6}\min\left(9; \frac{L_s}{D}\right)\right]$$

Kullanıcılara, ifadeler üzerine daha fazla ayrıntılı bilgiler ve diğer değişkenlerin tanımı için, ilgili yayınlara bakmaları tavsiye edilir.

Betonarme Mantolama

Mantolanmış elemanlar için kapasite kontrollerinde ele alınan M_y^*, θ_y^* ve θ_u^* değerleri KANEPE kodununkısım 8.2.1'e göreelealınırvekısım 8.2.1.5 (η)'dekidenklemlerkullanılır. Buna göre:

Akma momenti:

$M_y^* = 0.90 M_y$

Akma durumunda eleman dönmesi:

$\theta_y^* = 1.25\theta_y$

Nihai eleman dönmesi:

$\theta_u^* = 0.80\theta_u$.

Lifli Polimer (FRP) Sargılama

Lifli polimer sargılama yoluyla elemanlara eklenen ilave kapasite EN 1998-3:2005'in Ek A'sına göre hesaplanır.

Lifli polimer sargılamanın elemanın kısım 7.2.2'de tanımlanan eğilme kapasitesine olan etkisi göz ardı edilir.

Köşeleri yuvarlanmış olan dikdörtgen kesitlere ait toplam dönme kapasitesi ve plastik dönme değerleri sırasıyla (S.11a) ve (S.11b)'ye göre hesaplanır. İlgili hesaplarda, sargı donatısına ait terimin üssü $\alpha\rho_f f_{f,e}$ ifadesiyle artırılır. Burada, α etkili sargılama katsayısı, $\rho_f$yükleme doğrultusunda bulunan lifli polimer oranı, $f_{f,e}$ise EC8:Kısım 3-Denklem (A35)'de tanımlanan gerilme etkinliğidir.

Eğilme Momenti Kapasitesi

Prizmatik kesitli kirişlerin, kolonların ve duvarların eğilme momenti kapasitesi D. Biskinis ve M. N. Fardis (2009) paragraf 4.1'e göre hesaplanırken, dairesel kolonların eğilme momenti kapasitesi için Biskinis ve M. N. Fardis (2013) paragraf 4 kullanılmıştır

Kesme Kapasitesi

Kesme kapasitesi, yatay donatılar tarafından kontrol edilerek, süneklik talebinin plastik kısmından dolayı azaltma için hesaba katılan, KANEPE'deki Ek 7C'ye göre, aşağıda verilen ifade aracılığıyla hesaplanır.

$$V_R = \frac{h-x}{2L_s}\min(N; 0{,}55A_c f_c) + \left(1 - 0{,}05\min\left(5; \mu_\theta^{pl}\right)\right)\left[0{,}16\max(0{,}5; 100\rho_{tot})\,(1 - 0{,}16\min(5; \alpha_s))\sqrt{f_c}A_c + V_w\right] \quad \text{(C.1) KANEPE}$$

Betonun kesme mukavemeti $V_{R,max}$, gövde ezilmesiyle ilişkilendirilen değerden büyük alınmaz. Tekrarlı yükleme altındaki $V_{R,max}$, KANEPE'deki Ek 7C'ye göre aşağıdaki ifadedenhesaplanır.

$$V_{R,max} = 0{,}85\left(1 - 0{,}06\min\left(5; \mu_\theta^{pl}\right)\right)\left(1 + 1{,}8\min\left(0{,}15; \frac{N}{A_c f_c}\right)\right)\left(1 + 0{,}25\max(1{,}75; 100\rho_{tot})\right)\cdot\left(1 - 0{,}2\min(2; \alpha_s)\right)\sqrt{f_c}b_w z \quad \text{(C.4) KANEPE}$$

Kesme oranı $\alpha_s \leq 2.0$ olan kolonların kesme mukavemeti, V_R, eğilme akmasından sonra, diyagonal gövde ezilmesiile ilişkilendirilen değerden büyük alınmaz. Tekrarlı yükleme altındaki V_R, KANEPE'deki Ek 7C'ye göregöre aşağıdaki ifadedenhesaplanır.

$$V_{R,max} = {}^4/_7\left(1 - 0{,}02\min\left(5; \mu_\theta^{pl}\right)\right)\left(1 + 1{,}35\frac{N}{A_c f_c}\right)\left(1 + 0{,}45(100\rho_{tot})\right)\sqrt{\min(40; f_c)}b_w z\sin 2\delta$$

(C.5) KANEPE

δ, koloneksenivecaprazıarasındakiaçıyıgöstermektedir$(\tan\delta = h/2L_s = 0.5/\alpha_s)$.

Duvarlarda, boyuna donatının akabileceği kesitin tabanda veya herhangi bir yerinde kayma olasılığı araştırılmalıdır. Kayma direnci, eğilme göçmesinden önce kesme göçmesi olan duvarlarda kontrol edilmemelidir. Kayma direnci, KANEPE Ek 7C'nin aşağıdaki denkleminden hesaplanabilir:

$$V_{R,SLS} = V_i + V_f + V_d \quad \text{(C.6) KANEPE}$$

ile

$$V_i = \sum A_{si} f_{yi}\cos\varphi \quad \text{(C.7) KANEPE}$$

$$V_f = \min\left(\mu\left[\left(\sum A_{sv} f_{yv} + N\right)\xi + M_y/z\right]; 0.3 f_c A_{compr}\right) \quad \text{(C.8) KANEPE}$$

ξ, KANEPE Ek 7C'deki C.10-C13 denklemlerine göre hesaplanır ve

$$V_d = 1.6\sum A_{sv}\sqrt{f_c f_{yv}} \leq \sum A_{sv} f_{yv}/\sqrt{3} \quad \text{(C.9) KANEPE}$$

Kullanıcıların, parametrelerin tanımı ve yukarıdaki ifadelerle ilgili daha fazla ayrıntı için ilgili yayına başvurmaları tavsiye edilir.

Alternatif olarak kayma direnci, KANEPE Ek 7C'nin aşağıdaki denkleminden hesaplanabilir:

$$V_{R,SLS} = (1 - 0{,}025\mu_{\theta}^{pl})\min\begin{pmatrix} 0{,}5\sum[A_s f_y(0{,}6\sin\varphi + \cos\varphi)] + 0{,}6N + 1{,}1\sum\left[A_s\sqrt{f_c f_y}\sin\varphi\right]; \\ 0{,}2\min\left(0{,}55; 0{,}55\left(\frac{30}{f_c}\right)^{\frac{1}{3}}\right) f_c A_c \end{pmatrix}$$

(C.14) KANEPE

Kullanıcıların, parametrelerin tanımı ve yukarıdaki ifadelerle ilgili daha fazla ayrıntı için ilgili yayına başvurmaları tavsiye edilir.

(C.1)-(C.3) ve (C.4) denklemleri, kesme oranı $\alpha_s \geq 1.0$ olan duvarlar için kullanılabilir. Kesme oranı düşük, $\alpha_s \leq 1.2$, olan duvarlar için kesme kapasitesi, aşağıdaki KANEPE Ek 7C denkleminden hesaplanmalıdır:

$$V_{R,squat} = V_{si} + V_c \qquad \text{(C.15) KANEPE}$$

ile

$$V_s = \min\begin{Bmatrix} \rho_h b_w \min((d - x)/\tan\theta_{cr}, L_s) f_{yh} \\ (\rho_v b_w \min(L_s \tan\theta_{cr}, d - x) f_{yv} + A_s f_y)/\tan\theta_{cr} \end{Bmatrix} \qquad \text{(C.16) KANEPE}$$

Ve

$$V_c = (1 + 150\rho)(1 - 0.725\alpha_s)\left(\frac{2}{3}A_c f_{ct}\sqrt{1 + \frac{N}{A_c f_{ct}}}\right) \qquad \text{(C.17) KANEPE}$$

Kullanıcıların, parametrelerin tanımı ve yukarıdaki ifadelerle ilgili daha fazla ayrıntı için ilgili yayına başvurmaları tavsiye edilir.

Betonarme Mantolama

Mantolanmış elemanlara ait kesme kapasitesi, KANEPE bölüm 8.2.1.5(η)'de bulunan ve aşağıda da belirtilmiş olan denkleme göre ele alınır:

$V_R^* = 0.9V_R$

FRP Sargılama

Tersinir yükleme altındaki kesme dayanımı KANEPE (C.1) takip edilerek, lifli polimer mantolamanın etkisinin V_w'ye eklenmesi yoluyla bulunur. Lifli polimerin kesme mukavemetine etkisi V_{jd} aşağıdaki denklem yoluyla hesaplanır.

$$V_{jd} = \sigma_{jd}\rho_j b_w h_{j,ef}(cot\theta + cot\alpha)sin^2\alpha \qquad \text{(8.13) KANEPE}$$

Burada, KANEPE Denklem (S8.8)'e göre hesaplanan FRP geometrik oranıdır.

Yığma Elemanlar

Yığma elemanlara ait controller, Eurocode'ların takibi yoluyla gerçekleştirilir.

KAPASİTE EĞRİSİ

Her bir itme analizi, bir kapasite eğrisiyle sonuçlanır. Kapasite eğrisi tanım olarak, toplam taban kesme kuvvetinin belirli bir kontrol noktasına (yapı deplasmanının takibinde kullanılacak olan temsili bir nokta) ait 0 ile kullanıcı tanımlı bir değer arasında tanımlı olan yatay ötelenme arasındaki ilişkidir.

HEDEF YER DEĞIŞTIRME (DEPLASMAN)

Hedef Yerdeğiştirme δ_t (§ 5.7.4.2), elastik ötesi davranışa sahip bir binanın yerdeğiştirmesini etkileyen ilgili faktörlerin dikkate alınarak hesaplanmalıdır.

Eşit olan temel bir periyotla elastik tek serbestlik dereceli sistemin yerdeğiştirmesinin, doğrulaması yapılan sismik eylemlere maruz kalan bina temel periyoduna eşit olmasına izin verilir. Elastik-tam plastik sistem olarak yanıt vereceği tahmin edilen binanın ilgili yerdeğiştirmesinin elde edilmesi için, uygun bir düzeltme gerekmektedir.

Deplasman, periyodu hakim periyoda eşit olan tek serbestlik dereceli sistem (1-SDOF)'in kontrollerde kullanılacak olan sismik harekette ortaya çıkacak elastik istem olarak hesaplanabilir. Ardından elastic-plastik davranan sisteme karşılık gelen deplasmanın elde edilmesi için bir düzeltme kullanılır.

Daha kesin bir yöntemin kullanılmaması durumunda, hedef yerdeğiştirmeδ_t , aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanabilir ve aşağıdaki gibi, §5.7.4.2'e göre (gerekli olduğu yerde) düzeltilebilir.

$$\delta_t = C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot (T_e^2/4\pi^2) S_{e(T)} \qquad \text{(5.6) KANEPE}$$

$S_{e(T)}$, yapının eşdeğer hakim periyoduna T_e karşılık gelen, elastik spektral ivmedir (EC8 spektrumundan elde edilen) ve C_0, C_1, C_2 ve C_3, aşağıdaki şekilde tanımlanan düzeltme katsayılarıdır:

C_0: Elasto-plastik sistem olarak yanıt verdiği kabul edilen yapının tepesindeki gerçek yerdeğiştirmeyle δ_t, K_e rijitliğinin eşdeğer elastik sistem spektral yerdeğiştirmesini ilgilendiren katsayı ($S_d=[T_e^2/4\pi^2] S_{e(T)}$)(§ 5.7.3.4).Bu katsayının değerleri, 1,2, 3, 5, ve ≥ 10 katlı binalar için sırasıyla, 1,0; 1,2; 1,3; 1,4 ve 1,5 alınabilir.

Bir binanın azami elastik olmayan yerdeğiştirmesinin ilgili elastik yerdeğiştirmeye oranı, $C_1=\delta_{inel}/\delta_{el}$, aşağıdaki denklemden elde edilir:

C_1=1,0; eğer $T_e \geq T_C$, ve

$C_1=[1.0+(R-1)T_C/T_e]/R$; eğer $T_e < T_C$,

T_C, tepki spektrumunun (EC8-Part1) düşüş kısmını başlatan köşe periyodudur ve $R=V_{el}/V_y$ ise elastik istemin yapının akma mukavemetine oranıdır. Bu oran aşağıdaki ilişkiden tahmin edilebilir:

$$R = \frac{S_e/g}{V_y/W} \cdot C_m \qquad \text{(S5.7) KANEPE}$$

Akma mukavemeti (V_y), §5.7.3.4'te tanımlanan binanın taban kesme- tepe yerdeğiştirme ilişkisinin uygun idealleştirilmesiyoluyla hesaplanır. Sadelik adına, denklemdeki V_y/W oranı , çift yapı-sistemli (ing: dual system) binalar için 0,15'e;yalnızca çerçeve sistemli binalar için 0,10'a eşittir.

C_2: azami yerdeğiştirmedeki histeresiz döngüsünün şeklinin ektisini dikkate alan katsayı. Bu katsayınındeğerleri, TabloS5.1'den elde edilebilir.

Performans Düzeyi	T=0,1s		T≥T_C	
	Yapı Tipi 1	Yapı Tipi2	Yapı Tipi 1	Yapı Tipi2
Hemen Kullanım	1.0	1.0	1.0	1.0
Can Güvenliği	1.3	1.0	1.1	1.0
Göçmenin Önlenmesi	1.5	1.0	1.2	1.0

Table S5.1-KANEPE: C_2katsayısıdeğerleri

Tip 1 yapısal sistemleri, düşük sünekliğe sahip yapıları (ör. 1985'den önce inşaa edilimiş binalar veya 2'denaz olan uygun yerdeğiştirme sünekliği ile nitelenen kapasite eğrili binalar) simgeler. Bunların, Tip

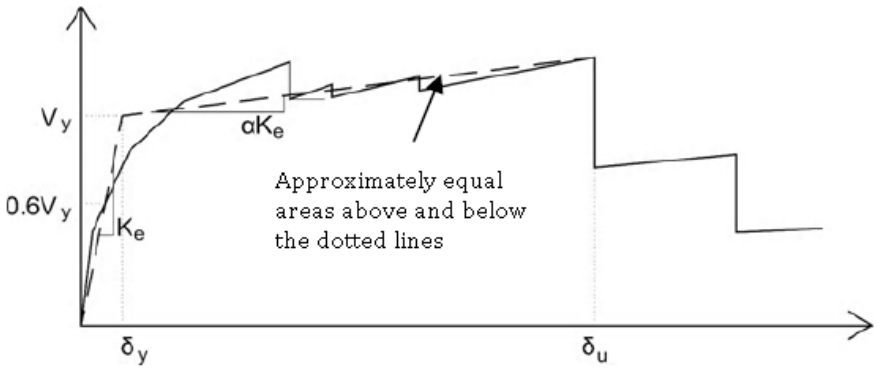
2 sistemler (ör. 1985'den sonra inşaa edilimiş binalar veya 2'denfazla olan uygun yerdeğiştirme sünekliği ile nitelenen kapasite eğrili binalar) olarak nitelenen yüksek sünekliğe sahip binalara göre daha kötü bir tekrarlı davranışa sahip olması beklenir. Histeretik davranışın, elastik ötesi davranışa etkisinin büyük olduğu dikkate alınacak olursa C_2 katsayılarının performans düzeyleriyle de yakından ilişkisi olduğu görülür.

C_3: İkinci mertebe etkilerinden (P-Δ) ötürü yerdeğiştirme artışını dikkate alan katsayı. Bu katsayı, $1+5(\theta-0.1)/T_e$ 'ye eşit olabilir. θ, katlar arası öteleme hassaslık katsayısıdır (bkz EC8-Bölüm 1). $\theta<0,1$ olduğu (betonarme and yığma binalar için) yaygın durumda, katsayı, $C_3=1,0$ olarak alınır.

İdealleştirilmiş elastik-tam plastik kuvvet-yer değiştirme ilişkisinin belirlenmesi

Yapıya ait eşdeğer yatay rijitlik (Ke) ve akma mukavemetinin (Vy) tayini için, doğrusal olmayan taban kesme kuvveti-kontrol noktası yerdeğiştirmesi ilişkinin idealleştirilerek doğrusallaştırılması gerekir.

İdealleştirilmiş kapasite eğrisi iki doğrulu olup, ilk doğrunun eğimi Ke'ye; ikinci doğrunun eğimiyse αKe 'ye eşittir. Tarif edilen bu iki çizgili doğrusallaştırılmış kapasite eğirisi, kendisiyle gerçek kapasite eğrisinin kesişiminin altında ve üstünde kalan alanlar eşit olacak şekilde görsel olarak çizilir (bkz. Şekil 5.2-KANEPE).



Şekil 5.2 - KANEPE: Bir bilineer eğri ile bir kapasite eğrisinin idealleştirilmesi

Eşdeğer yatay rijitlik (K_e), akma mukavemetinin (V_y) %60'ına eşit olan kesme kuvvet değerindeki (ki bu değer idealleştirilmiş kapasite eğrisi ve gerçek kapasite eğrisinin ilk kesişim noktasıdır) sekant rijitliktir. İkinci doğruya ait olan normalize edilmiş eğim (α), gerçek kapasite eğrisinin aşılmasının ardından önemli bir mukavemet kaybı yaşanan nihai deformasyona (δ_u) karşılık gelen noktasının idealleştirilmiş eğri akma noktasına bir çizgiyle bağlanmasının ardından elde edilir (bknz. Şekil 5.2-KANEPE) ve 0,10'dan büyük olamaz (bu koşul hedef deplasman, δ_t, tayininde yapılan diğer varsayımlarla (ör: C1 katsayısı) uyum içerisinde kalınması için koyulmuştur). Nihai deformasyonun elde edilirken kullanılacak olan kaybedilen mukavemet değeri %15 olarak önerilir ve tabii ki bu durumda hiçbir birincil dikey elemanın göçme durumuna ulaşmamış olması gereklidir. Aksi takdirde, doğrusallaştırmada kullanılacak olan nihai deformasyon bu göçme koşuluna karşılık gelen deformasyon olarak alınır.

Temel periyodun belirlenmesi

İncelenen yönde eşdeğer temel periyot, idealleştirilmiş kapasite eğrisine dayanarak tahmin edilebilir.

Eşdeğer temel periyodun T_e değeri aşağıdaki ifadeden elde edilir:

$$T_e = T\sqrt{\frac{K_0}{K_e}} \qquad \text{(5.5) KANEPE}$$

T, inceleme altındaki yönde olan elastik temel periyottur ve özdeğer analizi ile elde edilir. K_0, elastik yanal rijitlik ve K_e, eşdeğer yanal rijitliktir.

Ek H5 - TBDY

Bu ek içerisinde, Türk Bina Deprem Yönetmeliği-TDBY'ye göre yapıların değerlendirmesi için kullanılan değişkenler gösterilmektedir.

PERFORMANS GEREKLİLİKLERİ

TBDY'nin 2.2, 3.4 ve 3.5 bölümlerine göre, değerlendirme veya yeniden tasarımın amaçları, tanımlı olan "binanın yaşam döngüsü içinde kabul edilebilir bir aşılma olasılığı" (tasarım depremi), performans seviyesi ve sismik eylem kombinasyonlarından oluşur (bkz. Aşağıdaki tablo)

Seismic Hazard Level	Target Building Performance Levels			
	Kesintisiz kullanım (KK)	Hemen Kullanım (HK)	Can Güvenliği (CG)	Göçme Engellenmesi (BP)
DD-4 (68%/50 yıl)	A	B	C	D
DD-3 (50%/50 yıl)	E	F	G	H
DD-2 (10%/50 yıl)	İ	J	k	L
DD-1 (2%/50 yıl)	M	N	o	P

Bina Performans Düzeyleri

Hedef bina performans seviyeleri, Kesintisiz Kullanım (KK), Hemen Kullanım (HK), Can Güvenliği (CG) ve Göçme Önleme (BP) olmak üzere dört sınır durumu ile tanımlanan yapıdaki hasar durumunlarını ifade eder.

Kesintisiz Kullanım Performans Düzeyi (KK)

TDBY'ye göre Kesintisiz Kullanım (KK), binadaki hasarın yok denecek kadar az olduğu ve herhangi bir müdahaleye ihtiyaç duyulmadığı durumu temsil eder. Elemanlardaki akma önemsiz düzeyde olup rijitlik ve mukavemet değerlerini muhafaza ederler. Bölmeler ve dolgu paneller gibi yapısal olmayan elemanlar hasarsız olmalıdır.

Hemen Kullanım Performans Düzeyi (HK)

TDBY'ye göre Hemen Kullanım (HK), hasarın önemsiz boyutlarda olduğu, birkaç küçük sorun dışında bina işlevselliğinin bozulmadığı durumu temsil eder. Yapıda kılcal çatlaklara rastlanabilir.

Can Güvenliği Performans Düzeyi (CG)

TDBY'ye göre Can Güvenliği (CG), tasarım depremi sonucunda yapıdaki hasarın onarılabilir olduğu durumu temsil eder. Yapıdaki hasar düzeyi, insan (kayıp ve ağır yaralanma olmak üzere) can ve mal güvenliğini sağlayacak düzeyde kalmalıdır.

Göçme Önleme Performans Düzeyi (BP)

TDBY'ye göre Göçme Önleme (BP), hasar durumunun ağır ve genel olarak onarılamaz durumda olduğu durumu ifade eder. Deprem sonrası yapı düşey yüklere dayanarak ayakta kalır, fakat topyekün ya da kısmi göçmeye karşı önemli ölçüde güven arz etmez.

Performans Hedeflerinin seçim koşulları için TDBY'ye göz atınız.

YAPISAL DEĞERLENDİRMELER İÇİN BİLGİLER

Makul analiz tipini ve uygun güvenlik faktör değerlerini seçmek için, aşağıda belirtilen üç bilgi düzeyi tanımlanmıştır:

- Sınırlı Bilgi
- Kapsamlı Bilgi

Mevcut bilgi düzeyini etkileyen etmenler şöyle sıralanabilir: (i) geometri: yapısal systemin ve yapısal olmayan elemanların (ör: yapısal davranışa etkisi olabilecek yığma paneller) geometrik özelliklerini temsil eder; (ii) yapısal detaylar: betonarme kesitlerdeki donate miktarı ve detayı, kat diyaframlarının yatay yük taşıyan yapısal elemanlara bağlantıları, yığma elemanlarda parçaları birbirine bağlayan harcın özelliği ve yine yığma elemanlarda donate bulunup/bulunmaması; (iii) malzemeler: yapısal sistemde bulunan malzemelerin mekanik özellikleri.

Sınırlı Bilgi

Sınırlı bilgi, yapı çizimlerinden eleman taleplerini elde edip, kapasitelerini hesaplayabilmek için gerekli olan bilgi düzeyinin sağlandığı seviyeyi temsil eder. İlgili çizimler, düşey ve yatay taşıyıcı sistem kurulumu hakkında yeterli ayrıntıya sahiptir ve muhteva edilen bilgiler yerinde incelemeyle teyit edilir. Tasarım çizimlerinden yeterli bilgi bulunmadığında, eksik veya var olmayan bilgiler, tahribatlı ve tahribatsız inceleme dahil olmak üzere kapsamlı bir durum değerlendirmesi ile tamamlanır.

Kapsamlı Bilgi

Kapsamlı bilgi, orjinal yapıya ve yapılmış olan tüm müteakip eklenti/değiştirmelere ait iş sonu çizimleri, malzeme test sonuçları, spesifikasyonlar, kalite kontrol raporlarını içeren çok detaylı inşaat belgelerinin mevcut olduğu seviyeyi temsil eder. Var olan bilgi yerinde incelemeyle teyit edilir. İnşaat belgelerinde bulunan eksikler, tahribatlı ve tahribatsız inceleme dahil olmak üzere kapsamlı bir durum değerlendirmesi ile tamamlanır. Malzeme test kayıtlarının, kalite kontrol raporlarının eksik olması durumunda, malzeme özellikleri TDBY Bölüm 15 uyarınca takip edilen detaylı testler sonucu elde edilir.

Bilgi (Güvenilirlik) Katsayıları

TDBY Bölüm 15.2.12'de aşağıda belirtilen tabloda, bilgi düzeylerine karşılık gelen güvenilirlik katsayıları tanımlanmıştır.

Bilgi Düzeyi	Katsayı
Sınırlı	0.75
Kapsamlı	1.00

TDBY Tablo 15.1 – Bilgi Katsayıları

Güvenlik Katsayıları

TBDY'degüvenlik katsayıları doprudan eleman mukavemet ve deformasyon sınırlarına dahil edilmiştir.

DEĞERLENDIRME VE KONTROLLER IÇIN KAPASITE MODELLERI

Her bir katta bulunan tüm elemanlar için eleman kontrolleri (eleman dönmesi, birim şekl değiştirme kapasitesi ve kesme kapasitesi), TDBY'nin Bölüm 5 ve Ek 15'ine göre takip edilir.

Deformasyon Kapasitesi

Kirişlerin, kolonların ve duvarların deformasyon kapasiteleri, eleman dönmesi θ cinsinden tanımlanır. Bu değer, elemanın akma altındaki ucunun yerel eksenine çizilen teğetle bu noktadan kesme açıklığının (Lv=M/V=uç kesitteki moment/kesme kuvveti) son bulduğu noktaya çizilen çizgi arasındaki açıya eşittir. Eleman dönmesi, aynı zamanda, kesme açıklığının sonundaki göreceli ötelenmenin (ki bu

göreceli ötelenme elemanın akma ucundan çizilecek bir teğet çizgisine göredir) kesme uzunluğuna bölünmesiyle elde edilen ötelenme oranına da eşittir.

Kirişlere, kolonlara ve duvarlara ait deformasyon kapasiteleri; boyuna donatıların tiplerine (soğuk işlenmiş gevrek çelik, nervürsüz -düz- donatı) olduğu kadar sismik dayanım sağlayacak olan detaylandırmalarına da önemli derecede bağlıdır. Kiriş açıklıklarında ve kolon boylarında sağlanan yetersiz bindirme boyları, kiriş-kolon bağlantılarında sağlanan yetersiz ankraj miktarları elemanın sismik davranışını kontrol edebilir ve donatının tamamen etkili olduğu duruma nazaran kapasiteyi önemli bir miktarda düşürebilir. Deformasyon kapasitesiyle ilgili yukarıda belirtilmiş olan sınırlamalar göz önüne alınmıştır.

Kesintisiz kullanım (KK) ve hemen kullanım (HK) için eleman dönme kapasitesi, akmadaki değeriyle, θ_y , tanımlı olup TDBY Denklem 5.3 ve 5.8b'den hesaplanır.

$$\theta_y = \frac{\varphi_y L_s}{3} + 0{,}0015\eta\left(1 + 1{,}5\frac{h}{L_s}\right) + \frac{\varphi_y d_b f_{ye}}{8\sqrt{f_{ce}}} \qquad \text{(5.3) TBDY}$$

buradaL_s= moment (M)/kesme (V); veη= 1,0 (kirişler ve kolonlar), = 0,5 (duvarlar).

$$\theta_p^{(HK)} = 0 \qquad \text{(5.8b) TBDY}$$

Can güvenliği sınır durumuna karşılık gelen eleman dönme kapasitesi aşağıdaki denklem yoluyla elde edilir:

$$\theta^{(CG)} = \theta_y + \theta_p^{(CG)}$$

burada θ_yDenklem (5.3)'denelde edilirve $\theta_p^{(CG)}$için (5.7b) takip edilir:

$$\theta_p^{(CG)} = 0{,}75\theta_p^{(GO)} \qquad \text{(5.7b) TBDY}$$

$\theta_p^{(GO)}$ değeriyse aşağıdaki denklem yoluyla hesaplanır.

$$\theta_p^{(GO)} = \frac{2}{3}\left[(\varphi_u - \varphi_y)L_p\left(1 - 0{,}5\frac{L_p}{L_s}\right) + 4{,}5\varphi_u d_b\right] \qquad \text{(5.6) TBDY}$$

Göçme önleme performans seviyesi (BP) için eleman dönme kapasitesi değeri göçme anındaki değer olup, TBDY'nin 5.3 ve 5.6 numaralı denklemlerine göre eleman dönmesinin plastik kısmı ve akmadaki değerlerinin toplamı olarak hesaplanır,

$$\theta_u = \theta_y + \theta_p$$

Uç kesitteki akma eğriliği, sabit genişlikteki basınç bölgesi olan kesitler için ve kesidin akmasının çeliğin akmasından dolayı olduğu durum için aşağıdaki denkleme göre (KANEPE-Ek 7A) hesaplanır.

$$\varphi_y = (1/r)_y = \frac{f_y}{E_s(1-\xi_y)d} \qquad \text{(A.1) KANEPE}$$

Basınçta betonun deformasyon doğrusalsızlıklarından dolayı kesit akarsa, bu, kenar basınç lif deformasyonunun $\varepsilon_c \approx 1.8\, f_c/E_c$'nundan büyük olduğu durum içindir, o zaman akma eğriliği, KANEPE-7A'dak' aşağıda verilen ifadeye göre hesaplanır:

$$\varphi_y = (1/r)_y = \frac{\varepsilon_c}{\xi_y d} \approx \frac{1{,}8 f_c}{E_c \xi_y d} \qquad \text{(A.2) KANEPE}$$

Yukarıdaki denklemlerden gelen iki değerin küçük olanı eleman dönme kapasitesi hesabı için kullanılır.

Kesitteki nihai eğrilik hesapları için D. Biskinis [2007] tarafından önerilen denklemler takip edilir.

Göçmenin çelik kopmasına bağlı olduğu durumlarda:

$$\varphi_{su} = \frac{\varepsilon_{su}}{(1 - \xi_{su})d}$$

Göçmenin beton ezilmesine bağlı olduğu durumlarda:

$$\varphi_{cu} = \frac{\varepsilon_{cu}}{\xi_{cu} d}$$

Kullanıcılar, ilintili değişkinlerin tanım ve ayrıntılarına ulaşmak için ilgili makaleye erişebilirler.

Dairesel kolonlar bulunması durumundaysa, ilgili denklemler takip edilemez ve eleman akma ve nihai eğrilikleri için D. Biskinis ve M.N. Fardis [2013]'in çalışması takip edilir.

Betonarme Mantolama

Mantolu kesitler için kapasite kontrollerinde kullanılan dönme değerleri TDBY Kesit 5 gerekliliklerini sağlamak şartıyla ve 15.10.1 sınırlandırmasıyla birlikte:

Akmada eleman dönmesi:

$$\theta_y^* = 0.90\theta_y$$

Nihai eleman dönmesi:

$$\theta_u^* = 0.90\theta_u$$

FRP Sargı

The contribution of the FRP wrapping to members' capacity is taken into account in the calculation of the yield and ultimate curvature due to concrete failure. FRP sargının eleman kapasitesine olan katkısı beton ezilmesine bağlı olan akma ve nihai eğrilik değerleri cinsinden tanımlanır.

Eğilme Momenti Kapasitesi

Prizmatik kesitli kirişlerin, kolonların ve duvarların eğilme momenti kapasitesi D. Biskinis ve M. N. Fardis (2009) paragraf 4.1'e göre hesaplanırken, dairesel kolonların eğilme momenti kapasitesi için Biskinis ve M. N. Fardis (2013) paragraf 4 kullanılmıştır

Kesme Kapasitesi

Kesme mukavemeti, enine donatı ve FRP sargılama katkılarıyla birlikte TDBY Ek 15B'ye uygun olarak aşağıdaki gibi bulunur:

$$V_r = V_c + V_w + V_f \leq V_{max} \qquad \text{(15B.1) TBDY}$$

burada V_c TS500 Denklem 8.1 ve 8.4'e göre hesaplanır:

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b_w d \left(1 + \gamma \frac{N_d}{A_c}\right) \qquad \text{(8.1) TS500}$$

$$V_c = 0.8 V_{cr} \qquad \text{(8.4) TS500}$$

Enine donatının kesme mukavetine katkısı TS500 Denklem 8.5'den elde edilir:

$$V_w = \frac{A_{sw}}{s} f_{ywd} d \qquad \text{(8.5) TS500}$$

FRP mantonun kesme mukavemetine katkısı Denklem 15B.2 yoluyla hesaplanır.

$$V_f = \frac{2\, n_f t_f w_f E_f \varepsilon_f\, d}{s_f} \qquad \text{(15B.2) TBDY}$$

Herhangi bir elemanın kesme mukavemeti gövde ezilmesi nedeniyle göçme değerinden (Vmax) büyük olamaz:

$$V_{max} \leq 0.22\, f_{cd} b_w d \qquad \text{(8.7) TS500}$$

Betonarme Mantolama

Mantolanmış kesitlerin kesme kapasitesi V_R^*, TDBY Ek 15B Bölüm 15.10.1'de belirtilen sınırlandırmalar göz önüne alınarak hesaplanır.

$$V_R^* = 0.9 V_R$$

FRP Sargılama

FRP sargının kesme dayanımına etkisi biraz önce değinilen TDBY Ek 15B'de bulunan 15B.3 denklemi uyarınca dikkate alınır.

Yığma Elemanları

Yığma elemanları kontrolleri ASCE 41-23'ye göreyapılır.

KAPASİTE EGRİSİ

Her bir itme analizi, bir kapasite eğrisiyle sonuçlanır. Kapasite eğrisi tanım olarak, toplam taban kesme kuvvetinin belirli bir kontrol noktasına (yapı deplasmanının takibinde kullanılacak olan temsili bir nokta) ait 0 ile kullanıcı tanımlı bir değer arasında tanımlı olan yatay ötelenme arasındaki ilişkidir.

HEDEF DEPLASMAN

Hedef yer değiştirme, eşdeğer bir tek serbestlik dereceli sistemin yer değiştirmesi cinsinden elastik tepki spektrumundan türetilen sismik talep olarak tanımlanır.Bir MDOF sisteminin hedef yer değiştirmesini tanımlamak için TBDY Ek 5B'ye göre bir dizi adım izlenmelidir.Hedef deplasman, TDBY Denklem (5B.12)'ye göre hesaplanır.

$$d_{1,max}^{(X)} = S_{di}(T_1) \qquad \text{(5B.12) TBDY}$$

burada:

$$S_{di}(T_1) = C_R S_{de}(T_1) \qquad \text{(5B.13) TBDY}$$

$S_{de}(T_1)$: Eşdeğer hakim periyoda (T_1) karşılık gelen elastik pseudo-ivme; C_R: azami inelastik deplasman ve azami elastik deplasmanı ilişkilendiren düzeltme faktörü. C_Raşağıda gösterilen denkleme göre hesaplanır.

$$C_R = \frac{\mu(R_y,T_1)}{R_y} \qquad \text{(5B.14) TBDY}$$

Burada R_y:aşağıdaki denklemden hesaplanan faktördür.

$$R_y = \frac{f_e}{f_y} = \frac{S_{ae}(T_1)}{\alpha_{y1}} \qquad \text{(5B.15) TBDY}$$

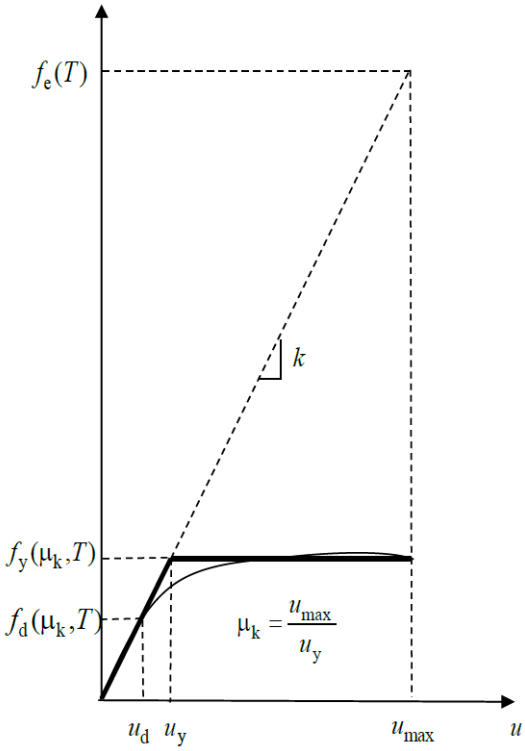
C_R için tanımlı olan Denklem (5B.14), TDBY (5B.16) denkleminde olduğu gibi yeniden yazılabilir.

$$C_R = 1 \text{ for } T_1 > T_B \qquad \text{(5B.17a) TBDY}$$

$$C_R = \frac{1+(R_y-1)\frac{T_B}{T_1}}{R_y} \text{ for } T_1 \le T_B \qquad \text{(5B.17b) TBDY}$$

İdealize edilmiş elasto-mükemmel plastik kuvvet-yer değiştirme ilişkisinin belirlenmesi

İdealleştirilmiş SDOF sisteminin akmamukavemetini temsil eden f_y, plastik mekanizmanın oluşumundaki taban kesme kuvvetine eşittir.İdealleştirilmiş sistemin başlangıç rijitliği, gerçek ve idealleştirilmiş kuvvet-deformasyon eğrilerinin altındaki alanlar eşit olacak şekilde belirlenir.



TDBY Şekil 4A.1'e göre idealleştirilmiş elastik-mükemmel plastik kuvvet-deplasman ilişkisi