

Prota Structure 2026 ile Mevcut BinalarınTBDY2018 e Göre Değerlendirilmesi

Burçin Şahinalp
İnşaat Yüksek Mühendisi

Gündem



1

Prota Grup Hakkında

2

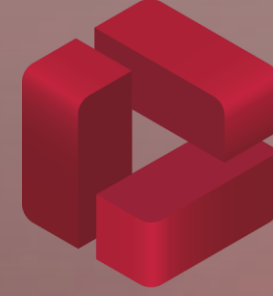
Prota Yazılım Çözümleri

3

Mevcut Bina Değerlendirilmesi

4

Soru-Cevap



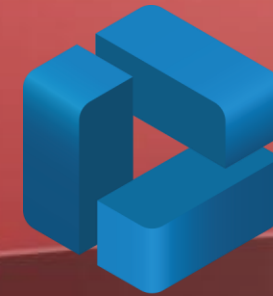
ProtasStructure®



ProtasDetails®



ProtasSteel®



ProtasBIM®

Prota 1985 yılında kurulmuştur...

Türkiye'nin en büyük mühendislik,
müşavirlik ve yazılım şirketlerinden birisidir.
Avrupa, Afrika, Ortadoğu ve Uzak Doğu'da
faaliyet göstermektedir.



1985 yılında kurulmuştur.

- **Prota Yazılım**
- Prota Mühendislik
- Prota Asya
- Prota Polonya





ProtaStructure®

- Kolaylık Sağlayan Modelleme Özellikleri
- Kapsamlı Analiz Özellikleri ve Faydaları
- Çelik ve Betonarme Tasarımı
- Temeller
- Rapor Oluşturma ve Yönetimi



ProtaSteel®

- Makro Kütüphaneleri
- Intelliconnect ile Bağlantıların Otomatik Tasarımı
- Bağlantı Tasarım Raporları
- Renkler ile Belirtilen Tasarım Durumu
- Çizimler (Montaj, Parça, Genel Yerleşim)
- IFC ve Tekla Entegrasyonu



ProtaDetails®

- Otomatik Detay Çizimleri
- Akıllı Nesnelerle Donatılmış CAD Araçları
- Geniş Tasarım Kütüphanesi (İstinat Duvarı, Çelik İskele Tasarım ve Detaylandırma)



ProtaBIM®

- Autodesk Revit Entegrasyonu

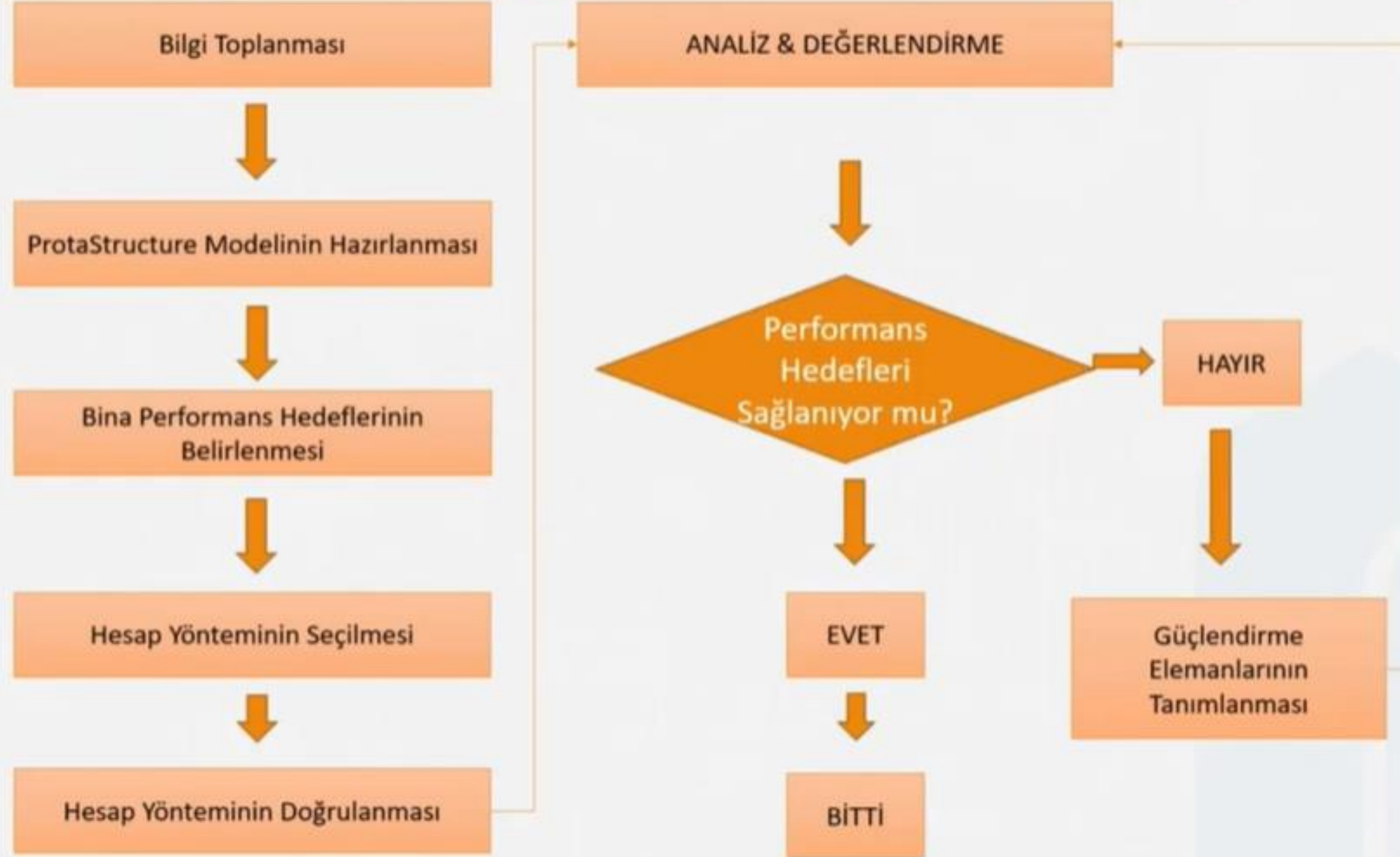


Günümüzde Prota, Global Olarak Büyümekteyiz.





Mevcut Bina Değerlendirme İş Akışı





TDY2007 VE TBDY2018 Yaklaşım Farklılıkları



Doğrusal Elastik Yöntem

Analiz Yöntemleri

- Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle Analiz
- Mod Birleştirme Yöntemiyle Analiz

Değerlendirme Yöntemi

- TDY2007 → Kuvvete Dayalı
- TBDY2018 → Şekil Değiştirmeye Dayalı



Doğrusal Olmayan Yöntemler

Analiz Yöntemleri

- Tek Modlu İtme Analizi
- Çok Modlu İtme Analizi
- Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz

Değerlendirme Yöntemi

- Şekil Değiştirmeye Dayalı



Deprem Hesabı Genel İlke ve Kurallar (15.4)

Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemler İçin Ortak Olarak Geçerli İlkeler

- 2.3.4'teki Yatay Elastik Tasarım Spektrumu veya 2.4.1'deki Sahaya Özel Tasarım Spektrumu kullanılabilir.
- Bina Önem Katsayısı Uygulanmaz. $I = 1$
- Deprem Kuvvetleri her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilir.
- Ek dış merkezlik uygulanmaz.
- Betonarme elemanlarda kenetlenme veya bindirme boyunun yetersiz olması durumunda kesit kapasite momentinin hesabında ilgili donatının akma gerilmesi, kenetlenme veya bindirme boyundaki eksikliği oranında azaltılacaktır.
- Betonarme kesitlerin etkileşim diyagramlarının tanımlanması sırasında
 - Betonun maksimum basınç birim şekil değiştirmesi 0.0035 alınır.
- Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait *etkin kesit rijitlikleri* kullanılır.



Binalardan Bilgi Toplanması

Tablo 15.1 – Binalar için Bilgi Düzeyi Katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Kapsamlı	1.00

- Sınırlı Bilgi Düzeyi
 - Sadece Tablo 3.1'deki «Diğer Binalar (BKS=3)» için uygulanır.
- Kapsamlı Bilgi Düzeyi
 - Bulunan Eleman Moment Kapasiteleri bu katsayı ile çarpılır
 - Malzeme Dayanımları Aksi Belirtilmedikçe Malzeme Katsayıları ile bölünmez.

- **Hangi Bilgileri Topluyoruz?**

1. Bina Geometrisi
2. Eleman Detayları
3. Malzeme Özellikleri

- **Bilgi toplama işlemi kimin sorumluluğunda?**

- TBDY2018 Madde 15.2.1.3 uyarınca:
- “İnceleme, veri toplama, derleme, değerlendirme, malzeme örneği alma ve deney yapma” işlemleri **inşaat mühendislerinin sorumluluğu** altında yapılır.



Binalardan Bilgi Toplanması

Bina Geometrisi

Sınırlı (15.2.4.1)	Kapsamlı (15.2.5.1)
• Saha Çalışması ile Taşıyıcı Sistem Plan Rölevesi çıkarılır. • Mimari projeler mevcutsa röleve çalışmasına yardımcı olarak kullanılır.	• Betonarme projesi mevcutsa ölçüm yapılarak mevcut geometrinin projeye uygunluğu kontrol edilir. Büyük ölçüde fark varsa proje yok sayılır. Proje yoksa saha çalışması ile röleve çıkarılır. • Bina geometrisi bilgileri bina kütlesinin hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir.

Her iki bilgi düzeyi için:

- Tüm betonarme elemanlar ve bölme duvarların her kattaki yeri, malzemesi, eksen açıklıkları, yükseklikleri, ve boyutları belirlenmeli ve hesap modelinin oluşturulması için yeterli olmalıdır.
- Temel sistemi -> Bina içinde ve dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir.
- Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir.
- Binanın komşu binalarla olan ilişkisi belirlenecektir.
Ayrık, bitişik, derz var/yok



Binalardan Bilgi Toplanması

Eleman Detayları

Sınırlı (15.2.4.2)

Betonarme binalardaki donatı miktarı ve detaylarının yapıldığı tarihteki minimum donatı koşullarını sağladığı varsayılır.

- Perde ve Kolonlarda Donatı Tespiti
 - Her katta kolon ve perdelerin %5'inde beton örtüsü sıyrılarak yapılır. En az 1'er adet elemana uygulanır.
 - Beton örtüsü sıyrılmayan Kolon ve Perdelerin %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazlarıyla belirlenir.
 - Tespit yapılan Kolon ve Perdelerde bulunan mevcut donatının minimum donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı belirlenir.
 - Bulunan bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm Perde ve Kolonlara Uygulanır.
- Kirişlerde Donatı Tespiti
 - Her kattan birer adet kirişin beton örtüsü sıyrılarak yapılır.
 - Kirişlerin donatıları düşey tasarım yükleri altında yapılacak hesapla belirlenir.

Kapsamlı (15.2.5.2)

Proje mevcut ise;

15.2.4.2'deki işlemler aynı miktarda eleman için uygulanır. Farklı olarak:

- Beton örtüsü sıyrılmayan kirişlerin %10'unda enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazlarıyla belirlenir.

Proje mevcut değilse;

- Perde ve Kolonlarda Donatı Tespiti
 - Her katta kolon ve perdelerin %10'unda beton örtüsü sıyrılarak yapılır. En az 2'şer adet elemana uygulanır.
 - Beton örtüsü sıyrılmayan Kolon ve Perdelerin %30'unda enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazlarıyla belirlenir.
- Kirişlerde Donatı Tespiti
 - Her kattan birer adet kirişin beton örtüsü sıyrılarak yapılır.
 - Beton örtüsü sıyrılmayan kirişlerin %15'inde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazlarıyla belirlenir.



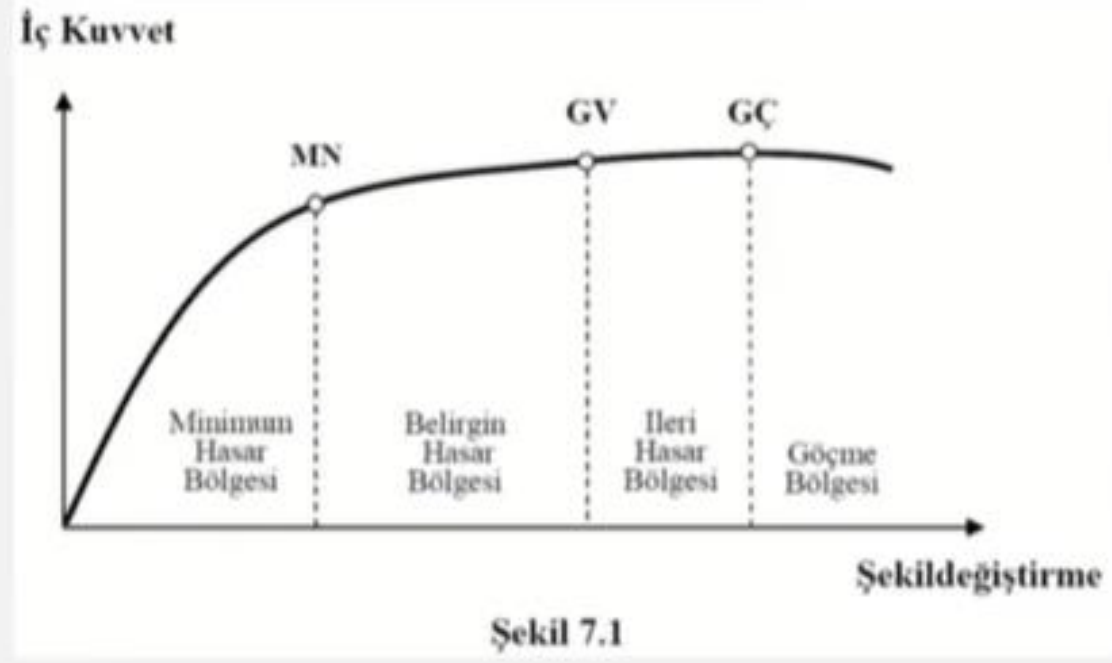
Binalardan Bilgi Toplanması

Malzeme Özellikleri

Sınırlı (15.2.4.3)	Kapsamlı (15.2.5.3)
- Kolonlardan veya perdelerden TS EN 12504-1'de belirtilen koşullara uygun her katta en az 3 karot örneği alınır. 3 tane alındıysa -> En düşük beton dayanımı kullanılır. 3'den fazla ise -> İstatistiksel değerlendirme yapılır. - Donatılar gözle muayene edilir. Bu sınıftaki çeliğin karakteristik akma dayanımı kullanılır. - Donatıda korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenir ve kapasite hesaplarında dikkate alınır.	- Kolonlardan veya perdelerden TS EN 12504-1'de belirtilen koşullara uygun Zemin katta en az 3, diğer katlarda en az 2 olmak üzere ve binada da 9 adetten az olmamak üzere her 400m2 için bir karot alınır. - İstatistiksel değerlendirme yapılır. 15.2.5.2'deki işlem sonucu sıyrılan elemanlardan her sınıftaki çelik için (S220, S420 vb.) 1 adet örnek alınarak deney yapılacaktır. - Mekanik özellikleri projeye uygun çıkarsa projedeki çeliğin karakteristik akma dayanımı kullanılır. - Uygun değilse en az 3 adet örnek daha alınarak deney yapılır. En elverişsiz çıkan akma gerilmesi kullanılır - Donatıda korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenir ve kapasite hesaplarında dikkate alınır.



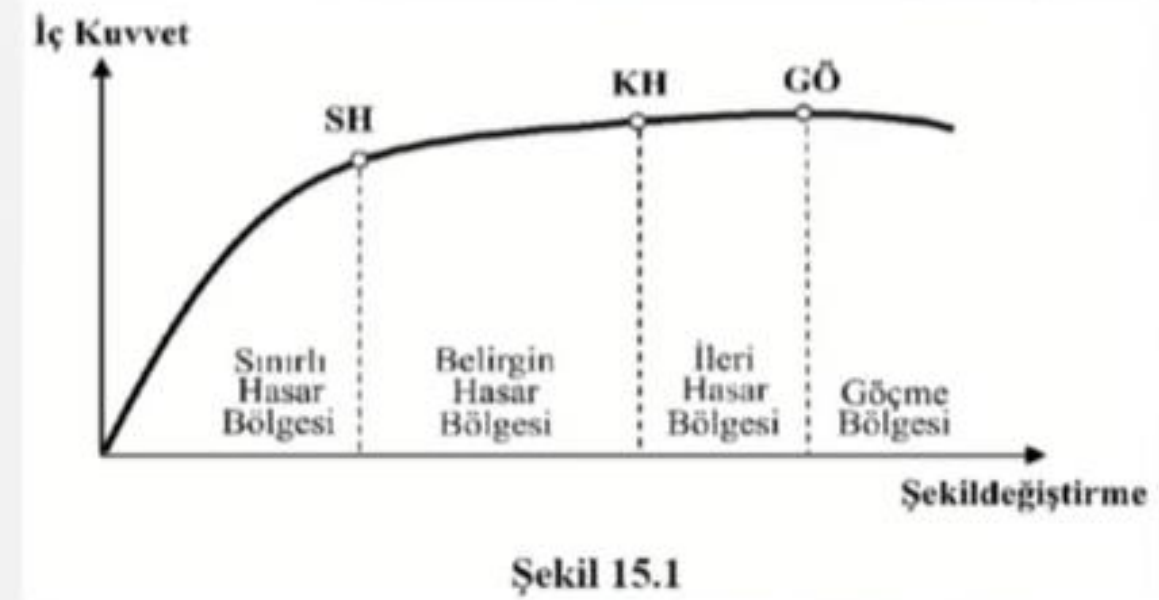
Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri (15.3)



TDY 2007



TBDY 2018





Doğrusal Yöntemlerin Uygulama Sınırları

- Elemanlar Sünek ve Gevrek olarak sınıflandırılır
 - **Ve** → Kolon, perde ve kirişlerin kritik kesitlerinde eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvveti
 - **Vr** → Kolon, perde veya kiriş kesitinin kesme dayanımı
 - Sünek eleman koşulu -> **Ve ≤ Vr**
- Aşağıdaki durumlardan biri mevcutsa **Doğrusal Yöntemler Kullanılamaz**
- $BYS < 5$
- B3 Düzensizliği Mevcut
- Her bir deprem doğrultusu için en üst hariç her katta
 - Düşey Sünek Elemanların EKO değeri > Kirişlerin EKO değeri
 - Sünek perde, sünek kolon ve güçlendirilmiş bölme duvarların EKO değeri > 3
 - Sünek kirişlerin EKO değeri > 5

$$EKO = \frac{\sum_i V_i \cdot (EKO)_i}{\sum_i V_i}$$



Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi Uygulama Sınırları

Tablo 4.4. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin Uygulanabileceği Binalar

Bina Türü	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfı	
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a, 4, 4a
Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	BYS ≥ 4	BYS ≥ 5
Diğer tüm binalar	BYS ≥ 5	BYS ≥ 6



İzin Verilen Plastik Dönme Limitleri (Betonarme)

- Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi İçin (5.6)

$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3} \left[(\phi_u - \phi_y) L_p \left(1 - 0.5 \frac{L_p}{L_s} \right) + 4.5 \phi_u d_b \right]$$

- Kontrollü Hasar Performans Düzeyi İçin (5.7b)

$$\theta_p^{(KH)} = 0.75 \theta_p^{(GÖ)}$$

- Sınırlı Hasar Performans Düzeyi İçin (5.8b)

- Plastik Mafsal oluşumuna izin verilmez

$$\theta_p^{(SH)} = 0$$



ProtaStructure – OpenSees Entegrasyonu

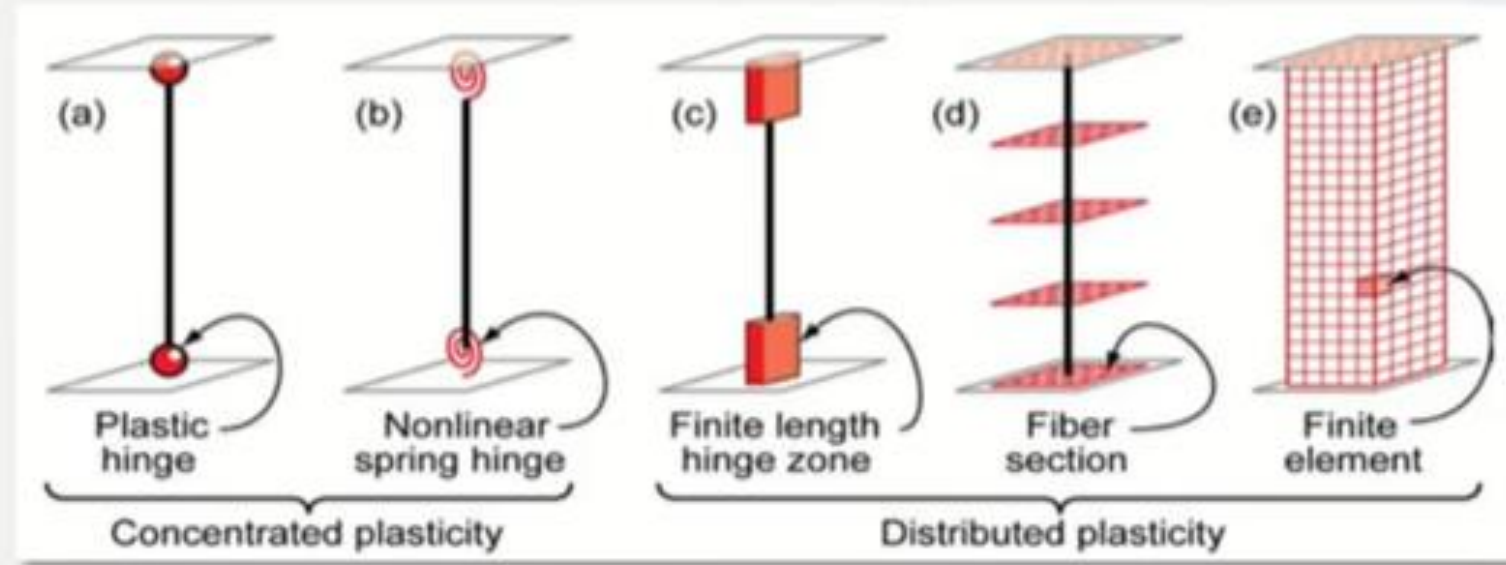
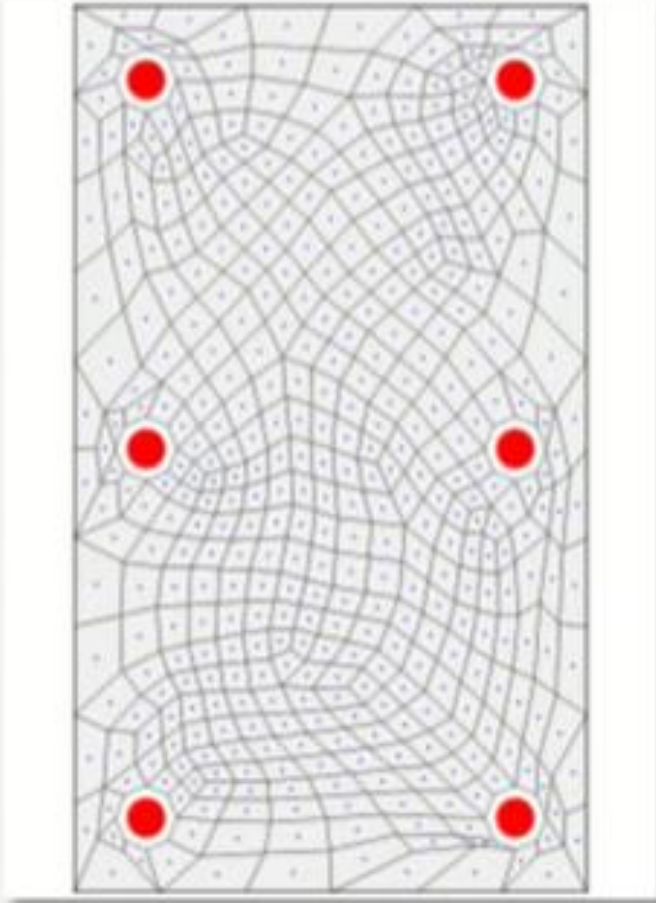
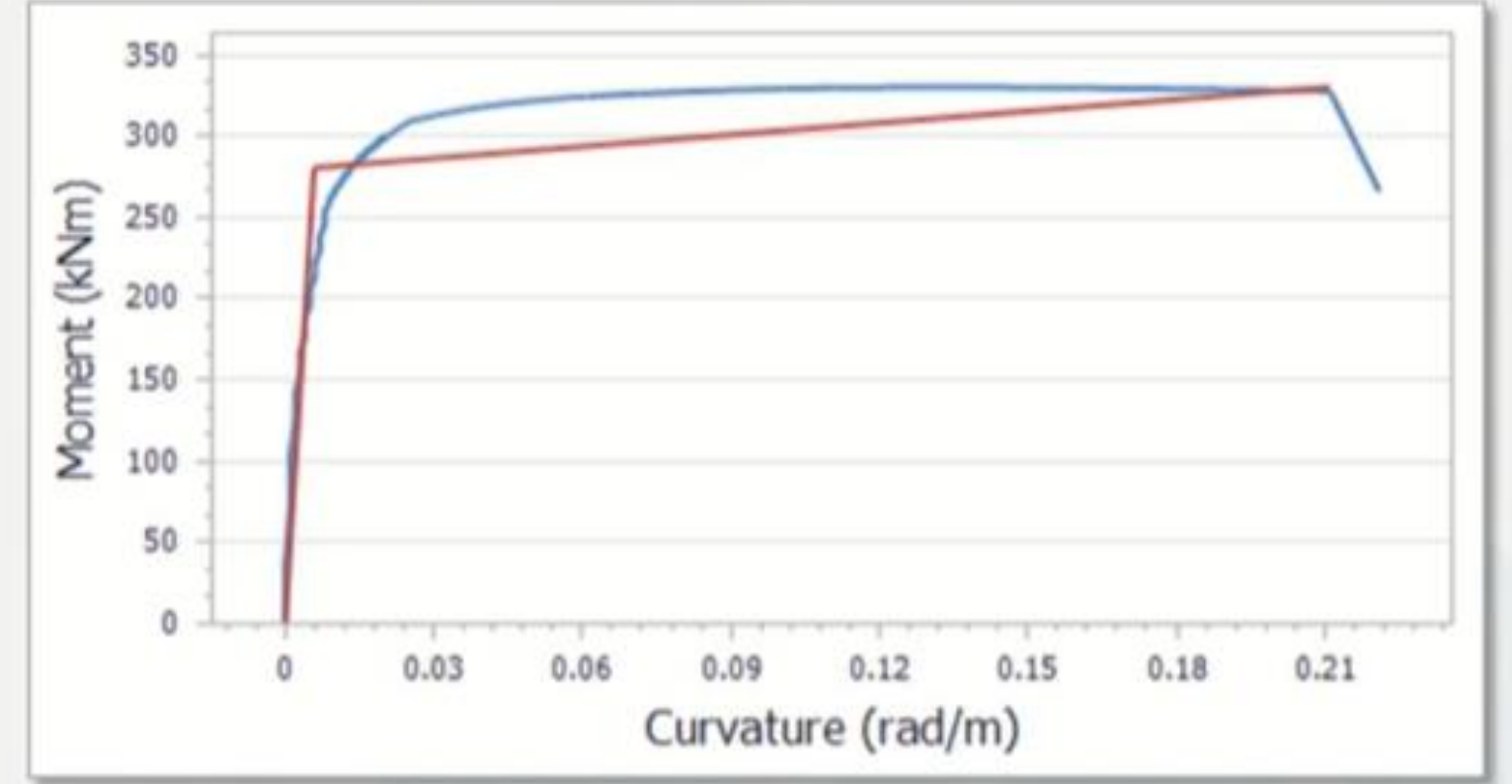
OpenSees: Open System for Earthquake Engineering Simulation

- Analiz Modeli TCL/TK dosyaları ile transfer edilir.
- **Doğrusal Olmayan Malzeme Tanımları** hesaplanır ve modele atanır.
- **Doğrusal Olmayan Artımsal İtme ve ZT Alanında Doğrusal Olmayan Analiz** gerçekleştirilir.
 - **Son-İşleme** Yapılır



Doğrusal Olmayan Malzeme Tanımları

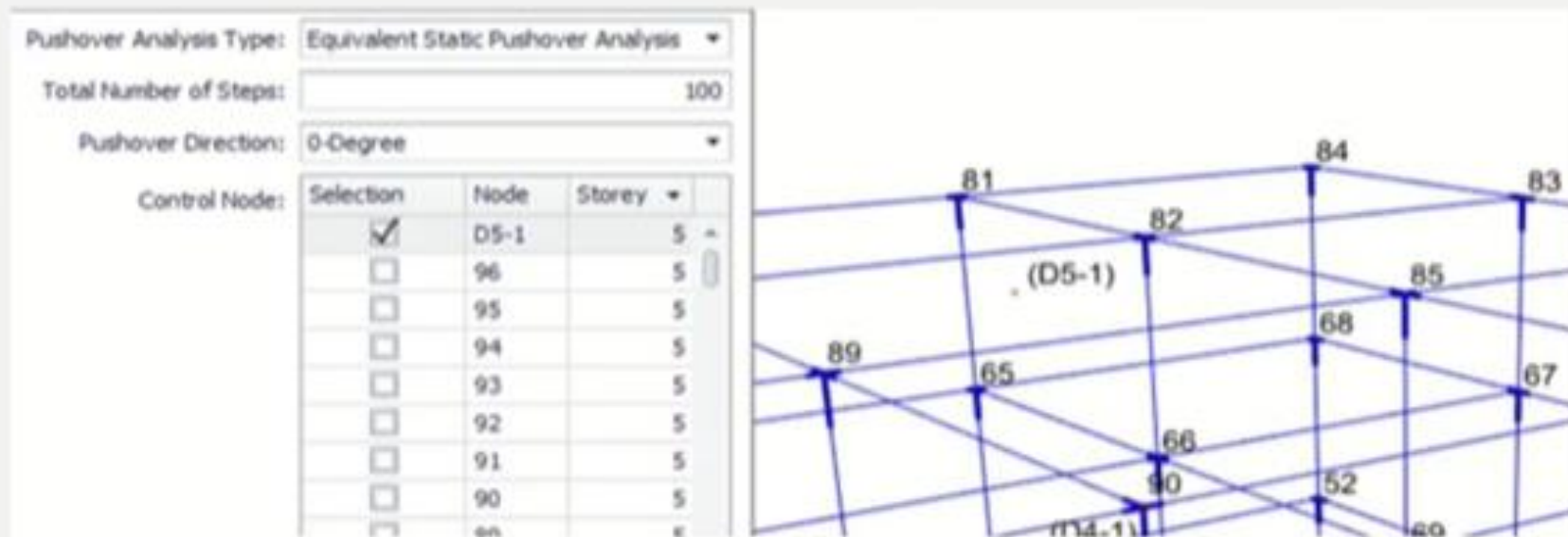
- Kesitler için Doğrusal Olmayan Fiber Kesit Analizleri
- **Finite Length Zone modeli** kullanılır.





Artımsal İtme

- Hedef Nokta Takibi ve Hedef Deplasman Hesabı
- Kapasite Eğrisi
- Değerlendirme Raporu



Column Table (Dir:0°)

Column	Storey	L-Net (cm)	bx by (cm)	N _{req} N _{out} (t)	V _{req} V _{out} (t)	M _{req} M _{out} (t.m)	My _{req} My _{out} (t.m)	Mp _{req} Mp _{out} (t.m)	Capacity Reduction Factor	V / V _{storey}	Failure Type	Strong Column	θ_{u1} (rad)	θ_{u2} (rad)	$\theta_{p, 5.25}$ (rad)	$\theta_{p, 10.5}$ (rad)	$\theta_{p, 15.75}$ (rad)	Section Damage Region
S1 - I	1	250.00	50.00 30.00	-38.240	-3.435	-1.75	15.29	17.98	0.750	0.0535	Ductile	X	0.0163	0.0000	0.0000	0.0364	0.0486	Limited
S1 - J	1	250.00	50.00 30.00	-39.365	-3.435	8.56	15.41	18.13	0.750	0.0535	Ductile	✓	2.50e-18	0.0000	0.0000	0.0491	0.0654	Limited
S2 - I	1	250.00	50.00 30.00	-70.102	-4.613	-3.14	18.43	21.69	0.750	0.0738	Ductile	X	0.0001	0.0137	0.0000	0.0364	0.0486	Significant
S2 - J	1	250.00	50.00 30.00	-71.227	-4.613	10.70	18.51	21.77	0.750	0.0738	Ductile	✓	0.0000	0.0000	0.0000	0.0491	0.0654	Limited
S3 - I	1	250.00	50.00 30.00	-70.319	-4.469	-2.47	18.69	21.99	0.750	0.0520	Ductile	X	0.0163	0.0000	0.0000	0.0376	0.0502	Limited
S3 - J	1	250.00	50.00 30.00	-71.444	-4.469	10.93	18.76	22.07	0.750	0.0520	Ductile	✓	1.24e-18	0.0000	0.0000	0.0449	0.0598	Limited
													0.0002	0.0136	0.0000	0.0376	0.0502	Significant
													0.0000	0.0000	0.0000	0.0449	0.0598	Limited
													0.0165	0.0000	0.0000	0.0423	0.0564	Limited
													2.50e-18	0.0000	0.0000	0.0505	0.0674	Limited
													0.0002	0.0135	0.0000	0.0423	0.0564	Significant
													0.0000	0.0000	0.0000	0.0505	0.0674	Limited

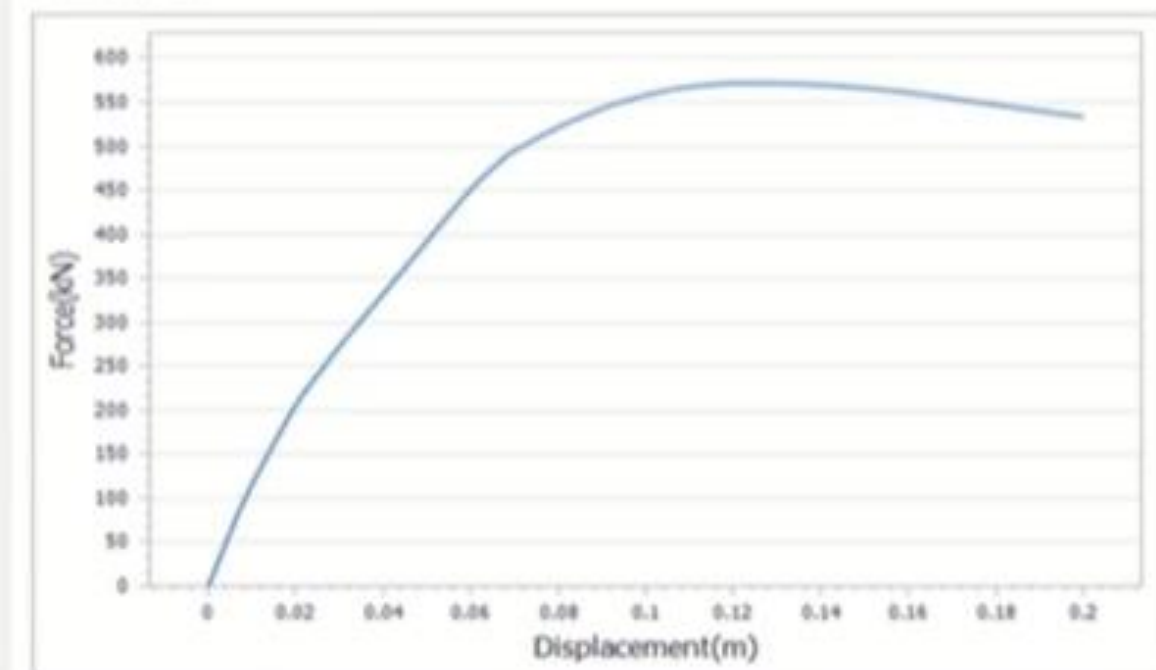
Performance Goal: Controlled Damage - Earthquake Level: DD2 Assessment Report

Performance Assessment Report

Earthquake Level	Performance Goal	Direction	Most Critical Storey	Determined Building Performance Level	Status
DD2	Controlled Damage	0°	1	Collapse Prevention	X

Earthquake Level: DD2 - Performance Goals are not Satisfied X

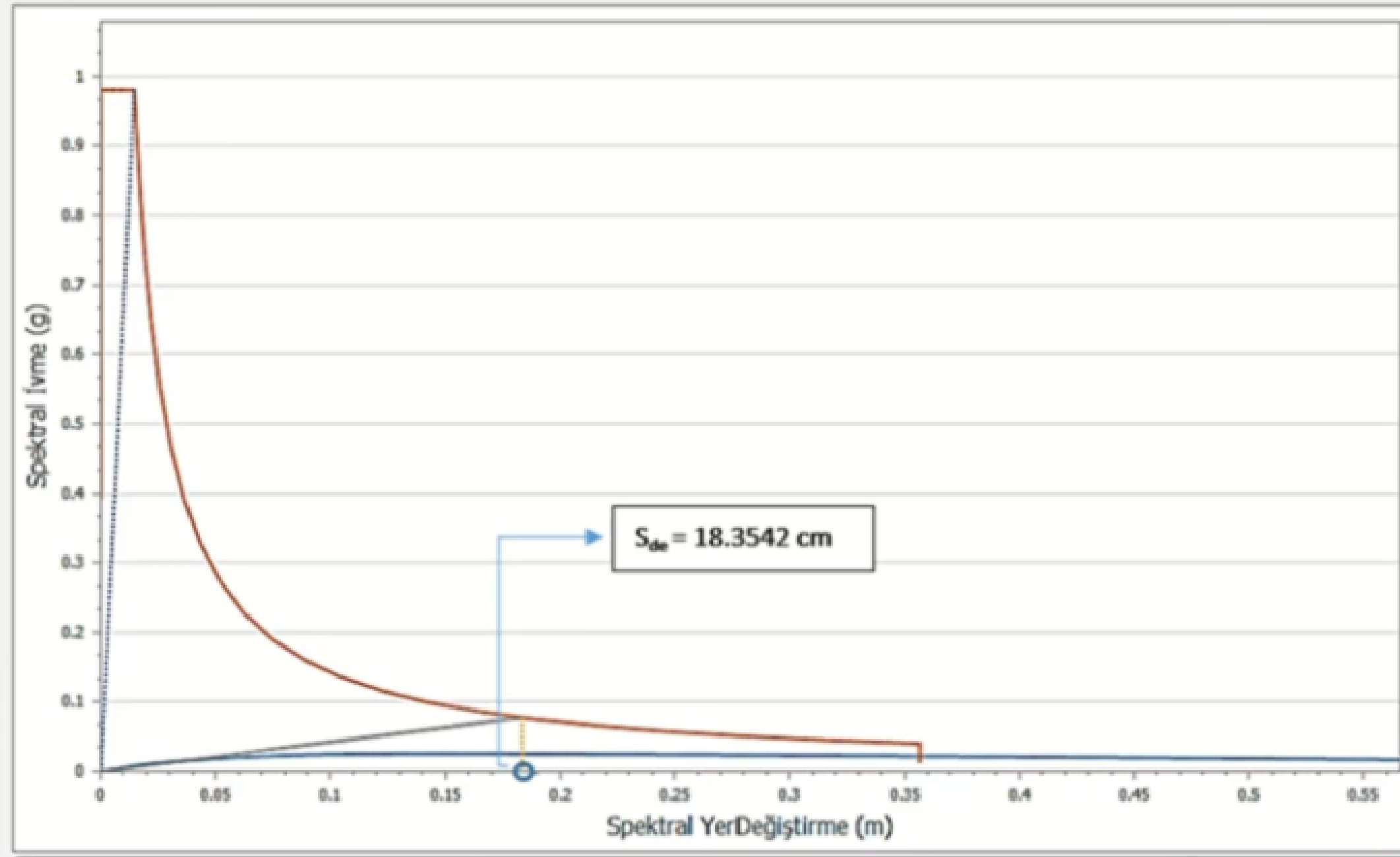
Pushover Curve





Hedef Deplasman Hesabı

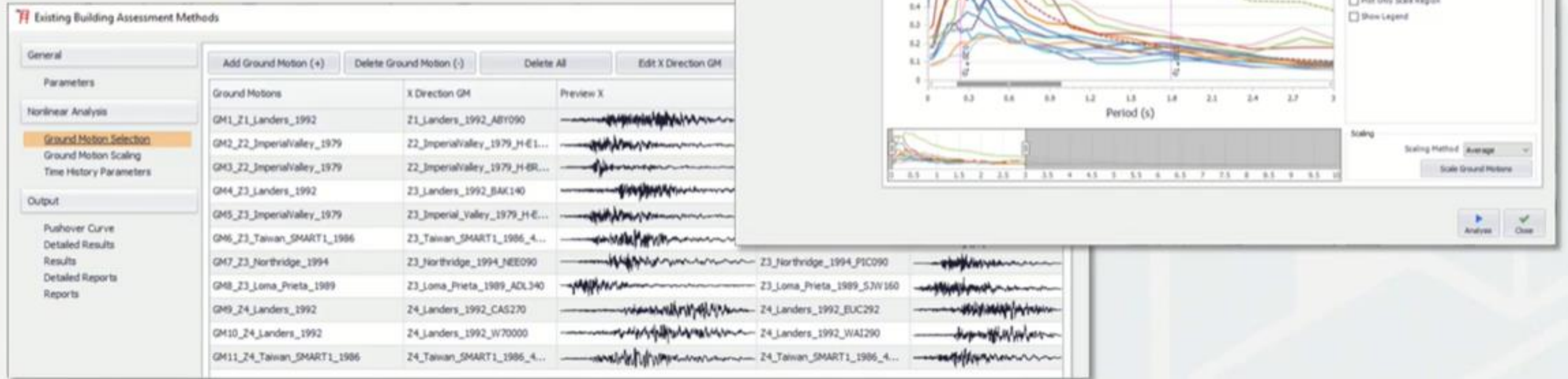
FEMA 356, Eurocode 8, TBDY 2018





Doğrusal Olmayan Zaman-Tanım Alanında Analiz

- İvme Kaydı Seçimi
- İvme Kayıtlarının Ölçeklenmesi
- X, -X gibi farklı doğrultuların aynı anda etki edilmesi
- Değerlendirme için son-işleme
(**Maksimum** ve **Ortalama** Değerler)





Bina Performans Düzeyi

- **Elastik Yöntem**
 - Doğrusal Elastik Analiz yapıyoruz.
 - Tüm elemanların Etki-Kapasite oranlarını hesaplıyoruz.
 - Tüm elemanlar için kırılma türünü belirliyoruz.
 - Yöntem Geçerliliği Kontrolü yapıyoruz.
 - Kuvvetli Kolon Kontrollerini yapıyoruz.
- **Doğrusal Olmayan Yöntemler**
 - Artımsal İtme veya Zaman Tanım Alanında Analiz yapıyoruz.
 - Tüm elemanlar için kırılma türünü belirliyoruz.
- **Performans Düzeyi Kararı**
 - Sünek elemanlar için eleman bazında hasar sınıflarını belirliyoruz.
 - Kat bazında her asal yön için hasar sınıflarını belirliyoruz.
 - Bina bazında her asal yön için hasar sınıflarını belirliyoruz.
 - En kritik hasar sınıfını binanın performansı Kabul ediyoruz.



15.8.5. Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi

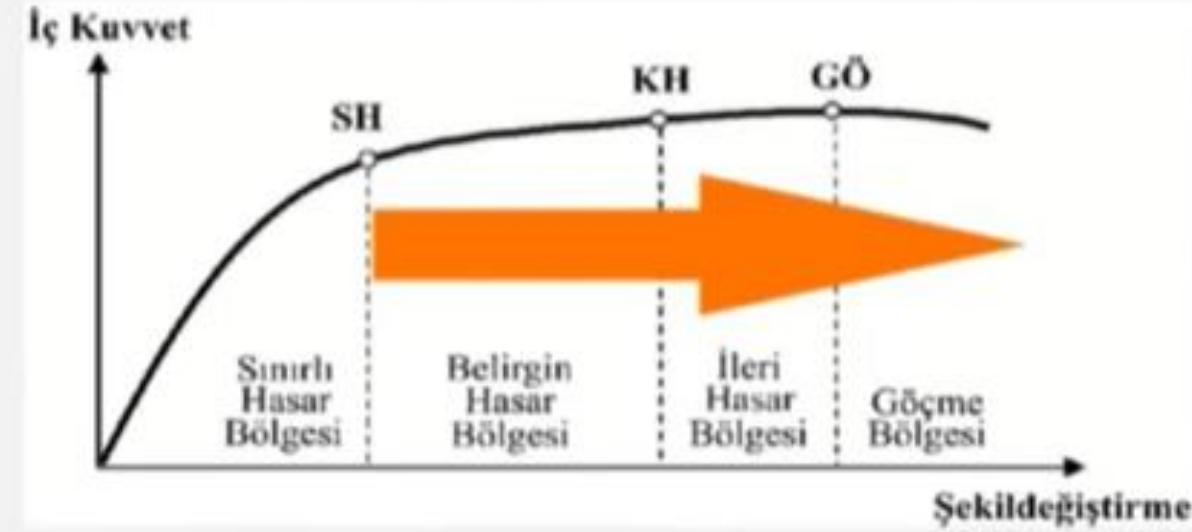
$\leq 20\%$

Göçme Bölgesinde Kalan Kirişler

Düşey Taşıyıcı Elemanlar $\rightarrow$ SH, BH

$< 30\%$

Belirgin Hasar Sınırını Aşanlar İçin V/V-kat



Doğrusal Yöntem Kullanıldıysa ve Kuvvetli Kolon Şartı Sağlanmışsa o Düşey Eleman Yukarıdaki Yüzde Hesabına Dahil Edilmez



15.8.4. Kontrollü Hasar Performans Düzeyi

$\leq 35\%$

İleri Hasar Bölgesinde Kalan Kirişler

Düşey Taşıyıcı Elemanlar → SH, BH

$< 20\%$

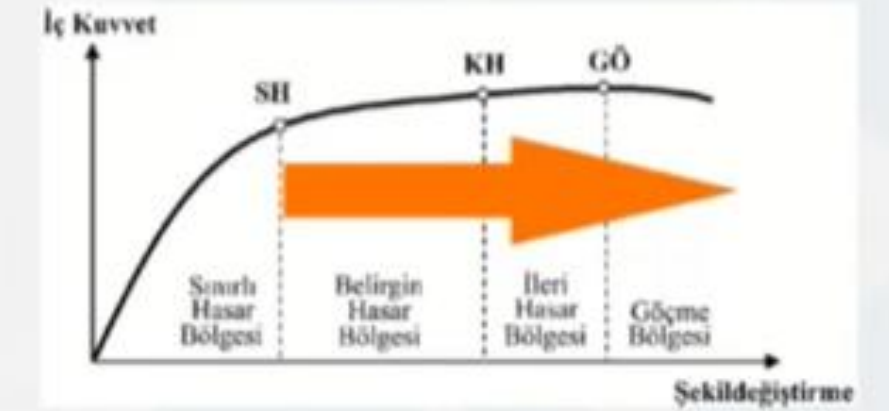
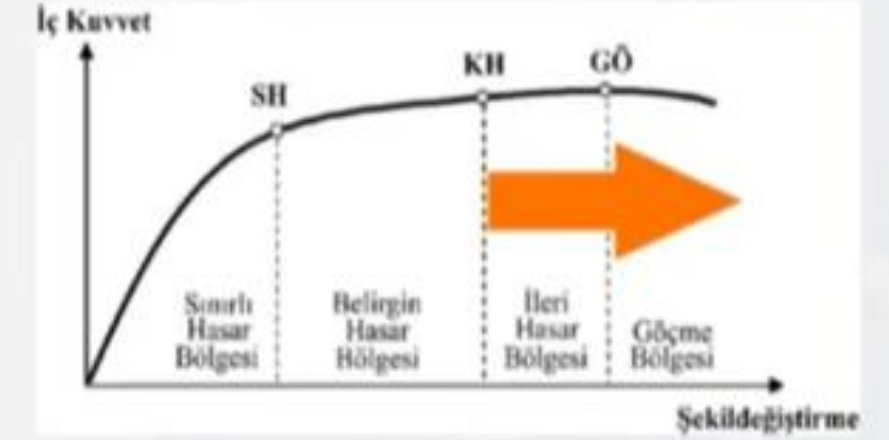
İleri Hasar Sınırını Aşanlar İçin V/V-kat
(Ara Katlarda)

$< 40\%$

İleri Hasar Sınırını Aşanlar İçin V/V-kat
(En Üst Katta)

$< 30\%$

Belirgin Hasar Sınırını Aşanlar İçin V/V-kat



Doğrusal Yöntem Kullanıldıysa ve Kuvvetli Kolon Şartı Sağlanmışsa o Düşey Eleman Yukarıdaki Yüzde Hesabına Dahil Edilmez



15.8.3. Sınırlı Hasar Performans Düzeyi

$\leq 20\%$

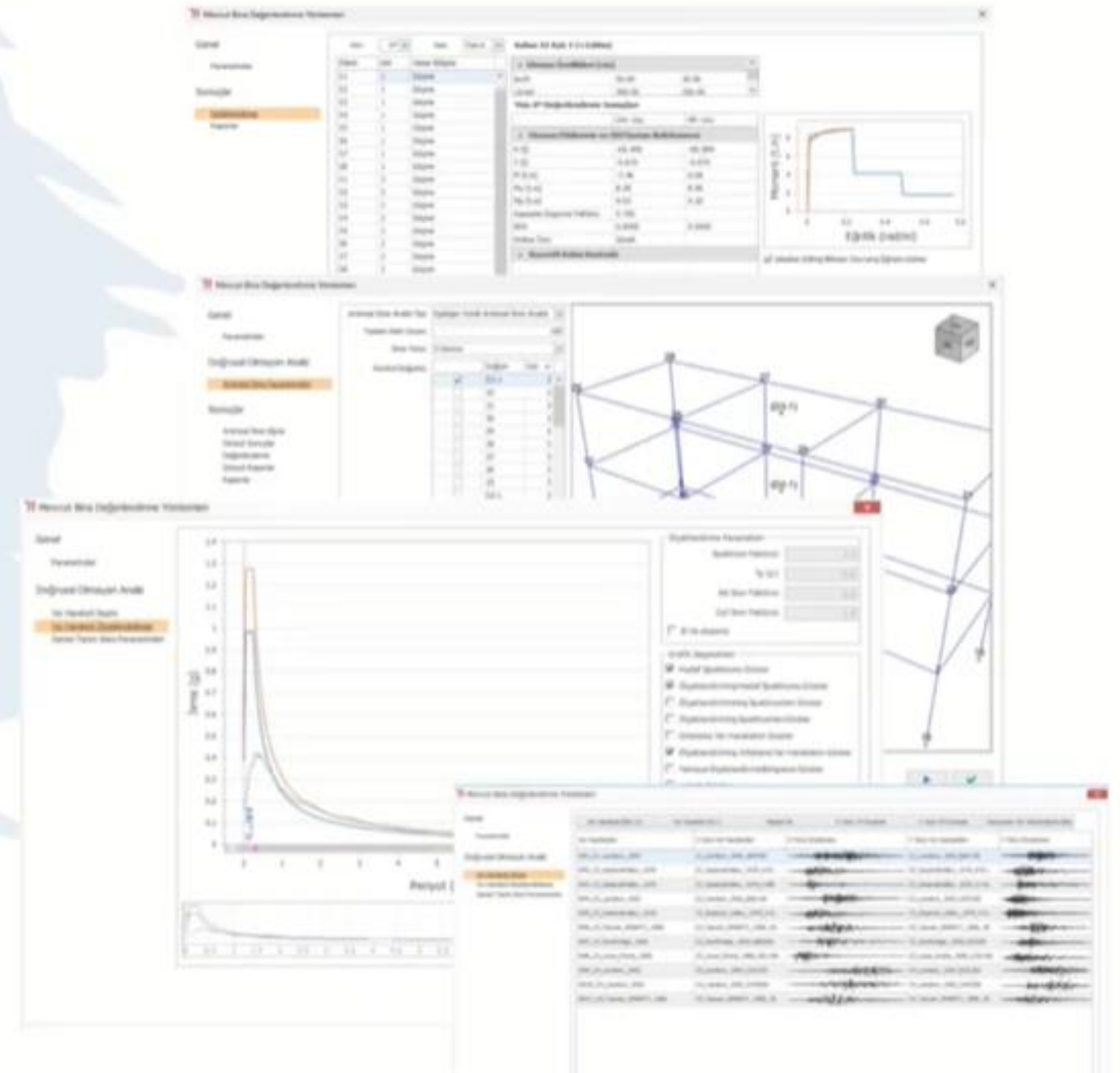
Belirgin Hasar Bölgesinde Kalan Kirişler

Diğer Taşıyıcı Elemanların Tümü → Sınırlı Hasar



ProtaStructure

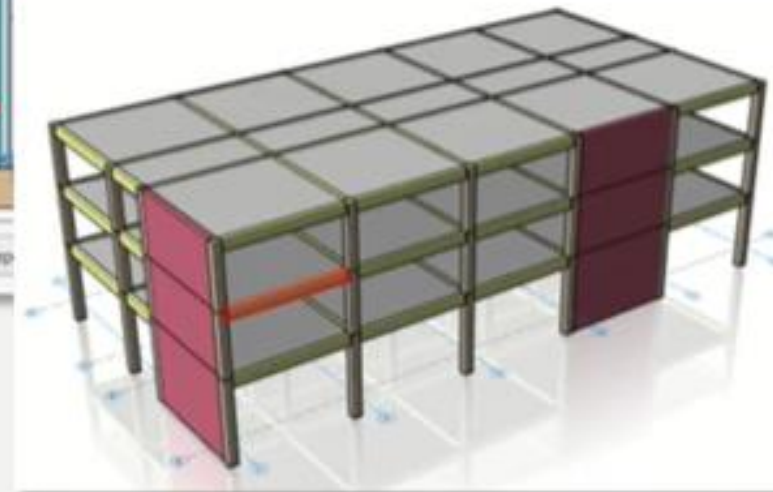
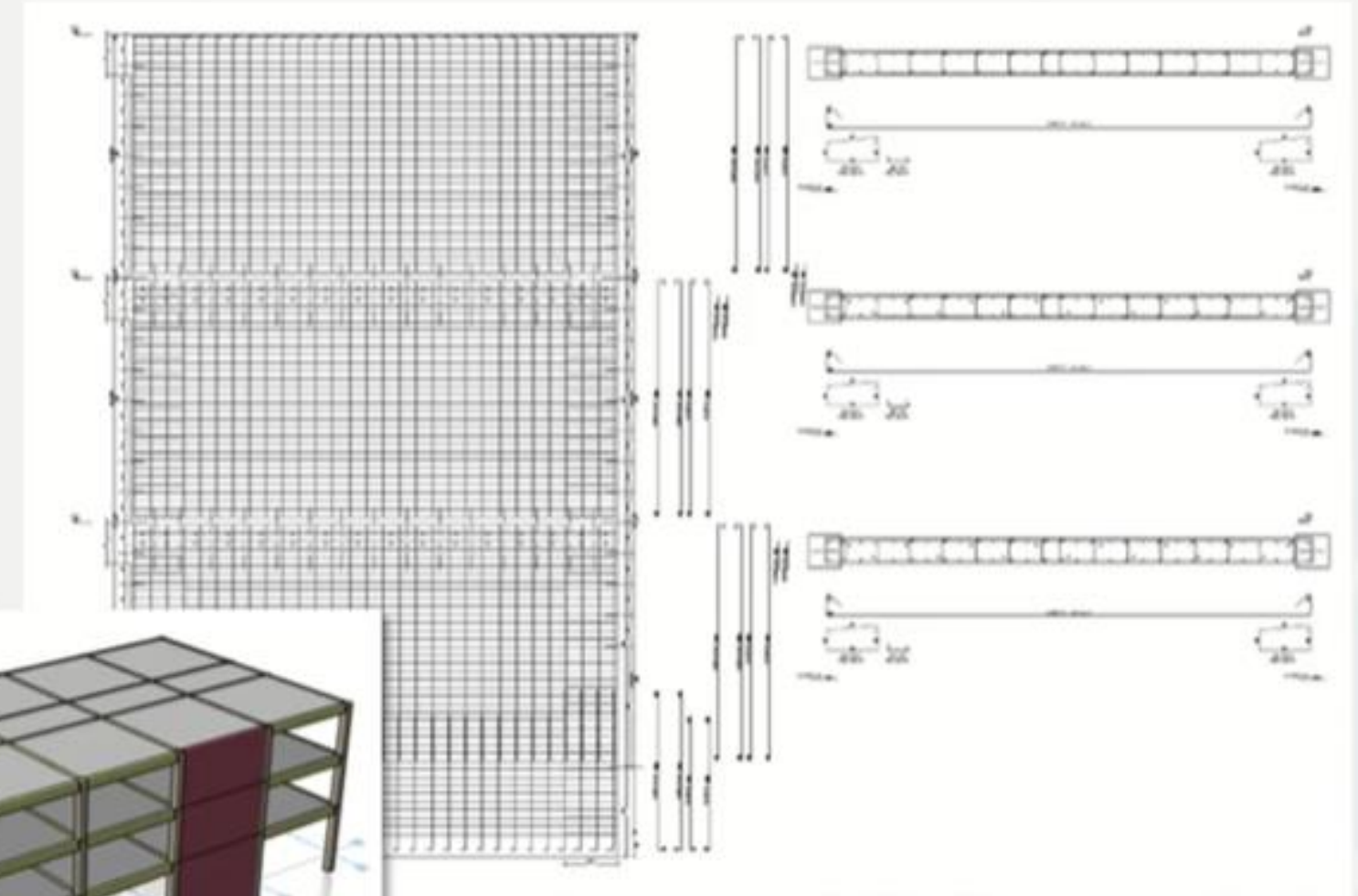
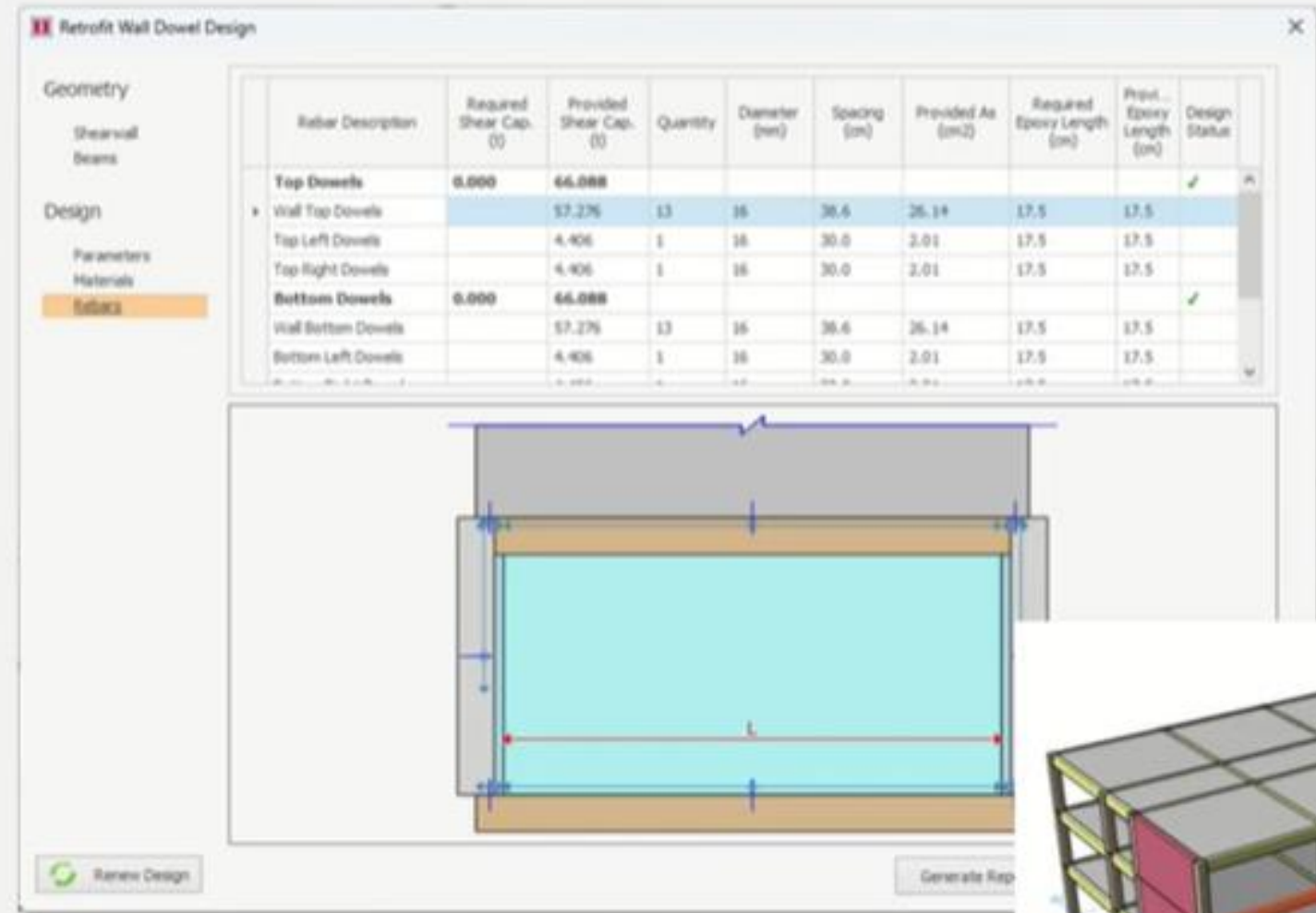
- Doğrusal Elastik Yöntem
- Artımsal İtme
 - Hedef Yer Değiştirmenin Belirlenmesi
- Zaman Tanım Alanında Analiz
 - Yer Hareketi Ölçeklendirilmesi





Güçlendirme Teknikleri

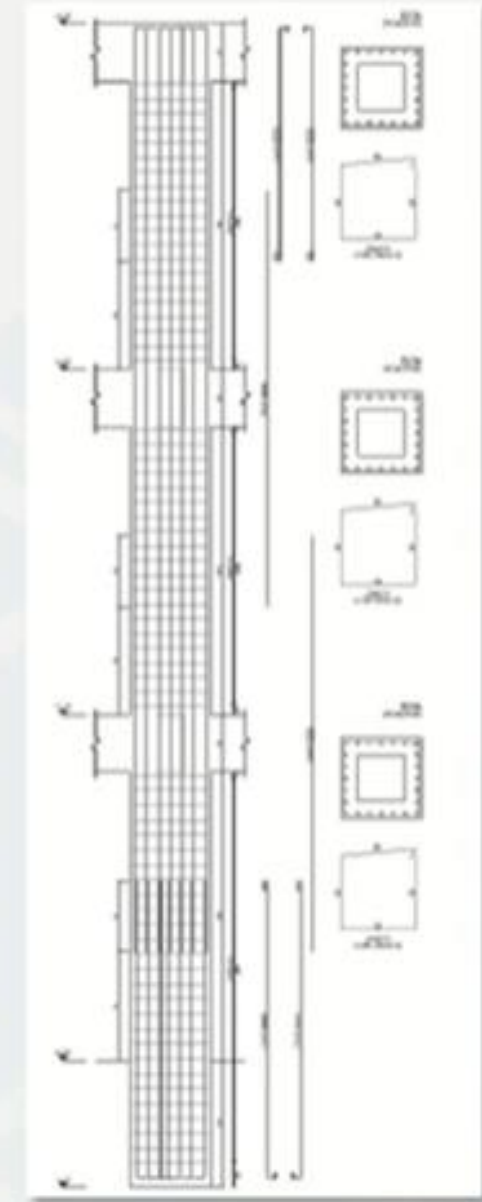
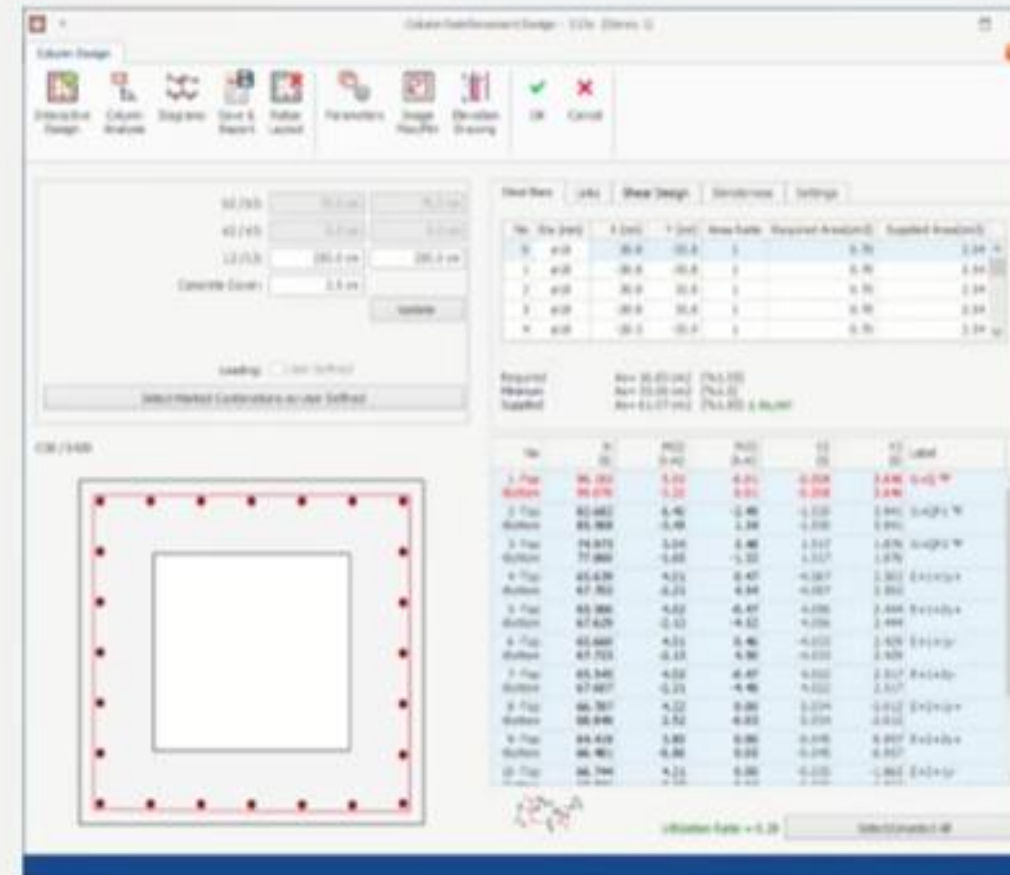
Betonarme Duvar Eklenmesi ile 'Sistem Güçlendirmesi'

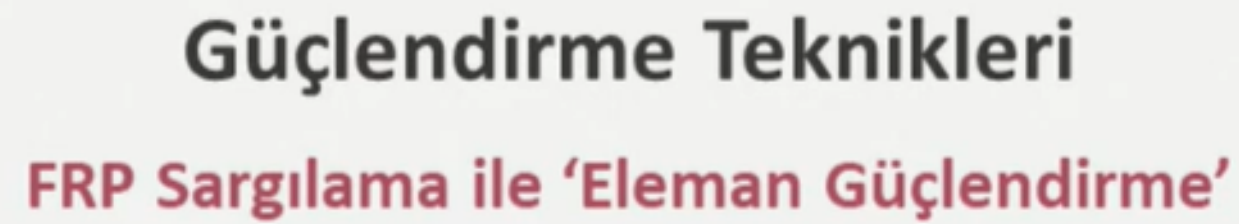




Güçlendirme Teknikleri

Kolon Mantoları ile 'Eleman Güçlendirme'







Güçlendirme Teknikleri

Sismik İzolasyon (Önemli Mevcut Yapılarda Değerlendirilmeli)

Base Isolator Parameters

Isolator Type: Lead Rubber Bearing OK Cancel

Isolator Location ☒

☐ None ☐ Top ☒ Bottom

Distance from Node: cm

Isolator Height (h): cm

Stiffnesses

☐ Modify Stiffnesses with Multipliers

k-x: t/m ☒

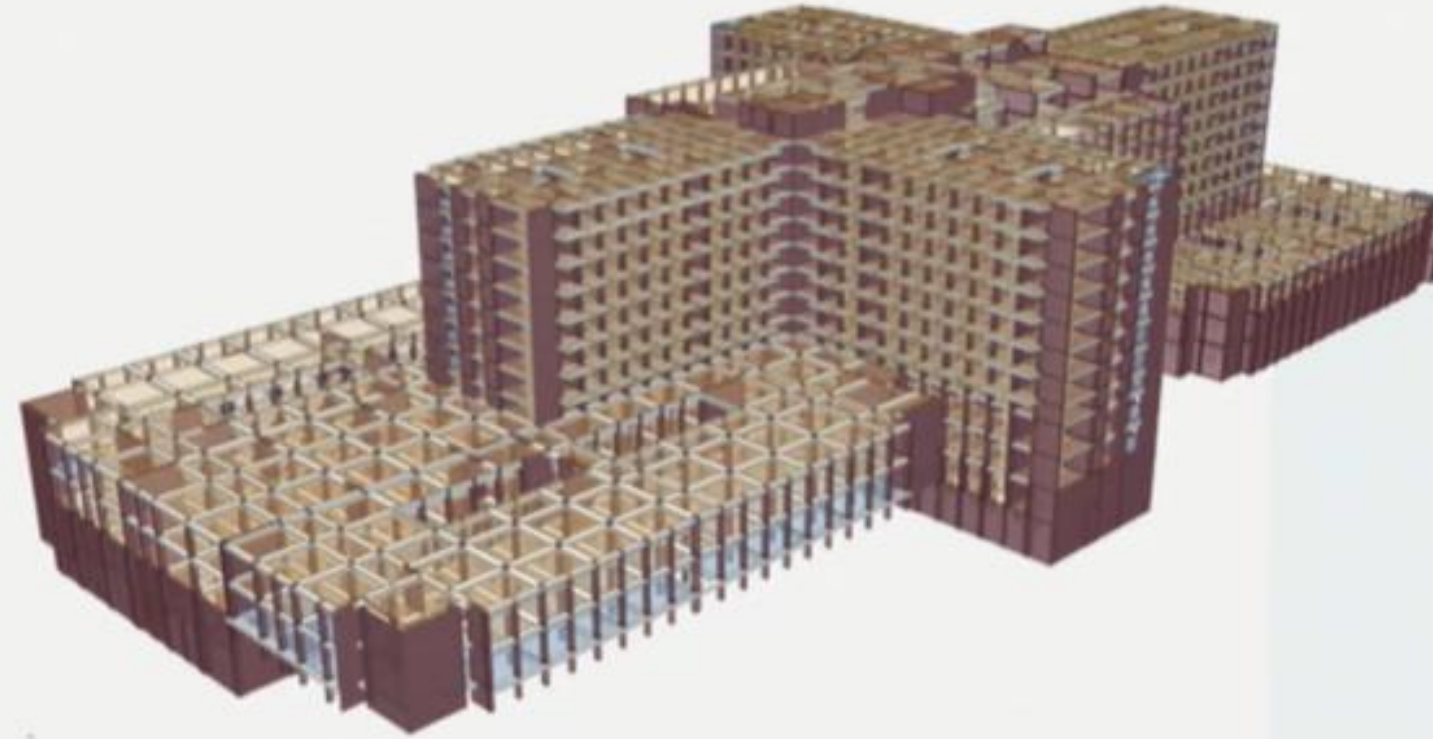
k-y: t/m ☒

k-Axial: t/m ☒

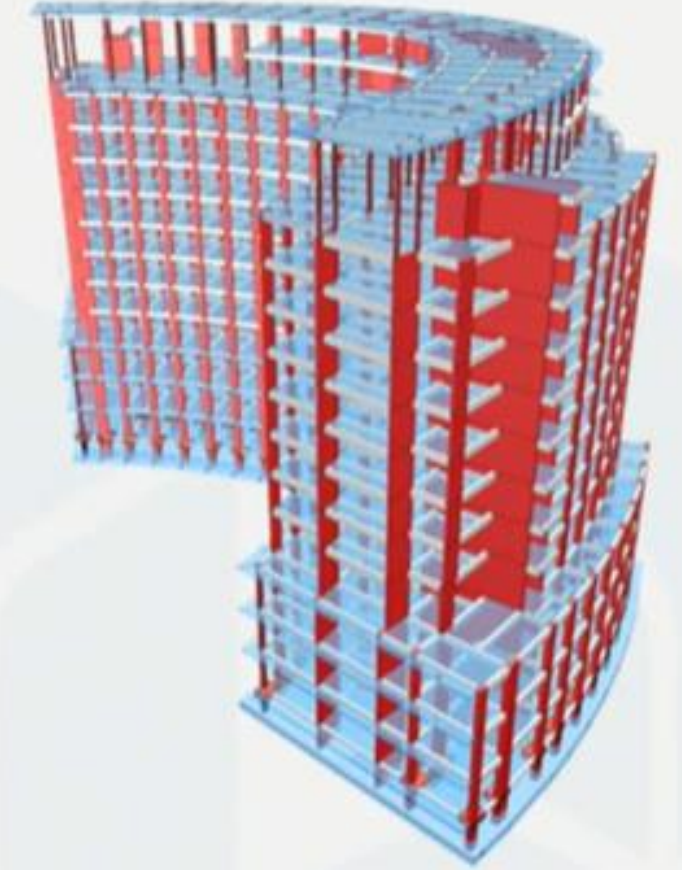
Displacement

Limit Displacement: cm ☒

Only the marked fields will be copied to the records. You can modify only the required fields by unchecking the others.



İstanbul Maltepe Hospital, Retrofit with seismic isolators



Erzurum Health Campus Block B, Turkey



TEŞEKKÜRLER...

Bizi Takip Etmek İçin:



 Facebook/**protayazilim**

 LinkedIn/**protayazilim**

 Instagram/**protayazilim**

 Twitter/**protayazilim**

 Youtube/**protastucture**