

YÜKSEK BİNALARDA SÜRTÜNMEYE DAYALI SÖNÜMLEYİCİLER İLE BAĞLI PERDE DUVAR SİSTEMİ

Ramazan AYAZOĞLU

Yüksek Lisans Tez Sunumu

03.02.2015

Giriş: Yüksek Yapılar

- Ülkemizde ve Dünya'da yüksek yapı sayısı her geçen gün artmaktadır.
- Genel kabul gören tanım:
 - **50m ve üzeri yapılar** (CTBUH)
- Betonarme perde duvarlı sistemler en fazla kullanılan yapısal sistemlerdir.
- Deprem bölgelerinde bu perde duvarlar **sünek bağ kirişleri** ile bağlanmaktadır.
 - Betonarme
 - Çelik
 - Kompozit
 - Fiber donatılı



Betonarme
Bağ Kirişi



Çelik Bağ Kirişi

Cendere Nurol Life (2015)

Giriş: Bağ Kirişler

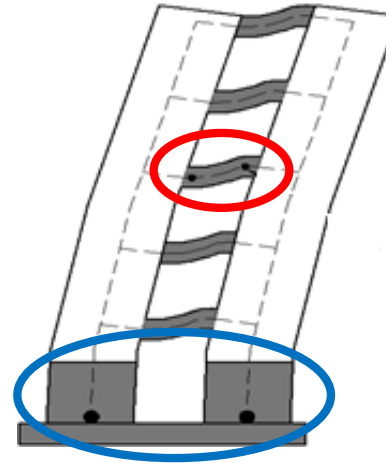
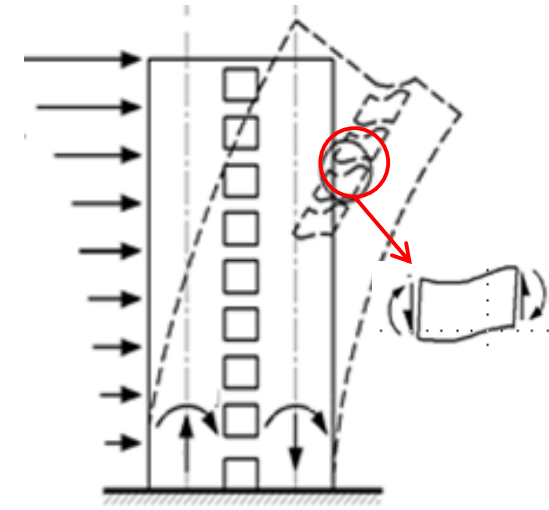
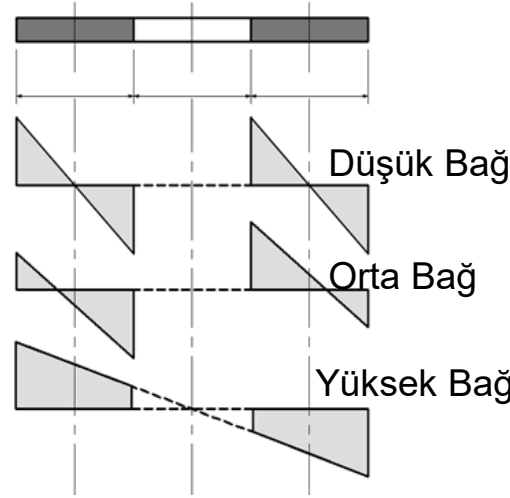
• Deprem davranış ve tasarım felsefesi

- Bağlı davranış
- İlk hasar görecek elemanlardır
- Genelde; bağ kirişlerdeki enerji sönümleme perde duvarlardan daha fazladır
- Şiddetli deprem sonrası hasarın **kalıcı** olması beklenebilir

• Tasarımındaki zorluklar

- Mimari, mekanik kısıtlamalar
- Bağlı davranış tüm davranışı etkiler

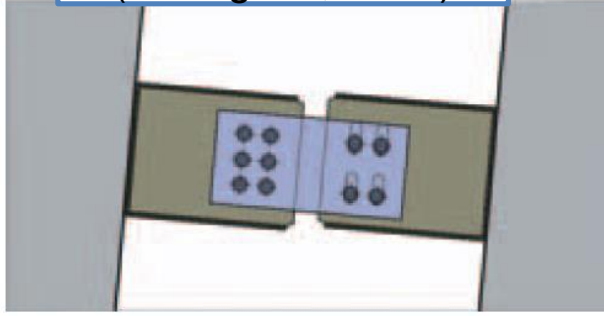
→ **Sönümleyici Kullanımı**



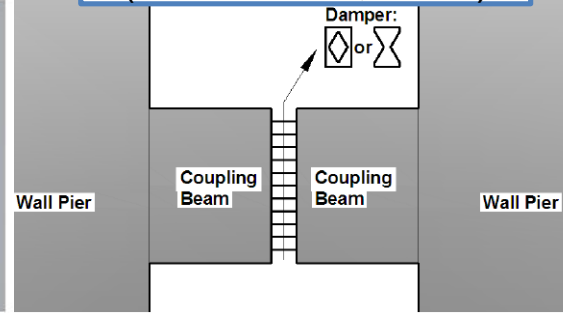
Mt. McKinley Apartmanı
(Paulay 1969b)

Giriş: Sönümleyicilerle Bağlı Perde Duvarlar

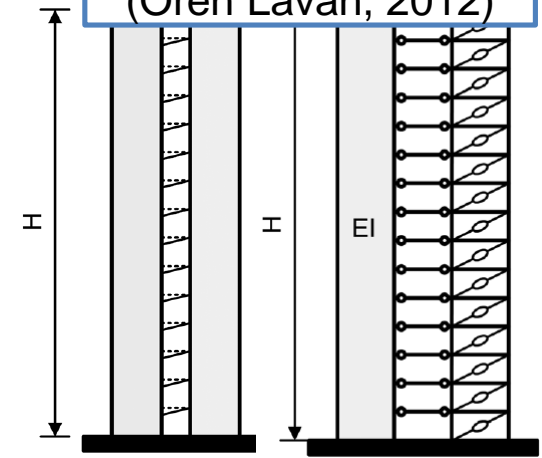
(Chung vd., 2009)



(Faridani vd., 2014)



(Oren Lavan, 2012)

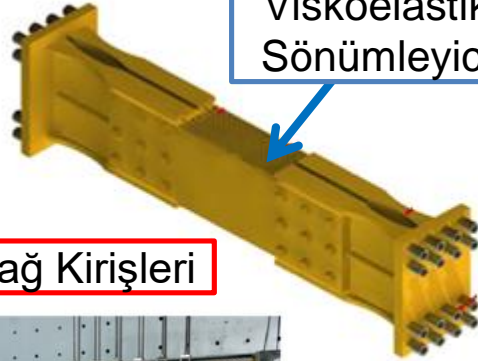


→ Pratiğe ve tasarıma yönelik araştırma eksikliği mevcuttur



Bağ Kirişleri

Viskoelastik Sönümleyici



(Christopoulos ve Montgomery, 2013)

Tasarım zorlukları:

- Sönümleyici konfigürasyonu
- Sönümleyici kapasiteleri
- Modelleme
- Maliyet
- Performans seviyeleri
- Avantajlar ve dezavantajlar

Amaç ve Kapsam

- **Amaç:** Sönümleyicilerle bağlı betonarme perde duvarlı yüksek binaların tasarımını kolaylaştırıcı yöntemlerin geliştirilmesi
- **Kapsam:**
 - Türkiye’de tasarlanmış ve inşa edilmiş 43 katlı bir yüksek binanın örnek bina olarak incelenmesi
 - Sönümleyici olarak dönme sürtünmesine dayalı sönümleyici kullanılması
- **Yöntem:**
 - Tasarlanmış yapıda bağ kirişleri yerine sönümleyici kullanılması
 - Farklı yerleşim ve kapasite seçenekleri
 - Hasarı azaltmaya yönelik yerleşim incelemesi

SUNUM

1. Bölüm

Örnek Bina

- Boyutlar
- Depremsellik
- Eşdeğer çerçeve

2. Bölüm

Sönümleyici
Sistem Tasarımı

Doğrusal Olmayan
Modelleme

Farklı Konfigürasyon

- 3 Farklı

Farklı Kapasite

- 3 Farklı

Yapı Hasarını
Azaltmaya Yönelik
Çalışma

Diğer Konular

- Maliyet
- Boyutlandırma
- Uygulanabilirlik

Sonuç ve öneriler

SUNUM

1. Bölüm

Örnek Bina

- Boyutlar
- Depremsellik
- Eşdeğer çerçeve

2. Bölüm

Sönümleyici Sistem Tasarımı

Doğrusal Olmayan Modelleme

Farklı Konfigürasyon

- 3 Farklı
- Farklı Kapasite
- 3 Farklı

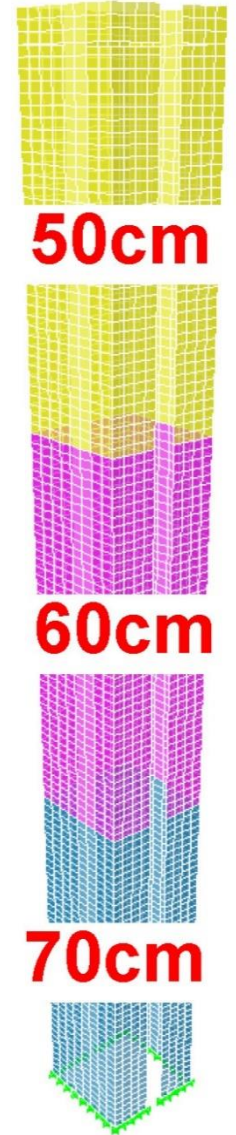
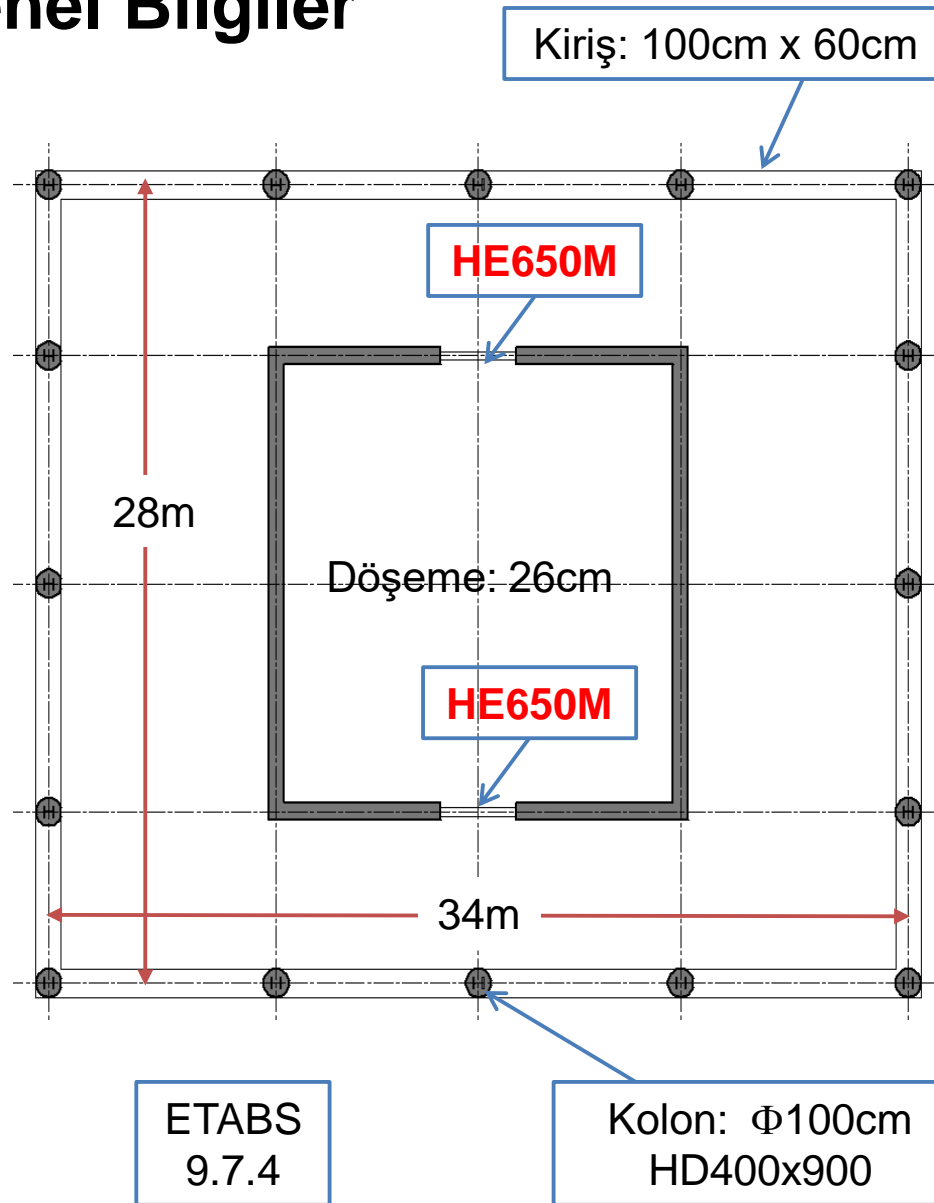
Yapı Hasarını Azaltmaya Yönelik Çalışma

Diğer Konular

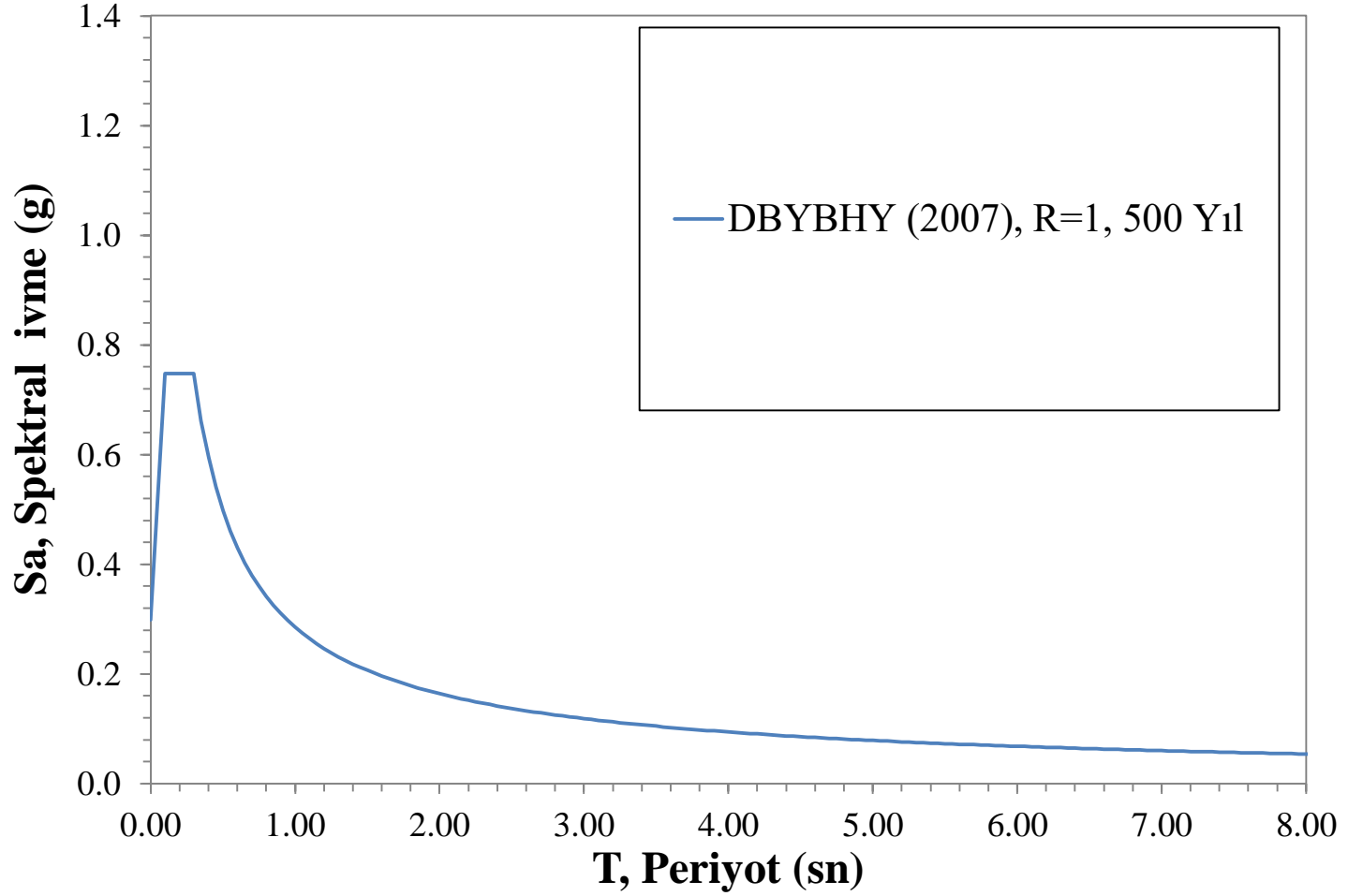
- Maliyet
- Boyutlandırma
- Uygulanabilirlik

Sonuç ve öneriler

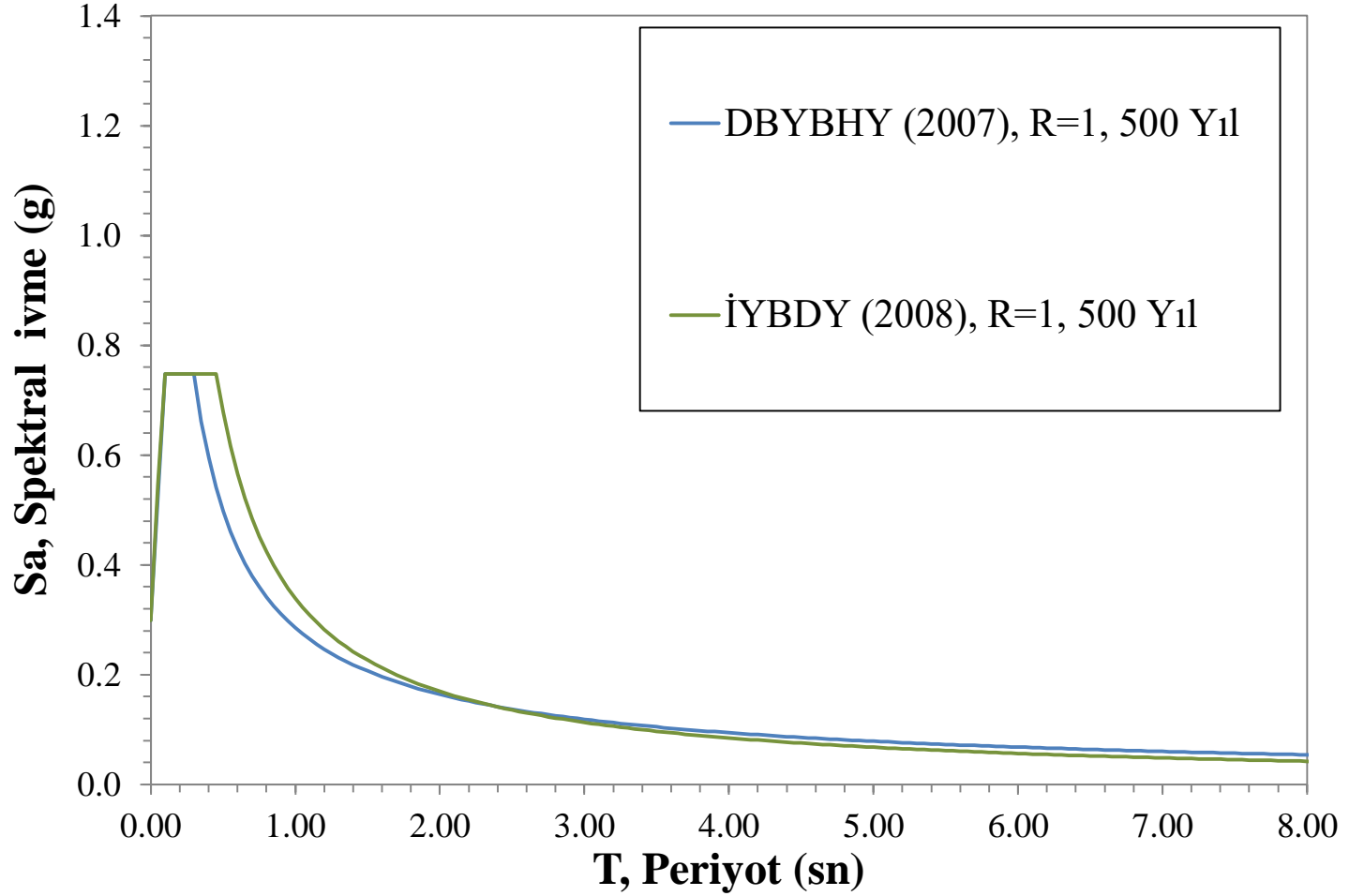
Örnek Bina: Genel Bilgiler



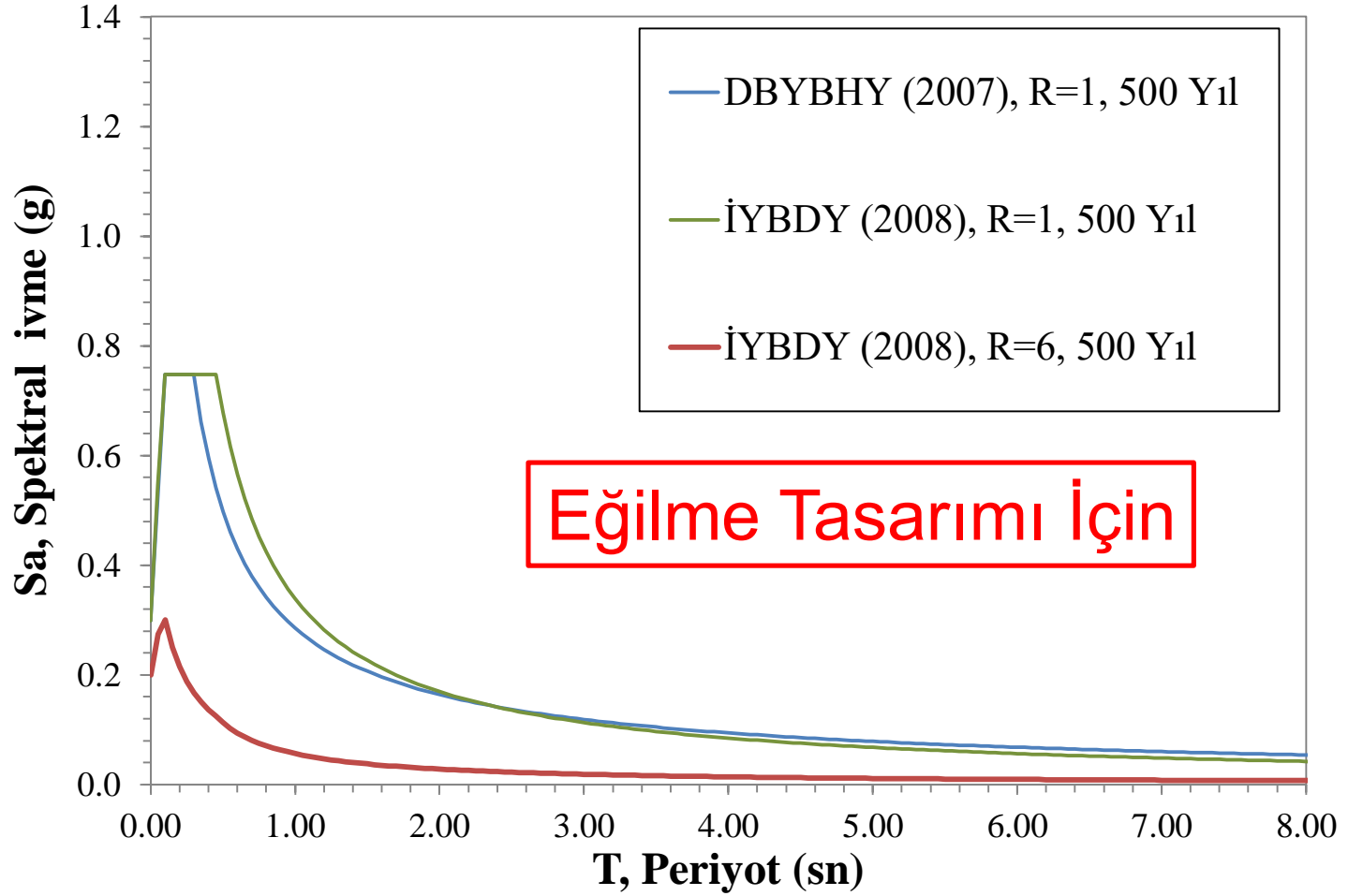
Örnek Bina: Tasarım Spektrumu



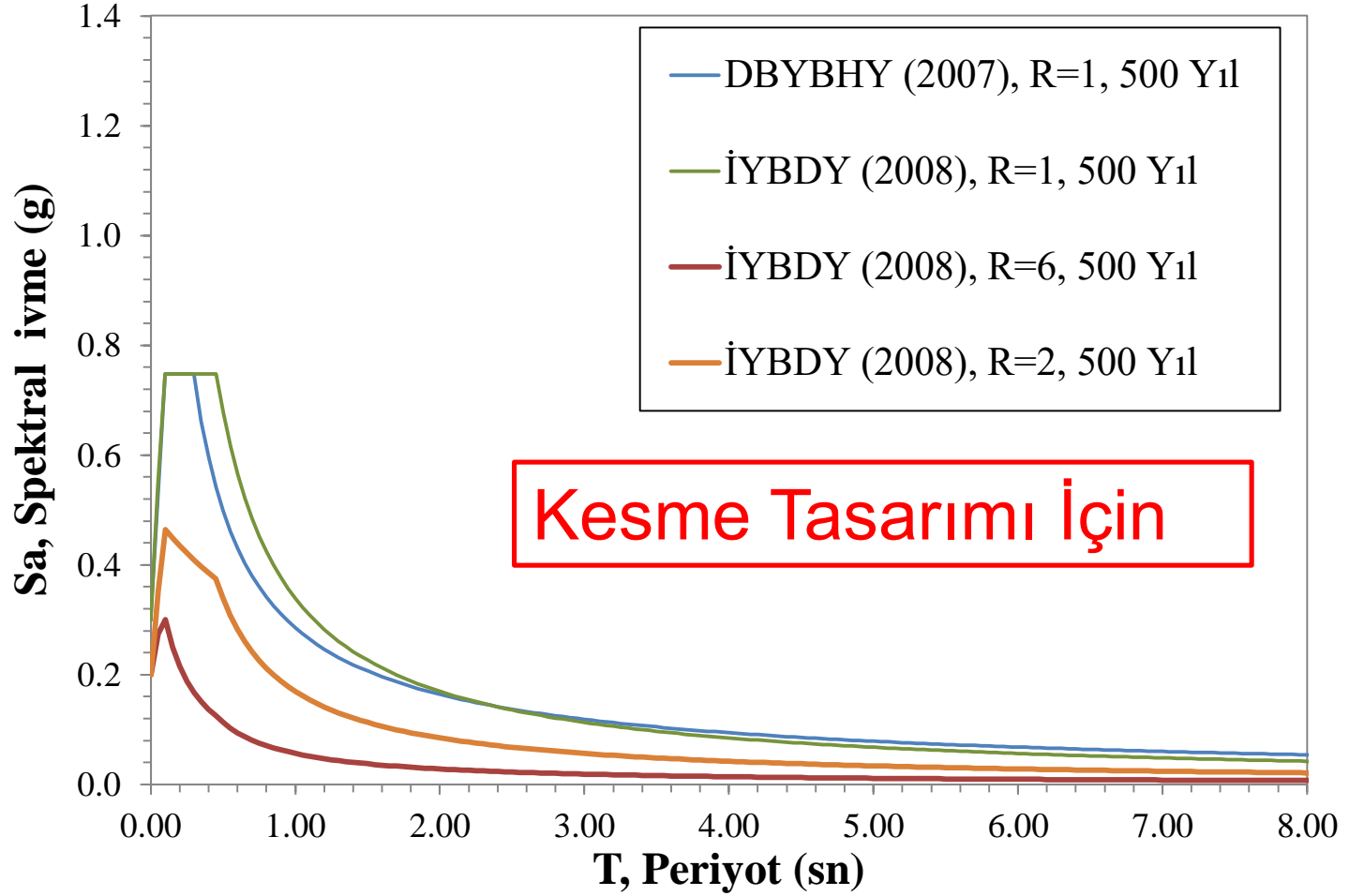
Örnek Bina: Tasarım Spektrumu



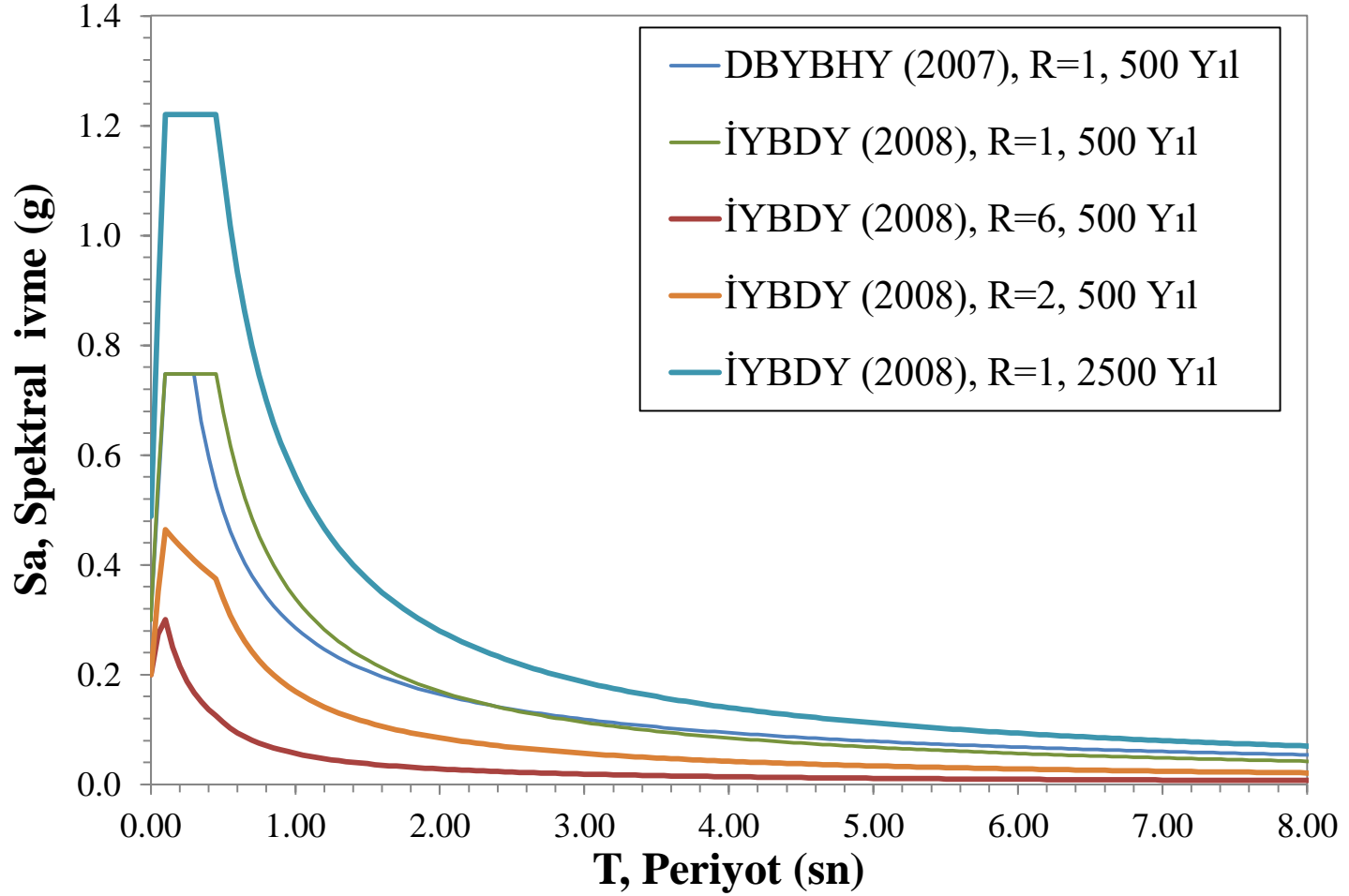
Örnek Bina: Tasarım Spektrumu, R = 6



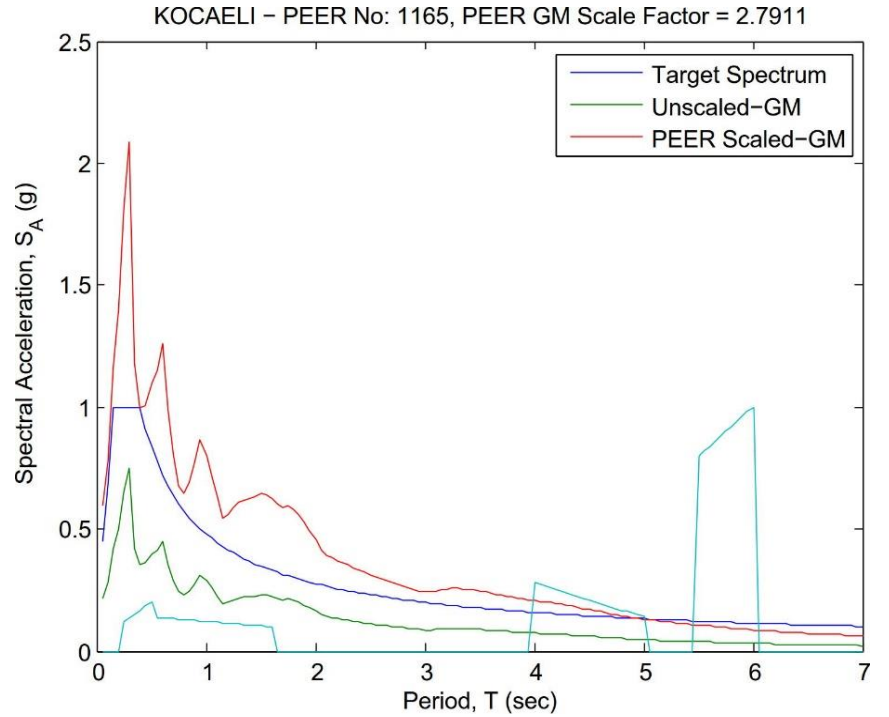
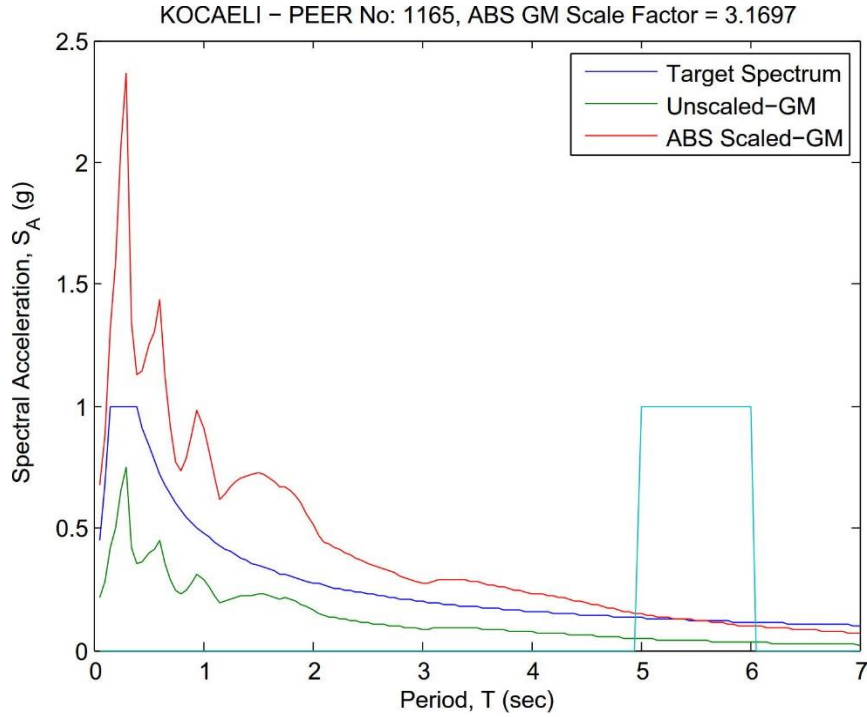
Örnek Bina: Tasarım Spektrumu, R = 6



Örnek Bina: Tasarım Spektrumu



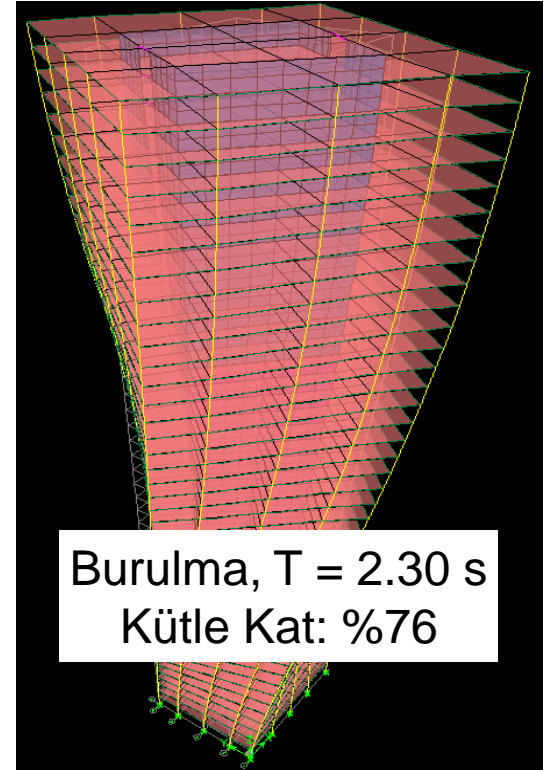
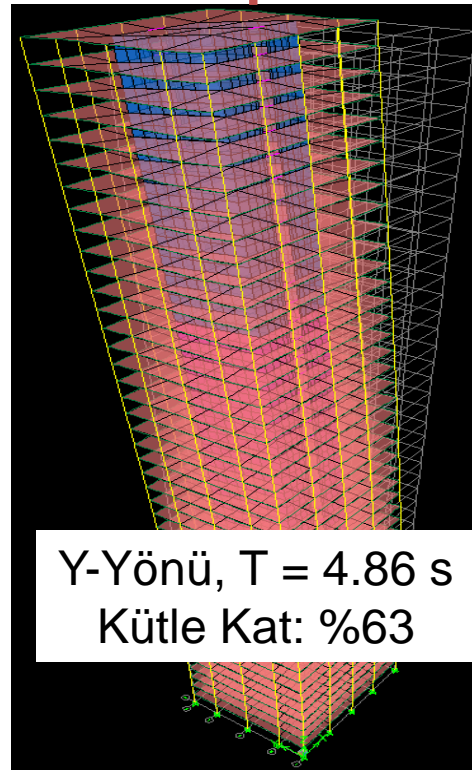
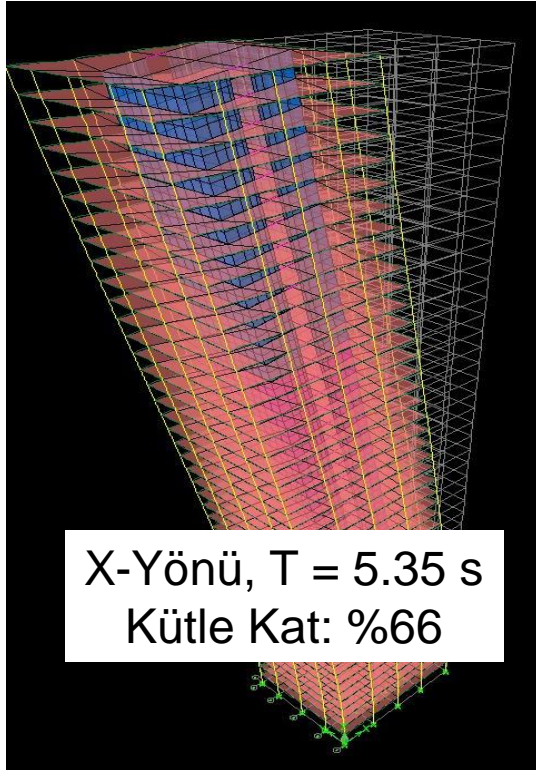
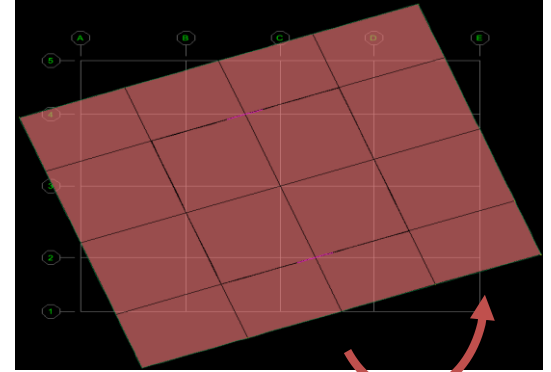
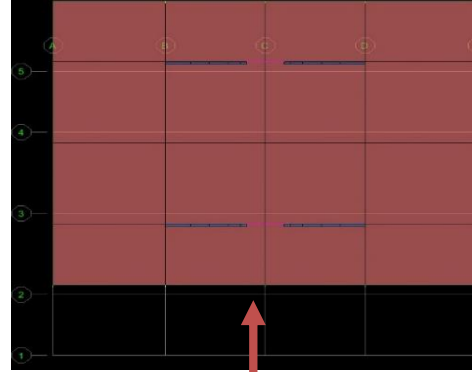
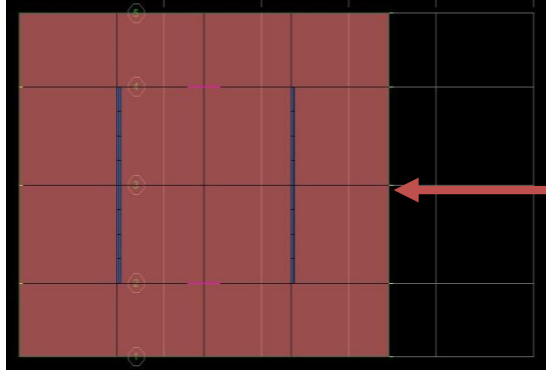
Örnek Bina: Ölçeklendirme



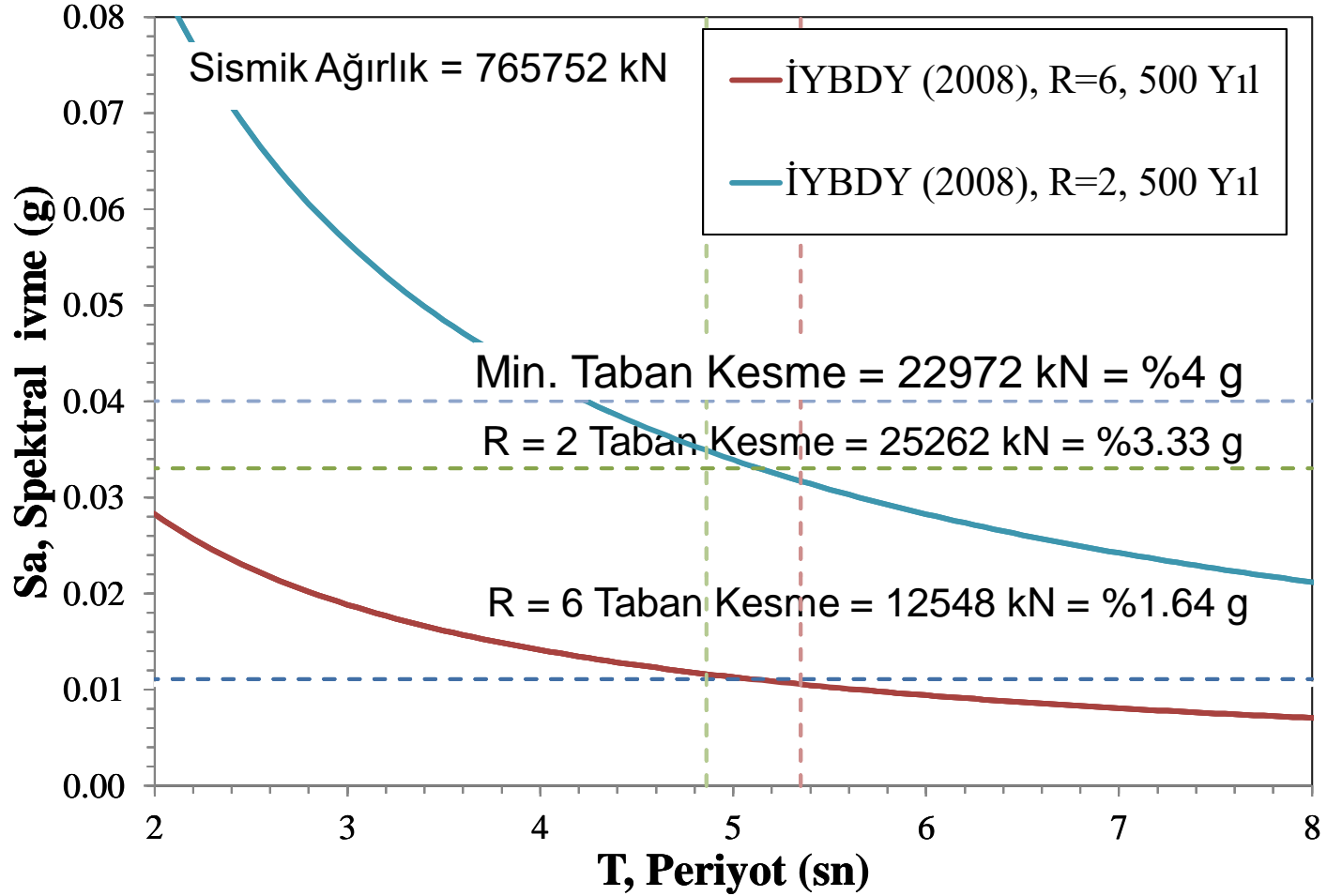
Örnek Bina: Ölçeklendirme

Deprem No.	PEER No.	Deprem	Yıl	Büyük.	Fay Uzak. (km)	V_{s30} (m/s)	Ölçek (500 Yıl)	Ölçek (2500 yıl)
S1	1605	Düzce	1999	7.14	6.6	276	0.49	0.85
S2	180	Imperial	1979	6.53	4.0	206	0.67	1.10
S3	174	Imperial	1979	6.53	12.5	196	1.31	1.90
S4	1787	Hector M.	1999	7.13	11.7	685	1.50	2.48
S5	1165	Kocaeli	1999	7.51	7.2	811	1.39	2.29
S6	1176	Kocaeli	1999	7.51	4.8	297	0.56	0.92
S7	821	Erzican	1992	6.69	4.4	275	0.80	1.09

Örnek Bina: Modal Analiz Sonuçları

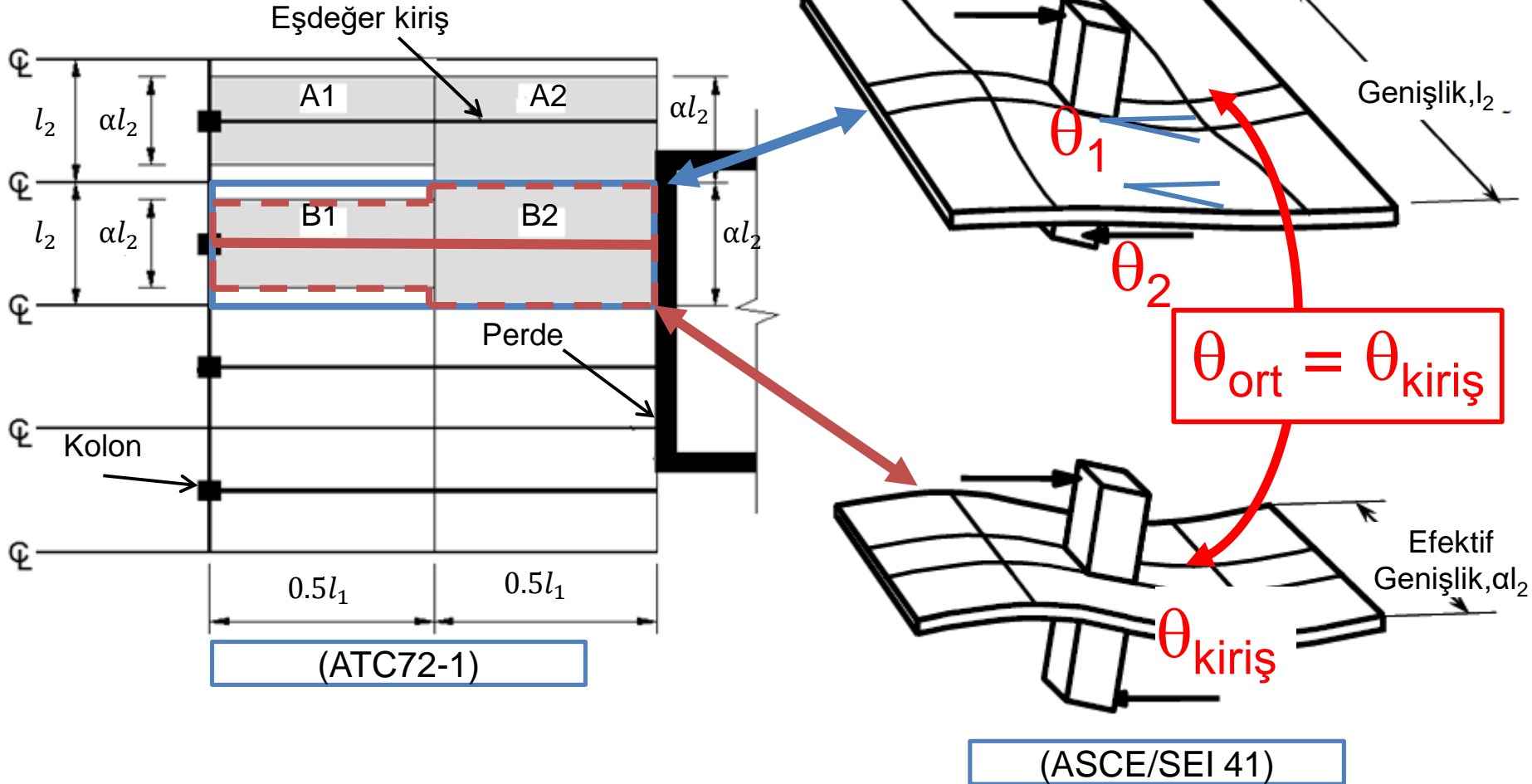


Örnek Bina: Tasarım Spektrumu

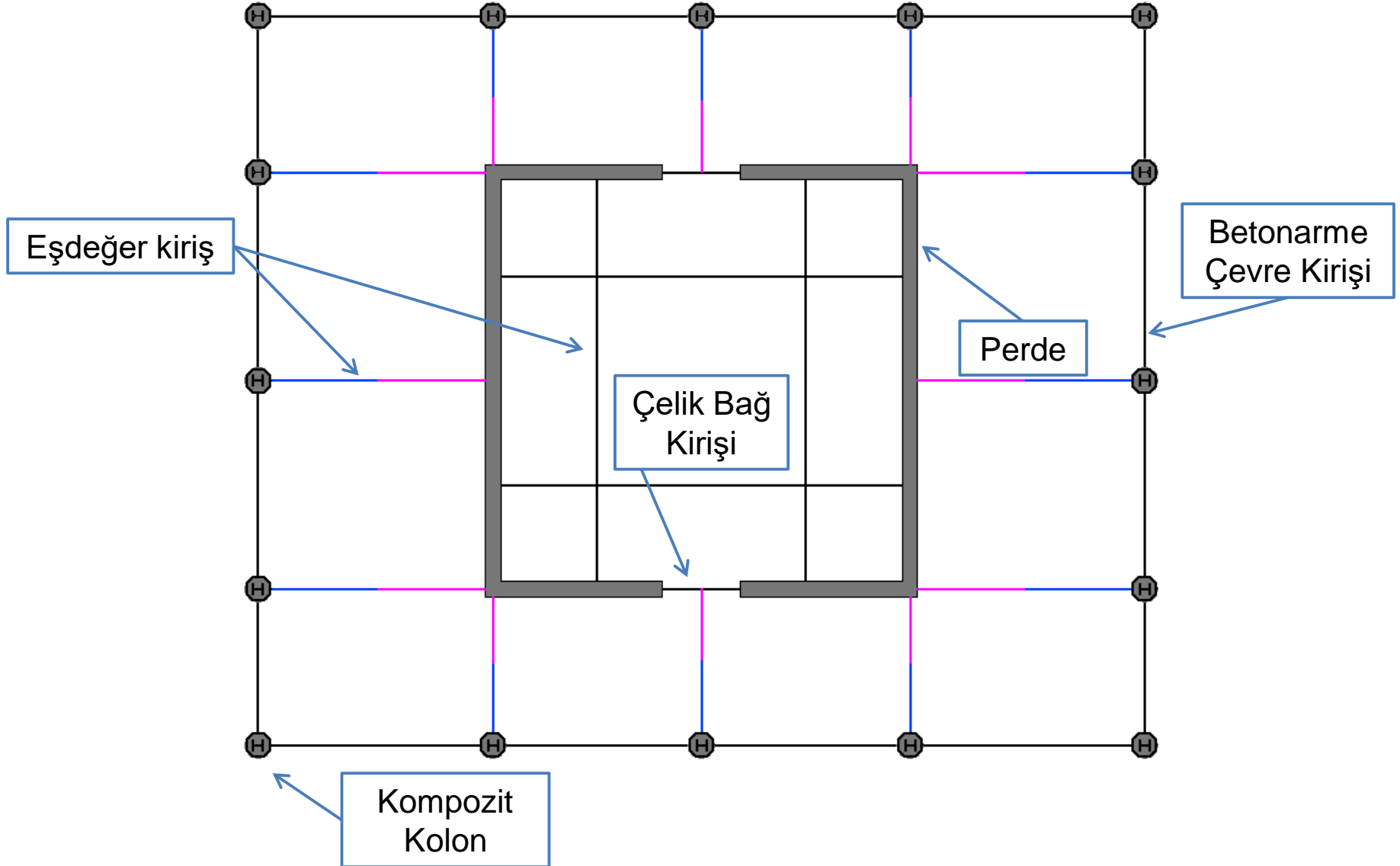


Örnek Bina: Eşdeğer Çerçeve Yaklaşımı

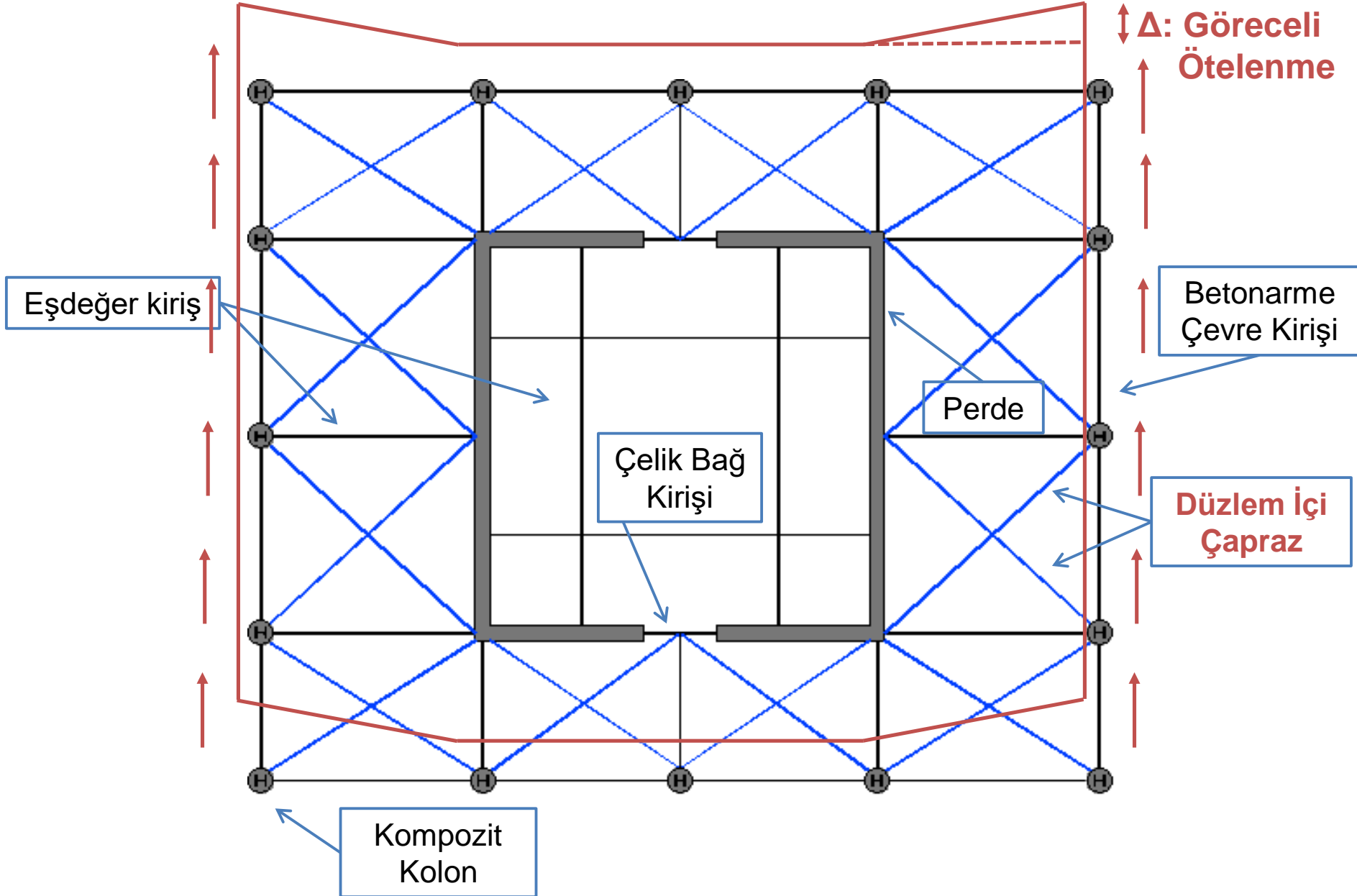
- Analizlerin süresini kısaltmak
- Hwang ve Moehle (2000) modeli



Örnek Bina: Eşdeğer Tasarım Modeli

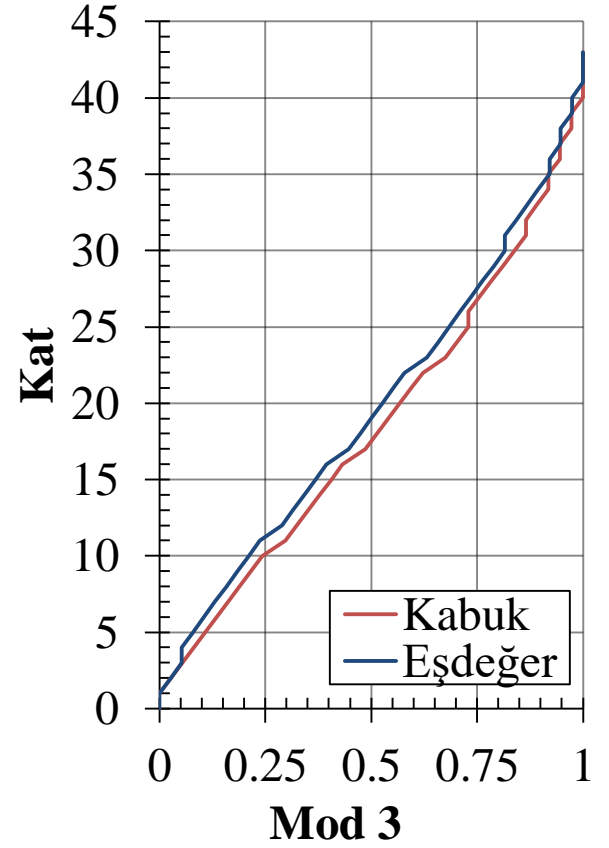
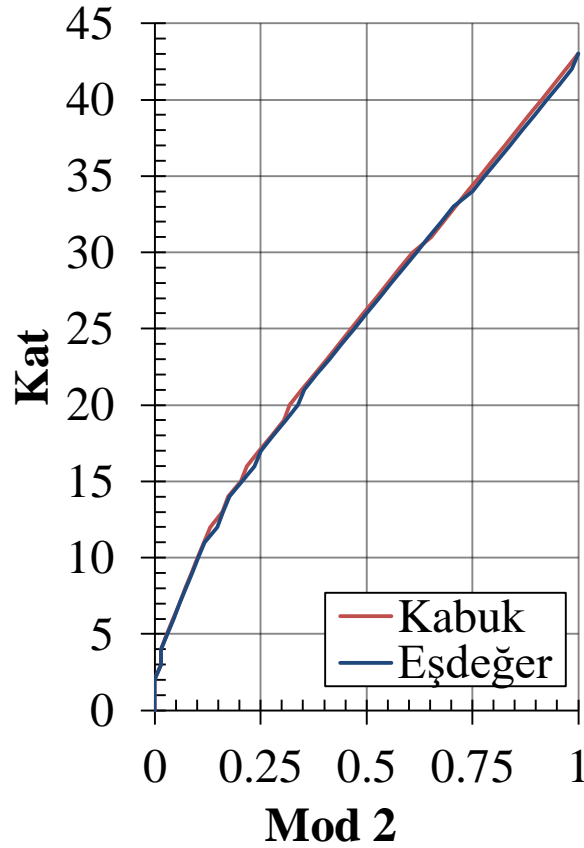
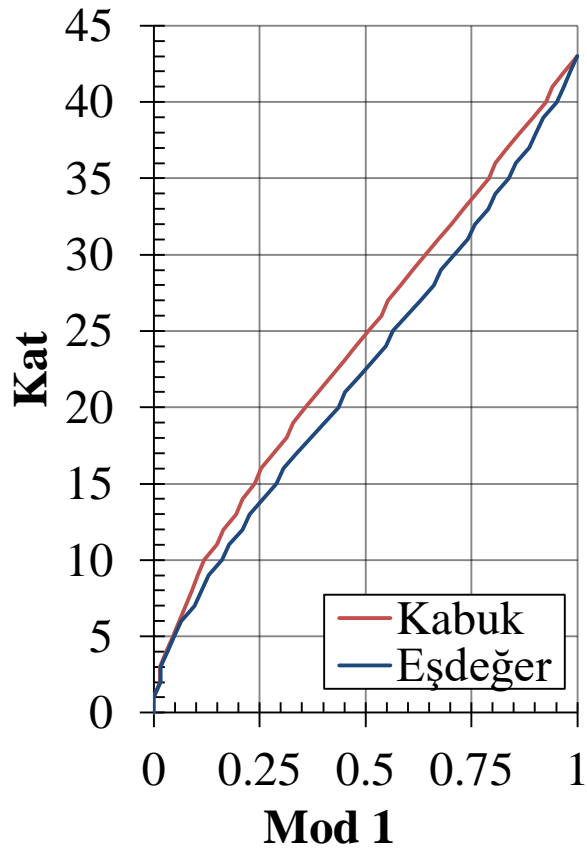


Örnek Bina: Eşdeğer Tasarım Modeli

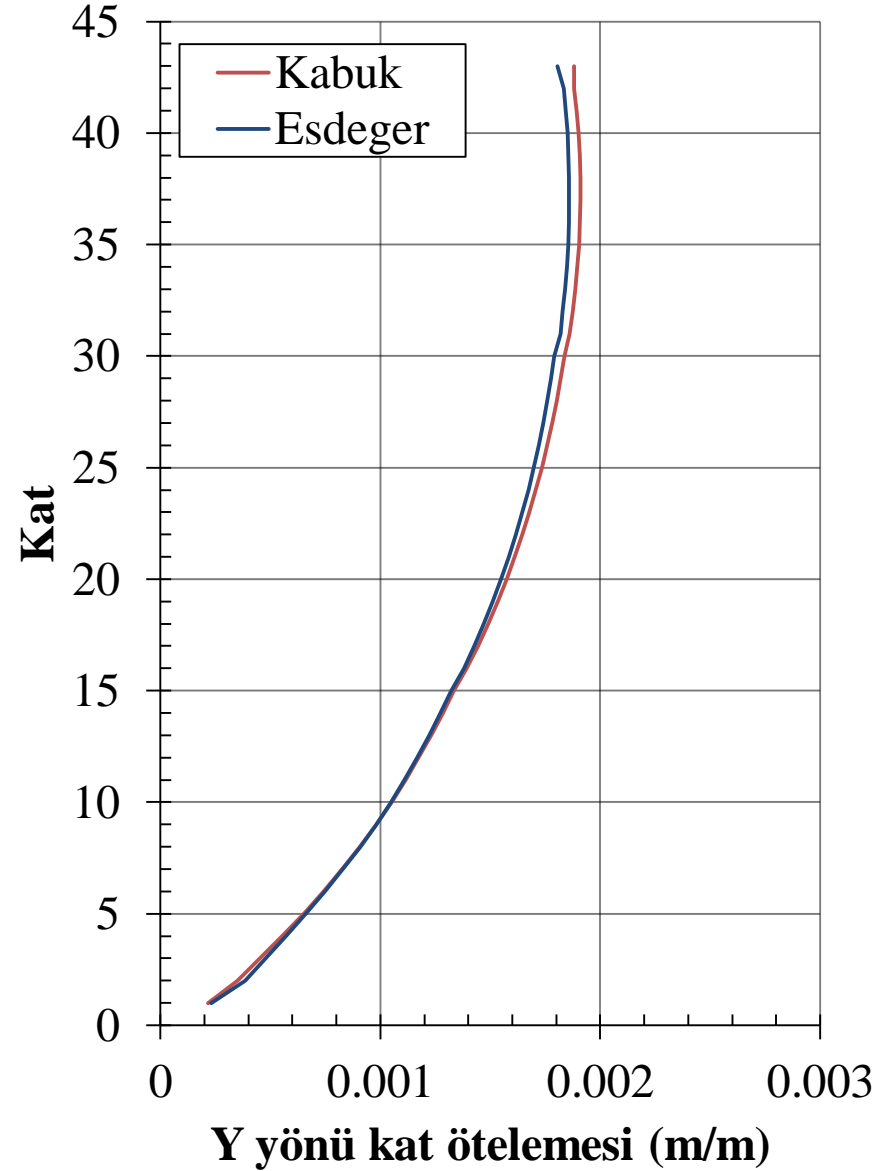
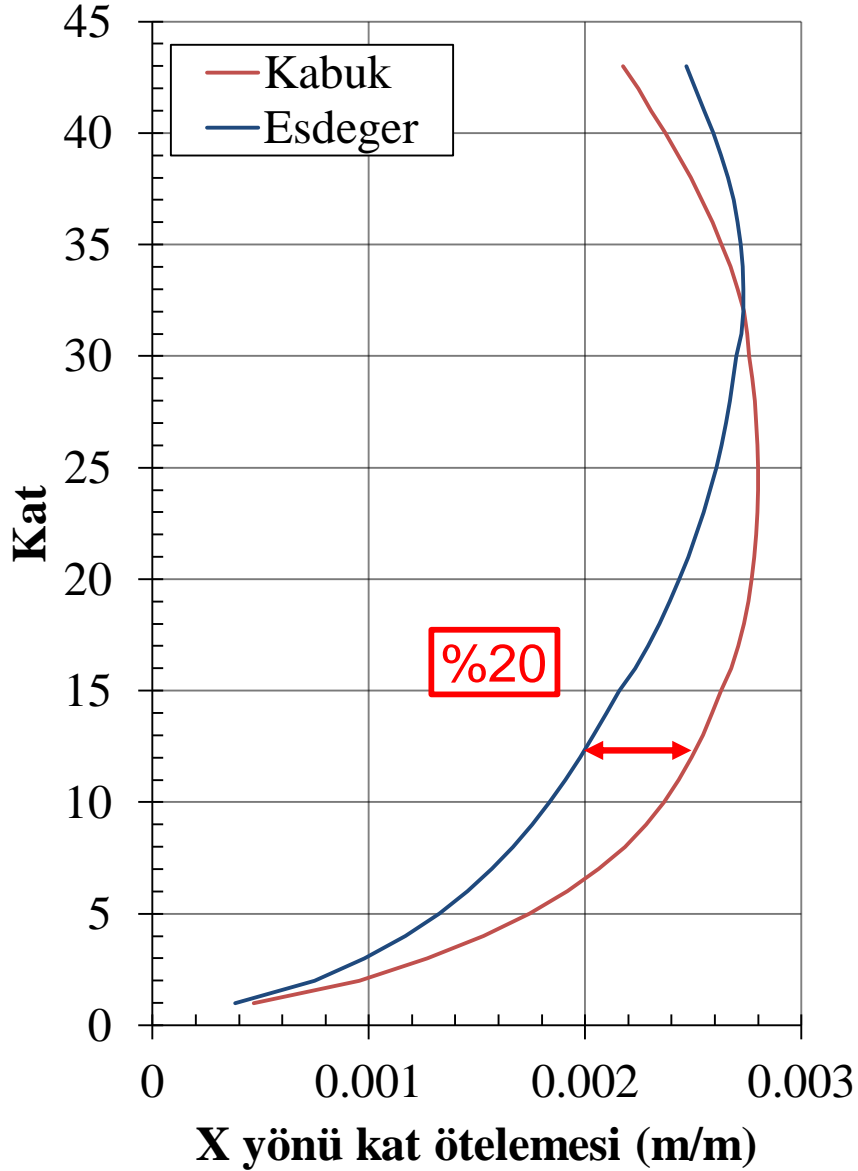


Örnek Bina: Modellerin Karşılaştırılması

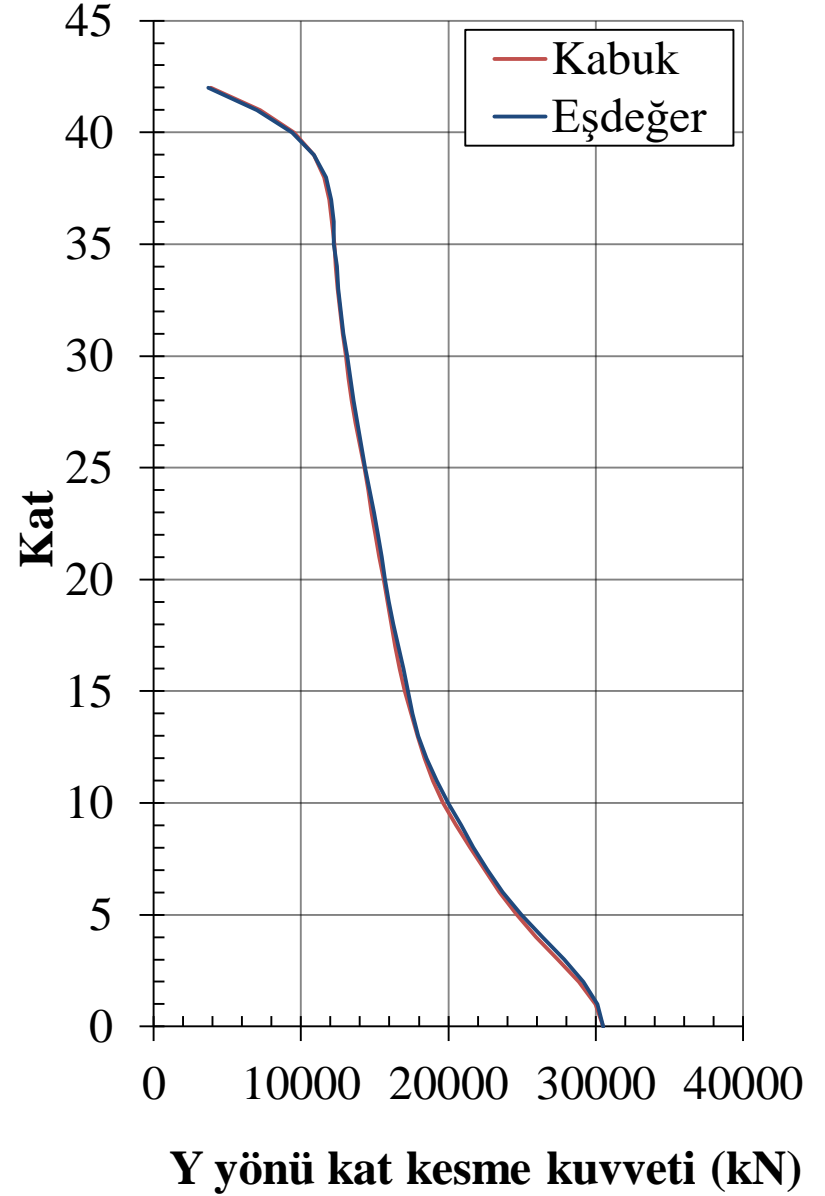
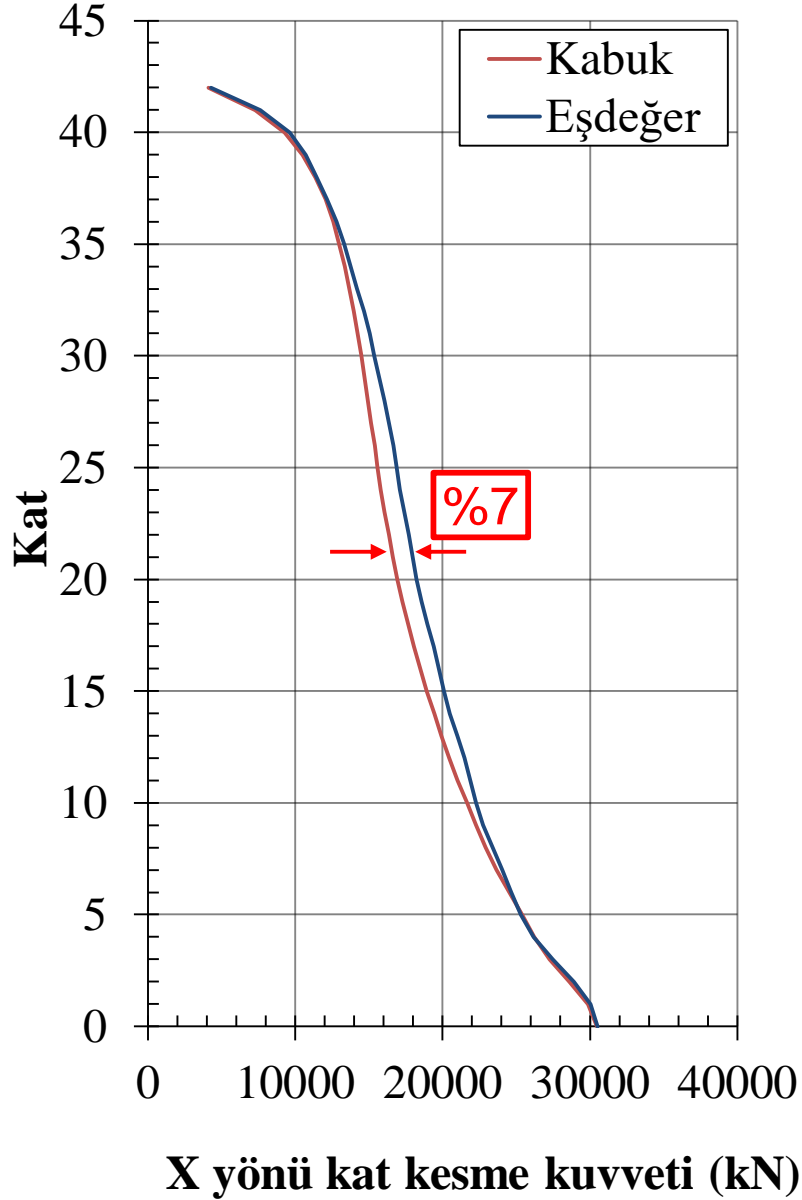
		1.Mod	2.Mod
Kabuk	Periyot	5.35s	4.84s
	Kütle Katılım	%66	%63
Eşdeğer	Periyot	5.37s	4.75s
	Kütle Katılım	%69	%63



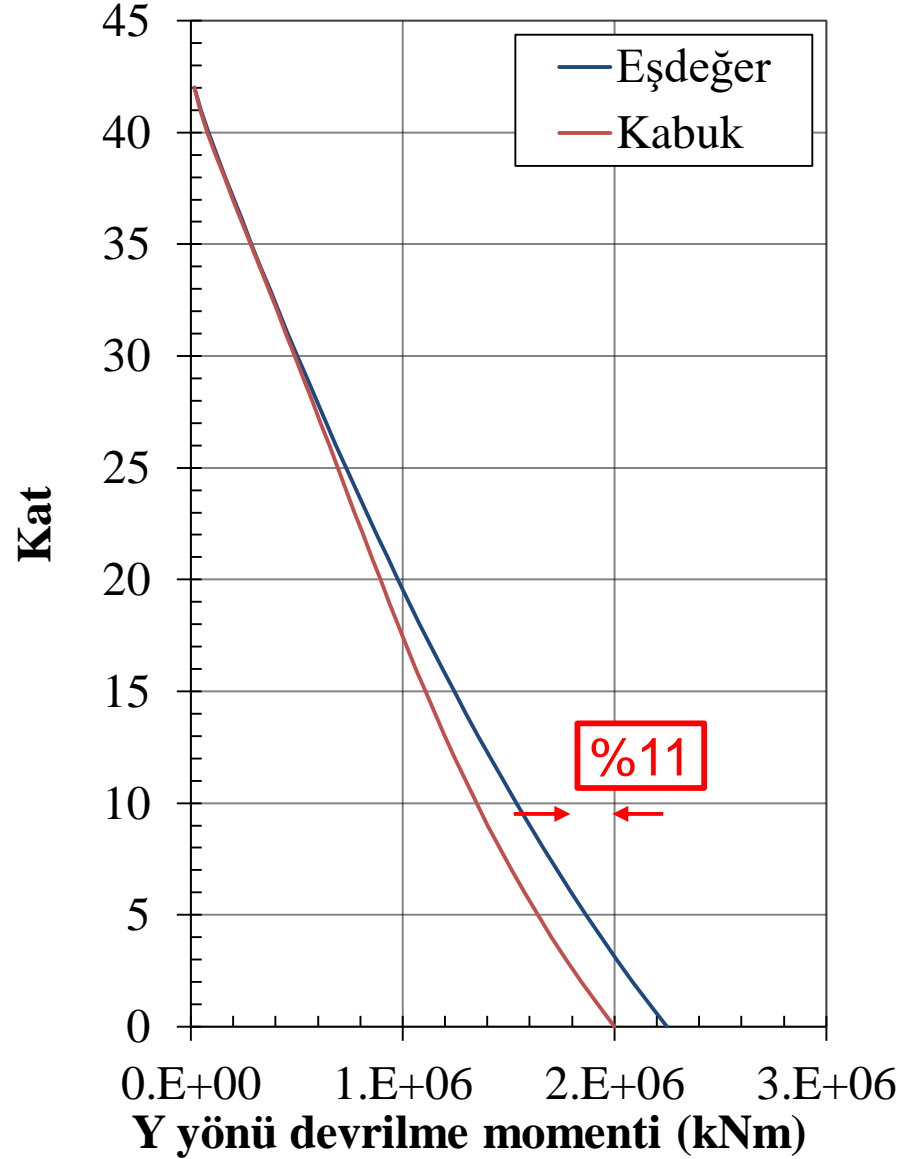
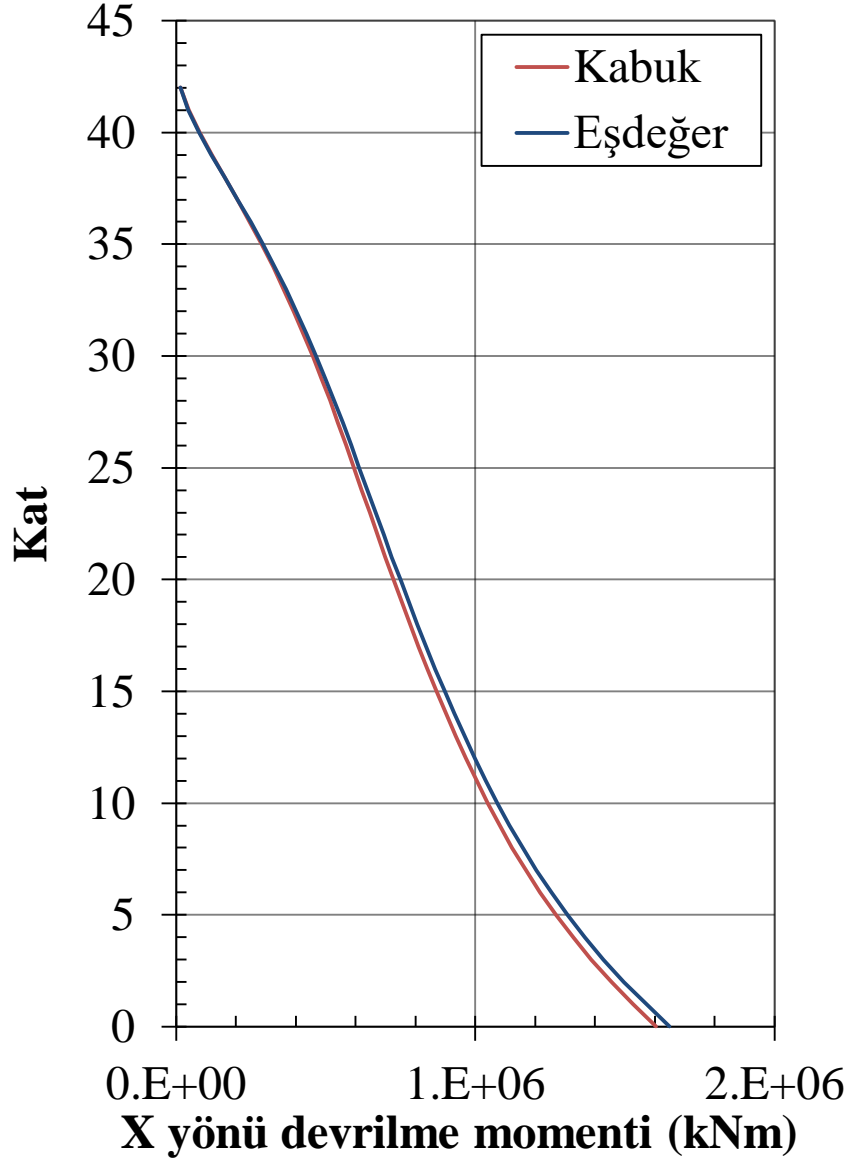
Örnek Bina: Modellerin Karşılaştırılması (Devam)



Örnek Bina: Modellerin Karşılaştırılması(Devam)



Örnek Bina: Modellerin Karşılaştırılması(Devam)



SUNUM

1. Bölüm

Örnek Bina

- Boyutlar
- Depremsellik
- Eşdeğer çerçeve

2. Bölüm

Sönümleyici Sistem Tasarımı

Doğrusal Olmayan Modelleme

Farklı Konfigürasyon

- 3 Farklı
- Farklı Kapasite
- 3 Farklı

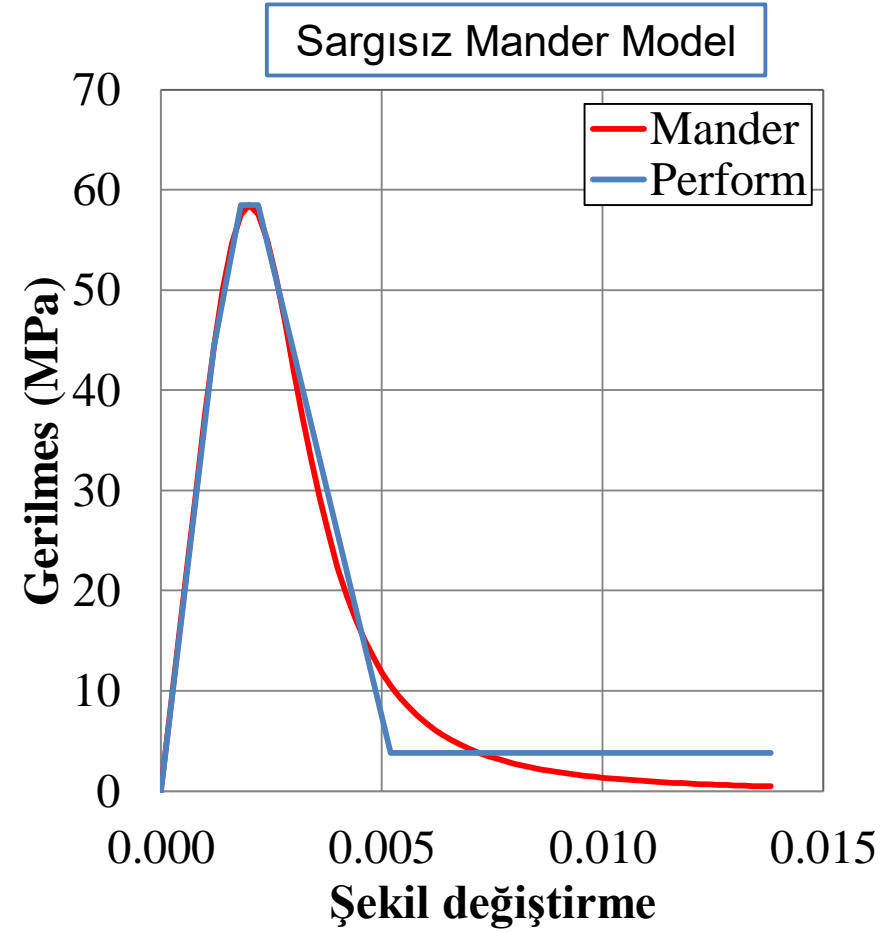
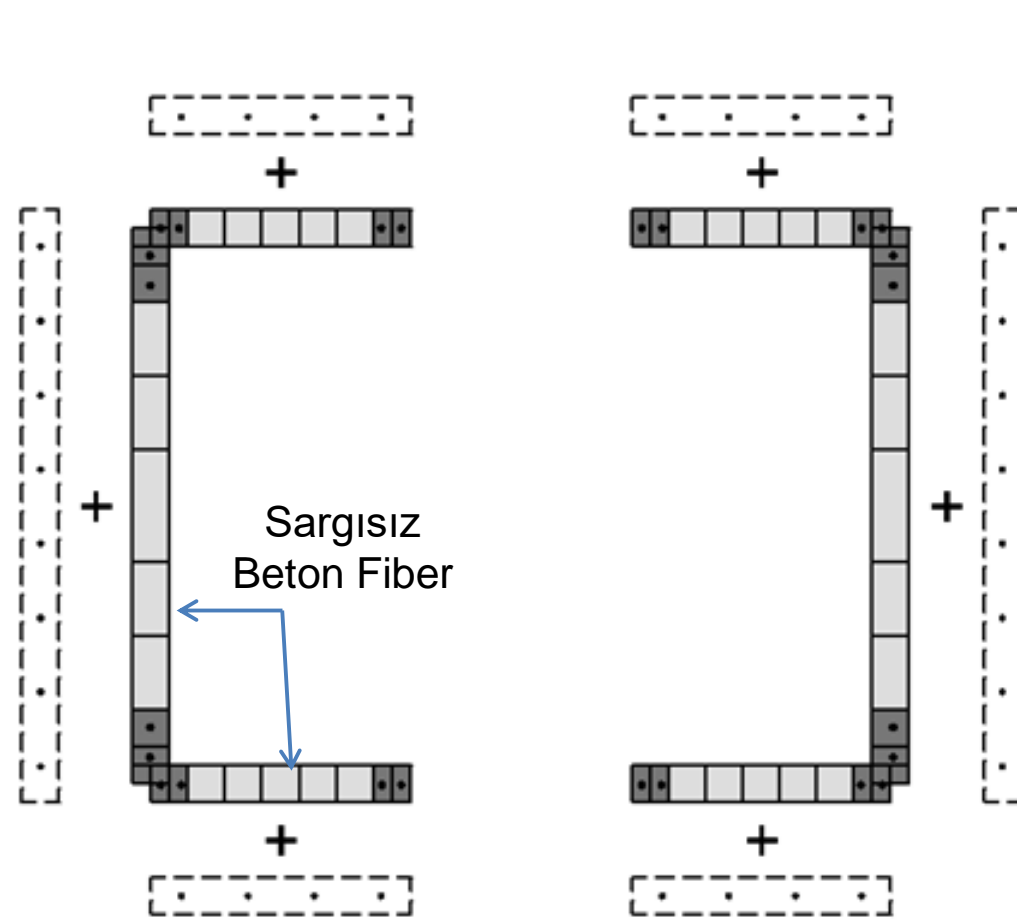
Yapı Hasarını Azaltmaya Yönelik Çalışma

Diğer Konular

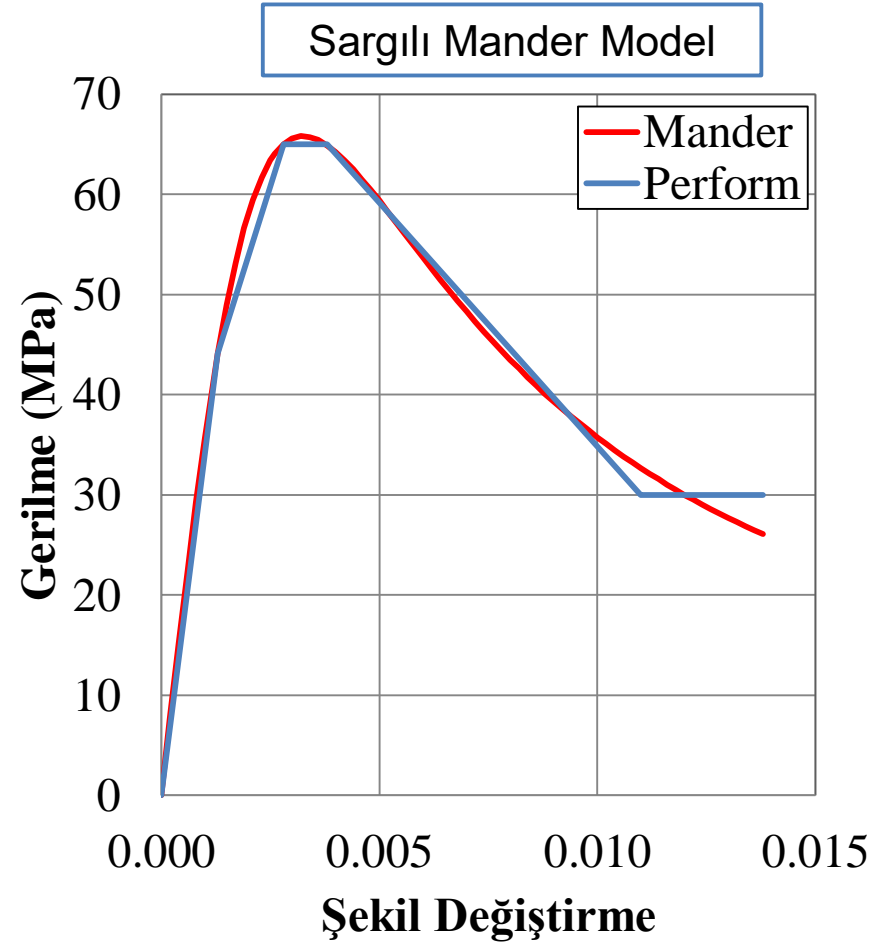
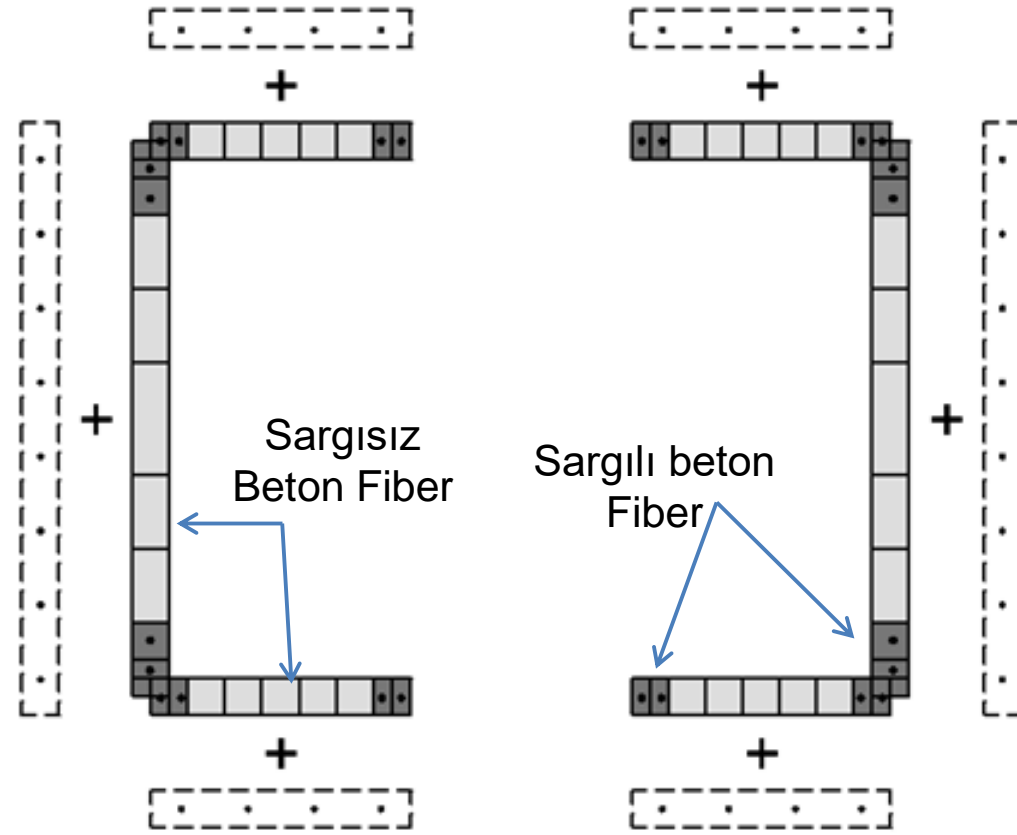
- Maliyet
- Boyutlandırma
- Uygulanabilirlik

Sonuç ve öneriler

Sönümleyici Sistem: Doğrusal Olmayan Modelleme



Sönümleyici Sistem: Doğrusal Olmayan Modelleme



Sönümleyici Sistem: Doğrusal Olmayan Modelleme

Dağıtılmış Donatı
 $\rho = \%0.25$ (tip.)

Çelik Malzeme Modeli

Başlık Bölgesi Fiber
 $A = 3150 \text{ mm}^2$

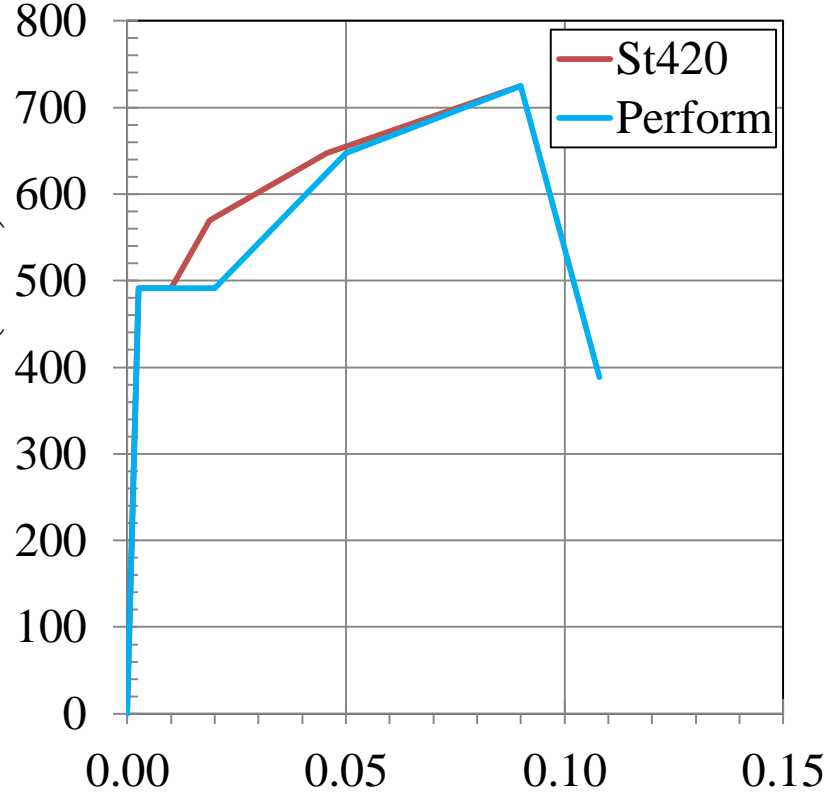
Sargısız
Beton Fiber

Sargılı beton
Fiber

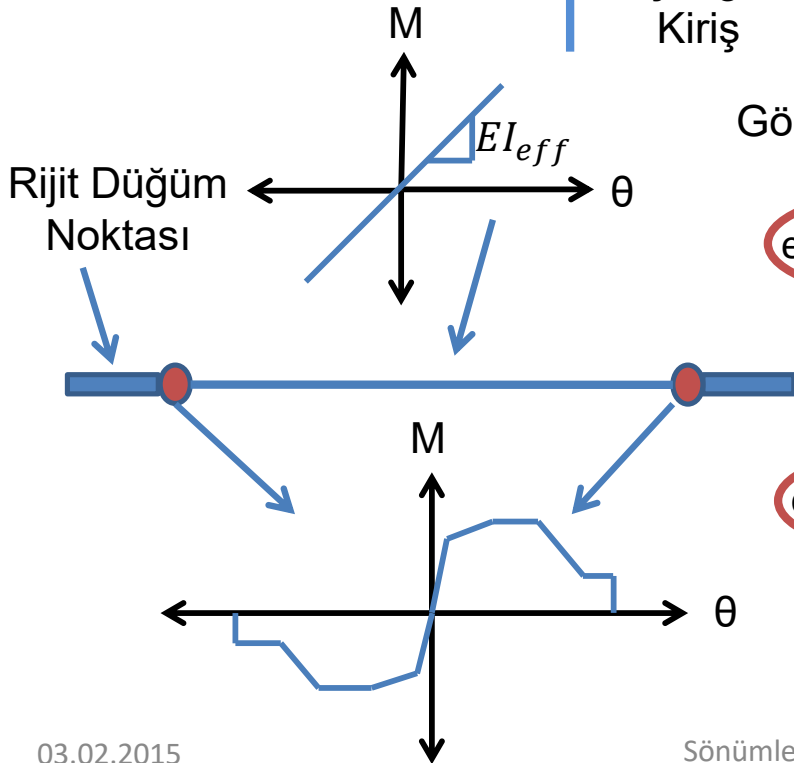
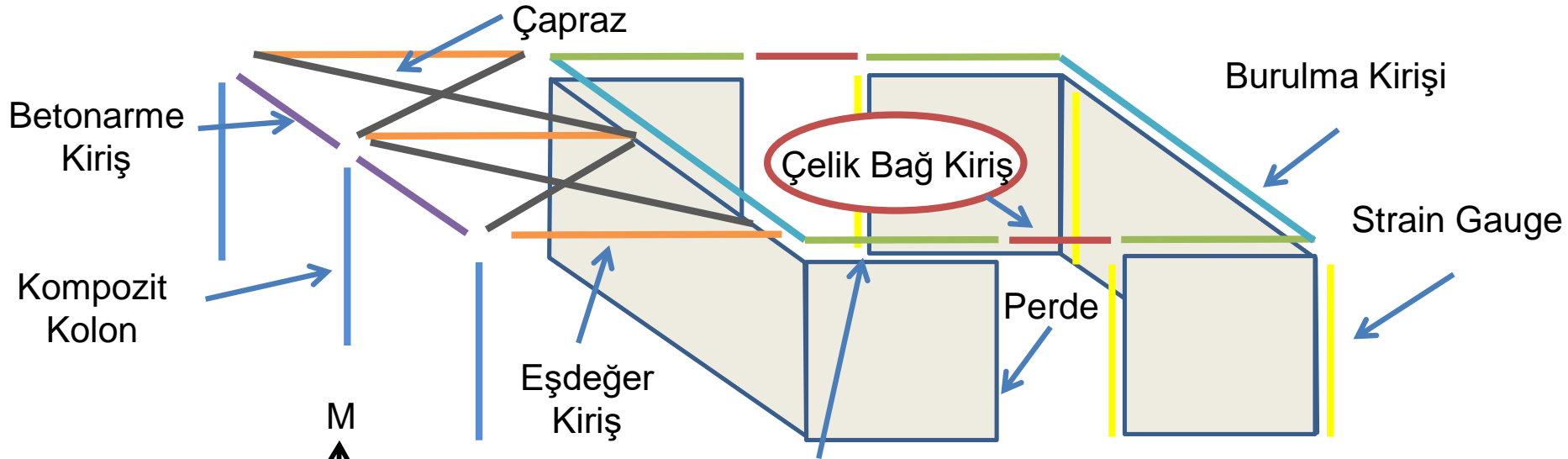
Gerilme (MPa)

Şekil değiştirme

— St420
— Perform



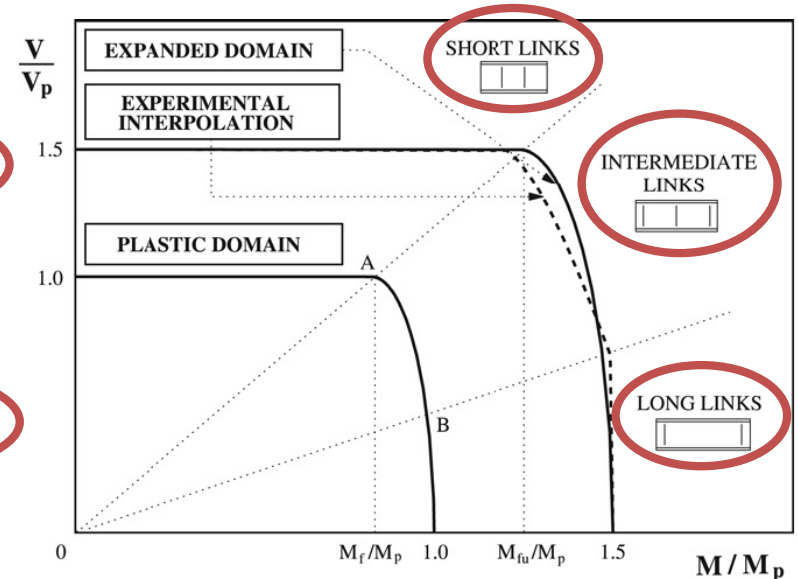
Sönümleyici Sistem: Doğrusal Olmayan Modelleme



Gömülü Kiriş

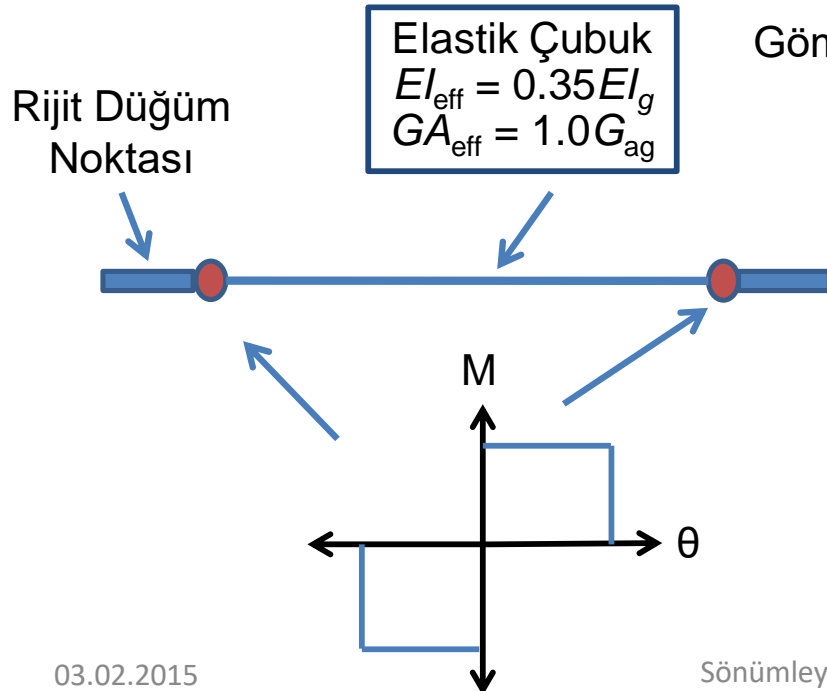
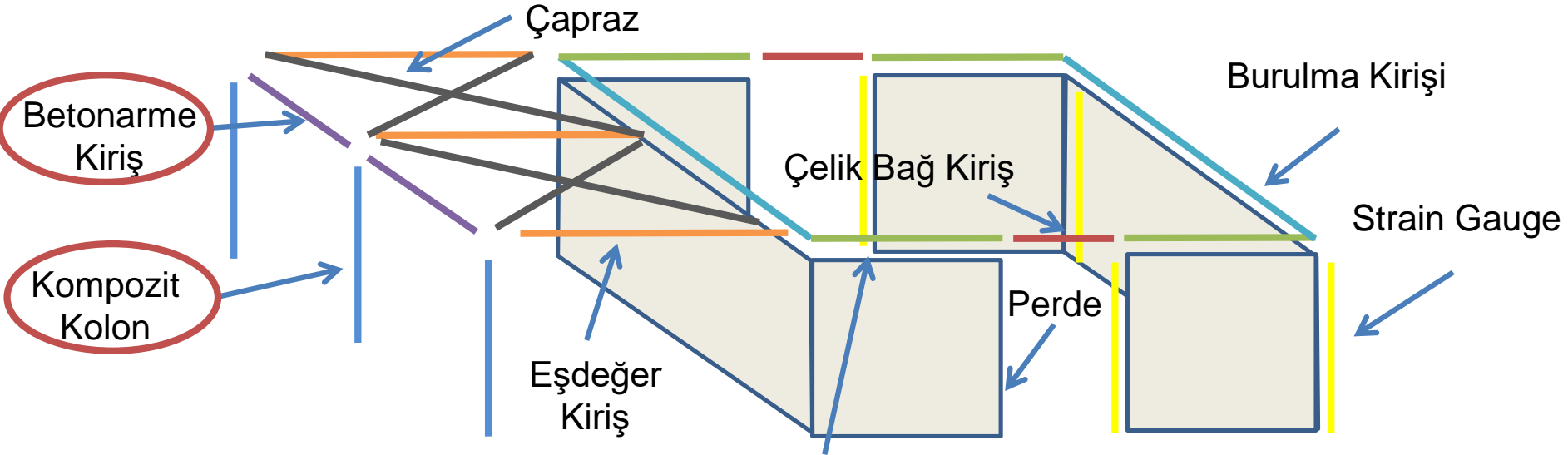
$$e \leq 1.6M_p/V_p$$

$$e \leq 2.6M_p/V_p$$

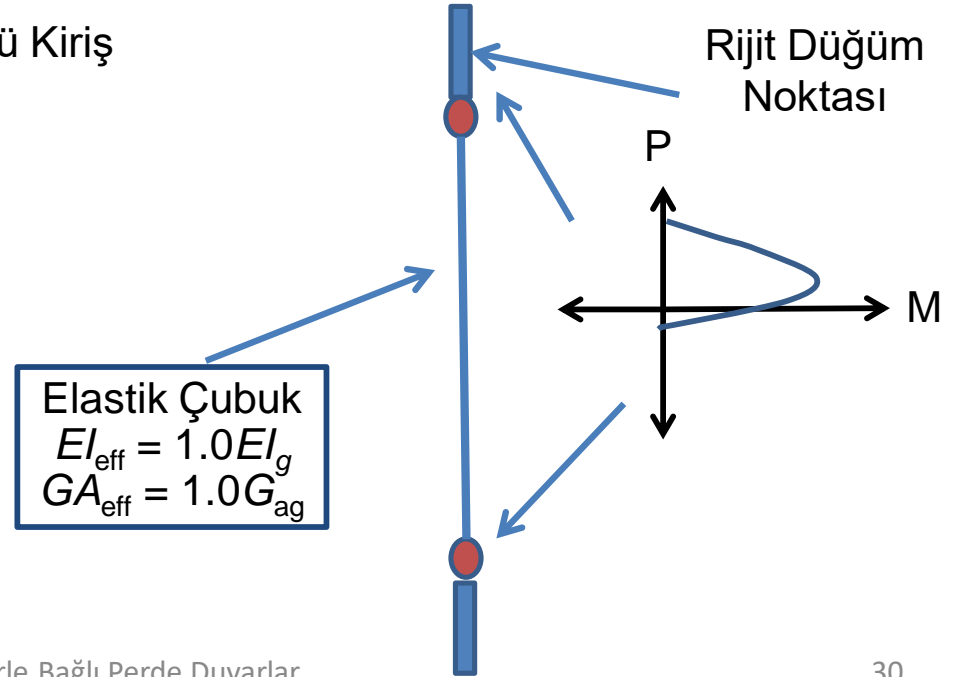


Engelhardt ve Popov (1989)

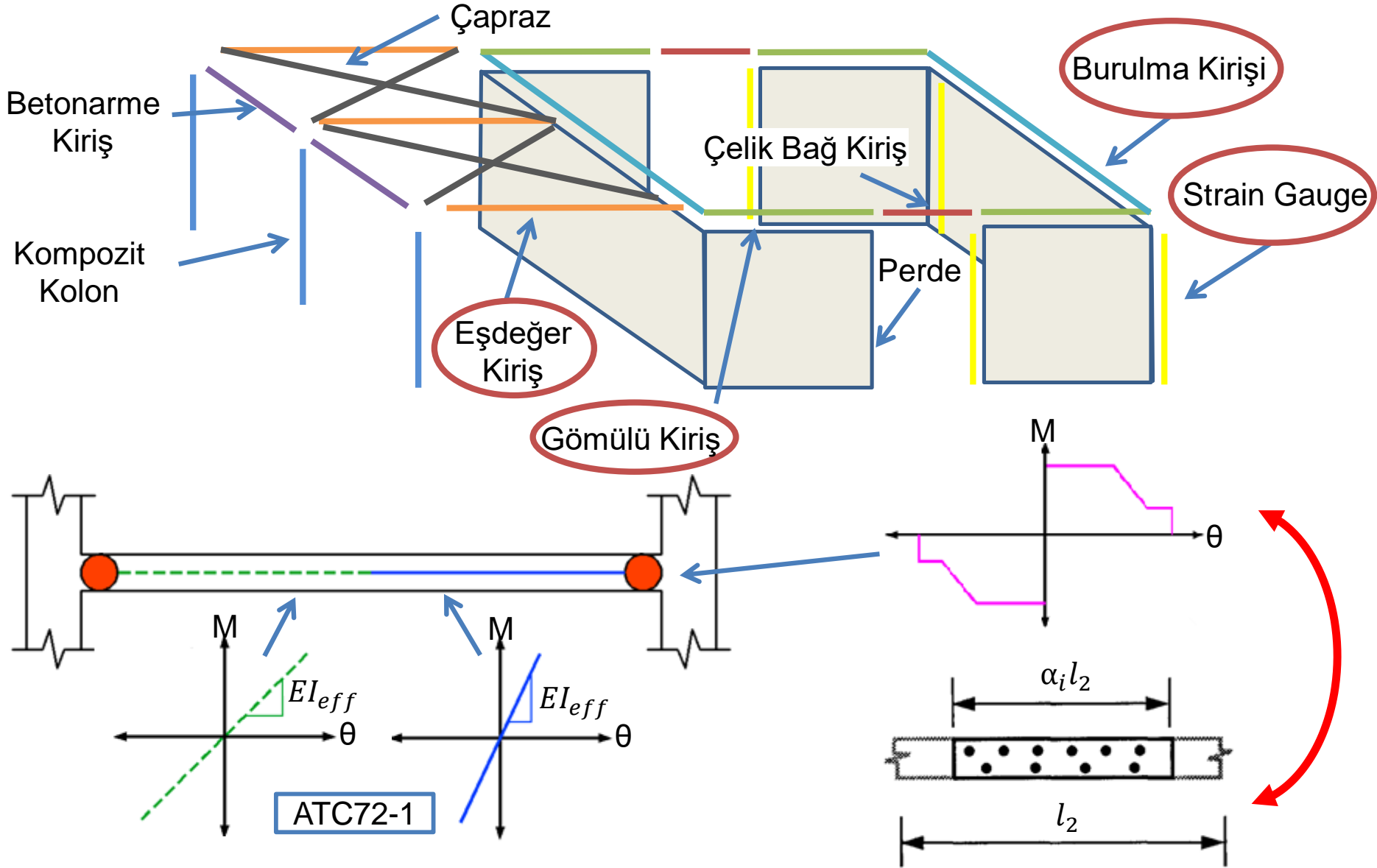
Sönümleyici Sistem: Doğrusal Olmayan Modelleme



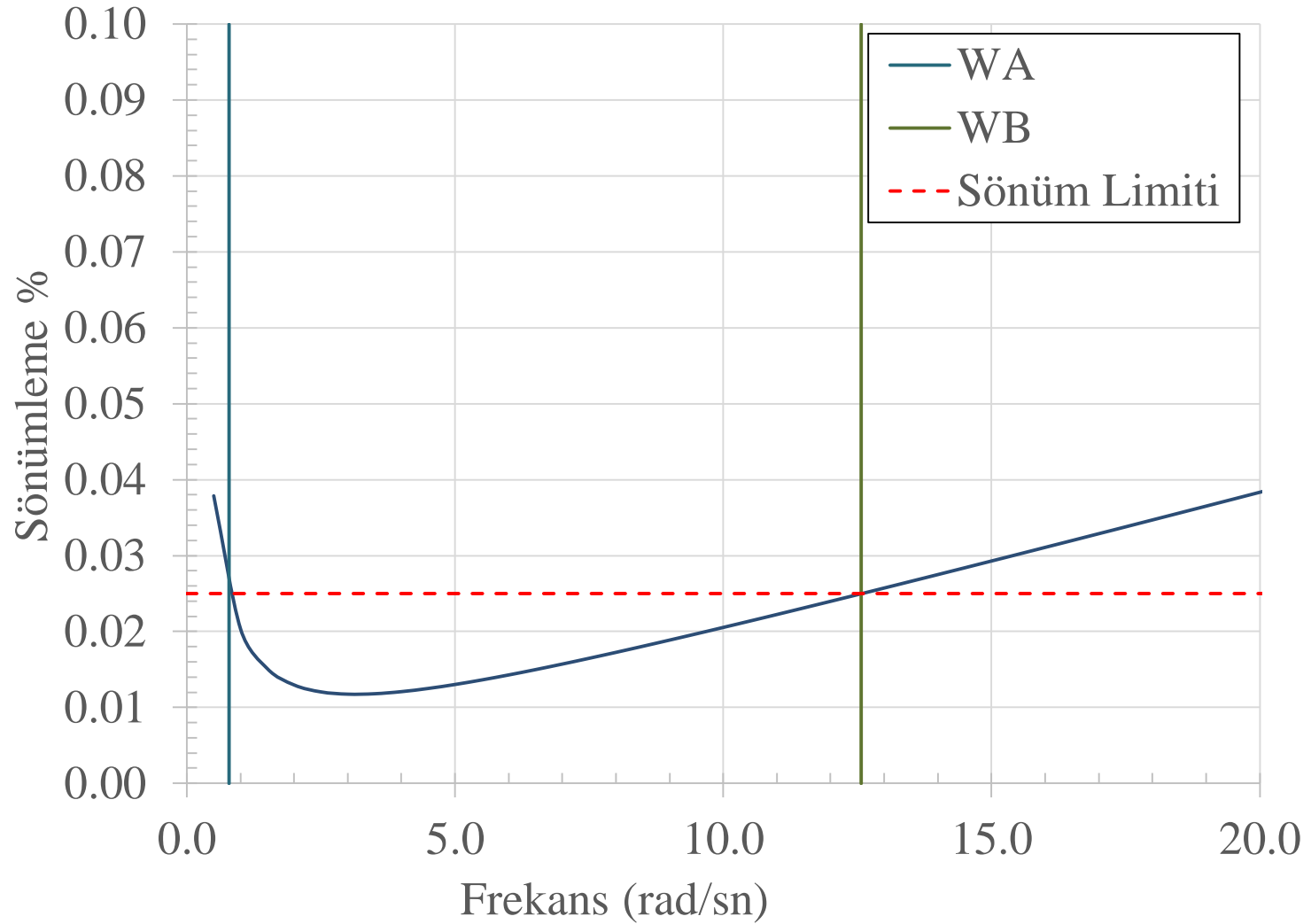
Gömülü Kiriş



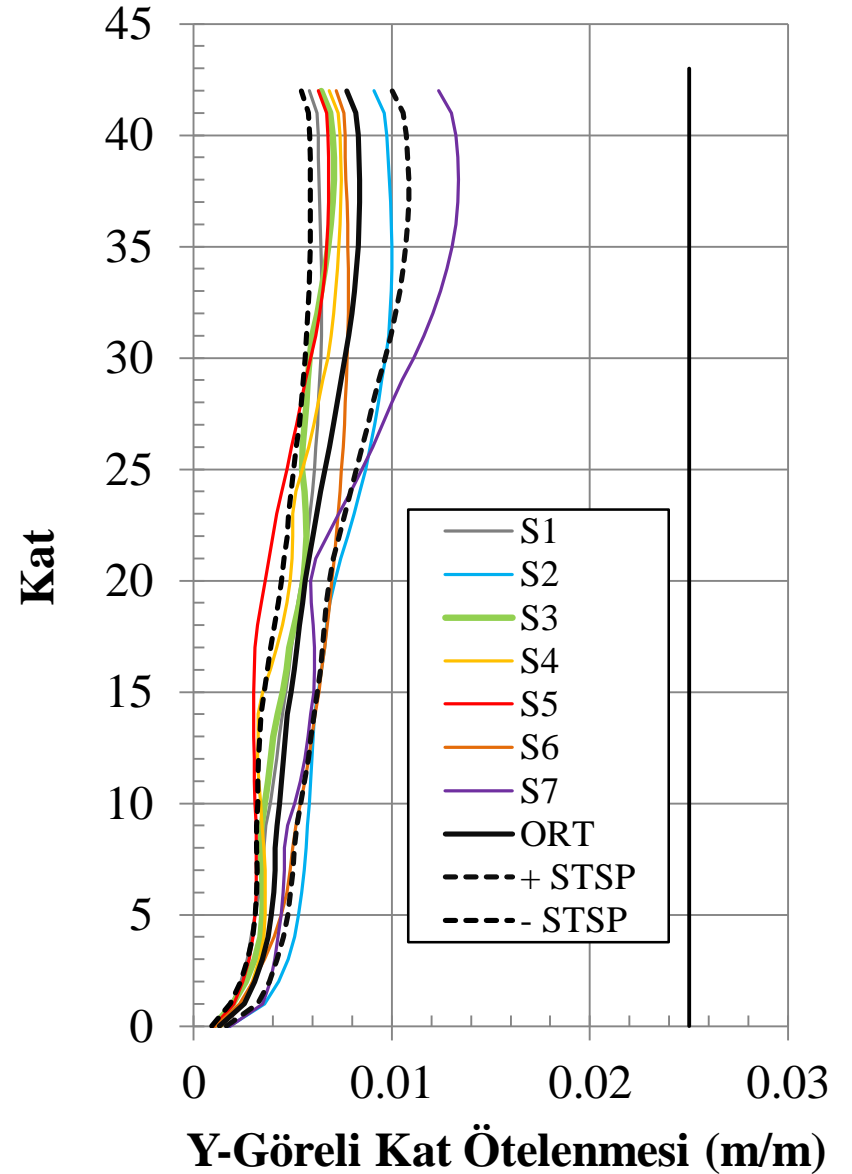
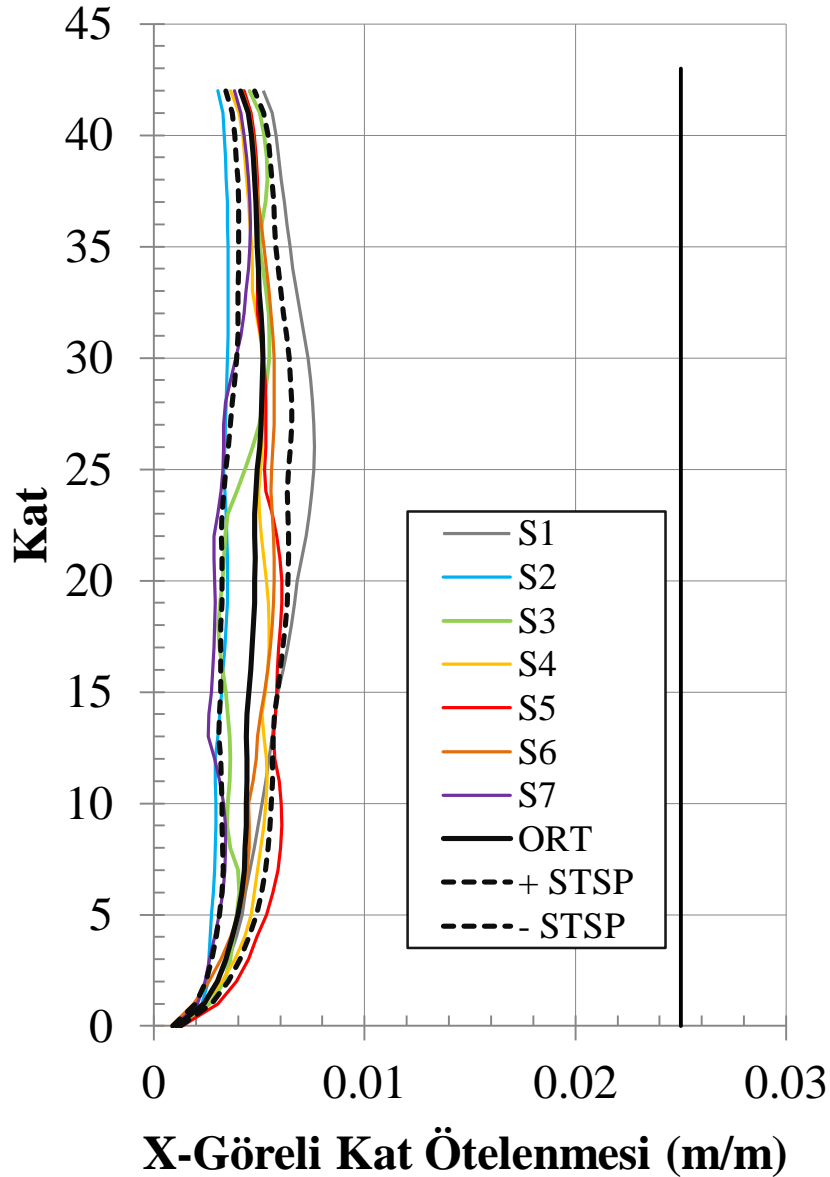
Sönümleyici Sistem: Doğrusal Olmayan Modelleme



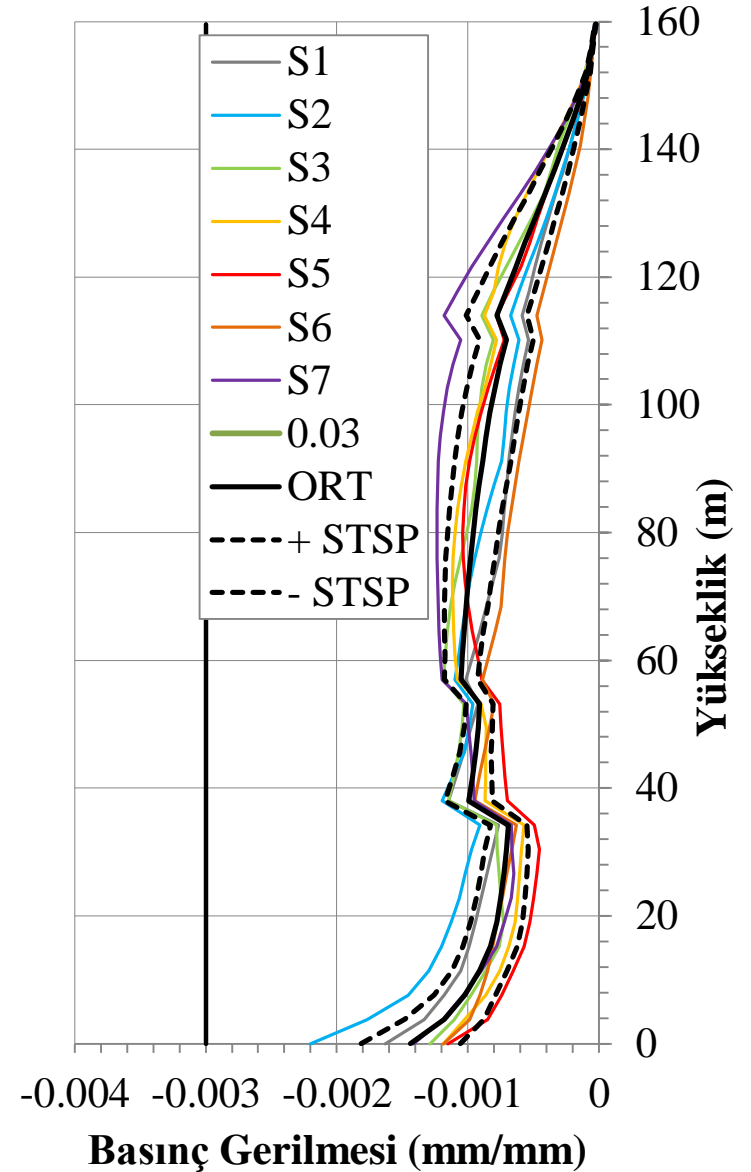
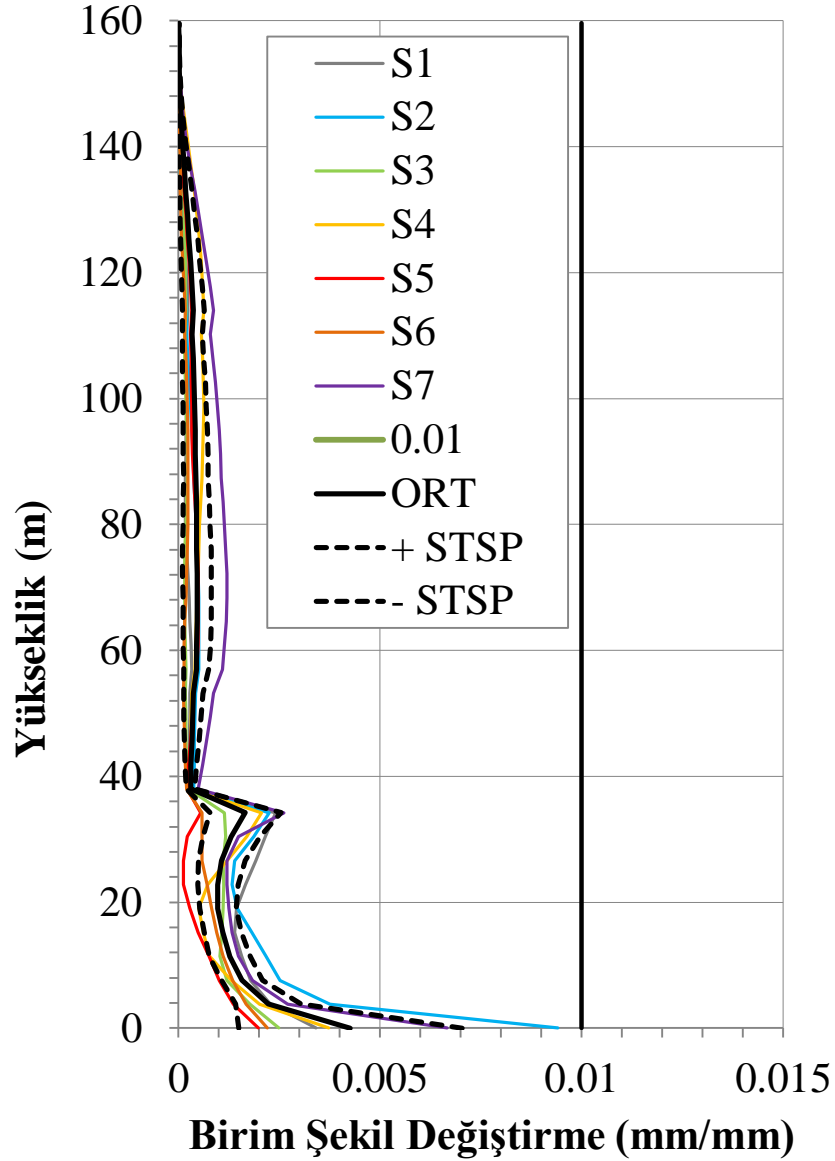
Sönümleyici Sistem: Doğal Sönümlenme Modeli



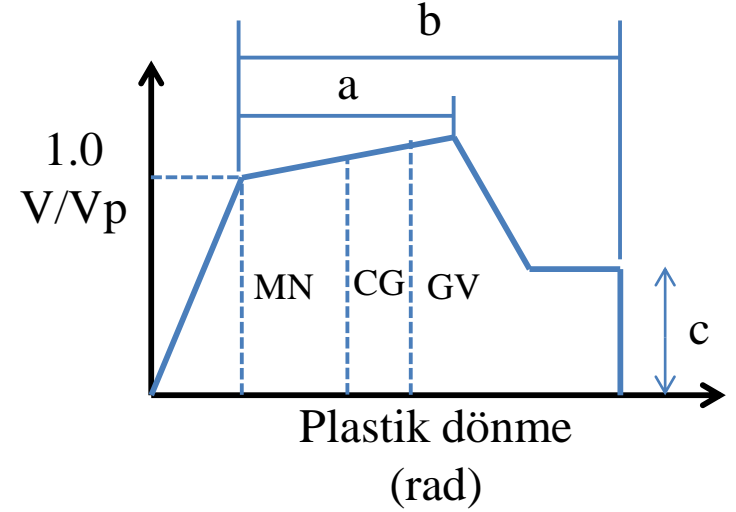
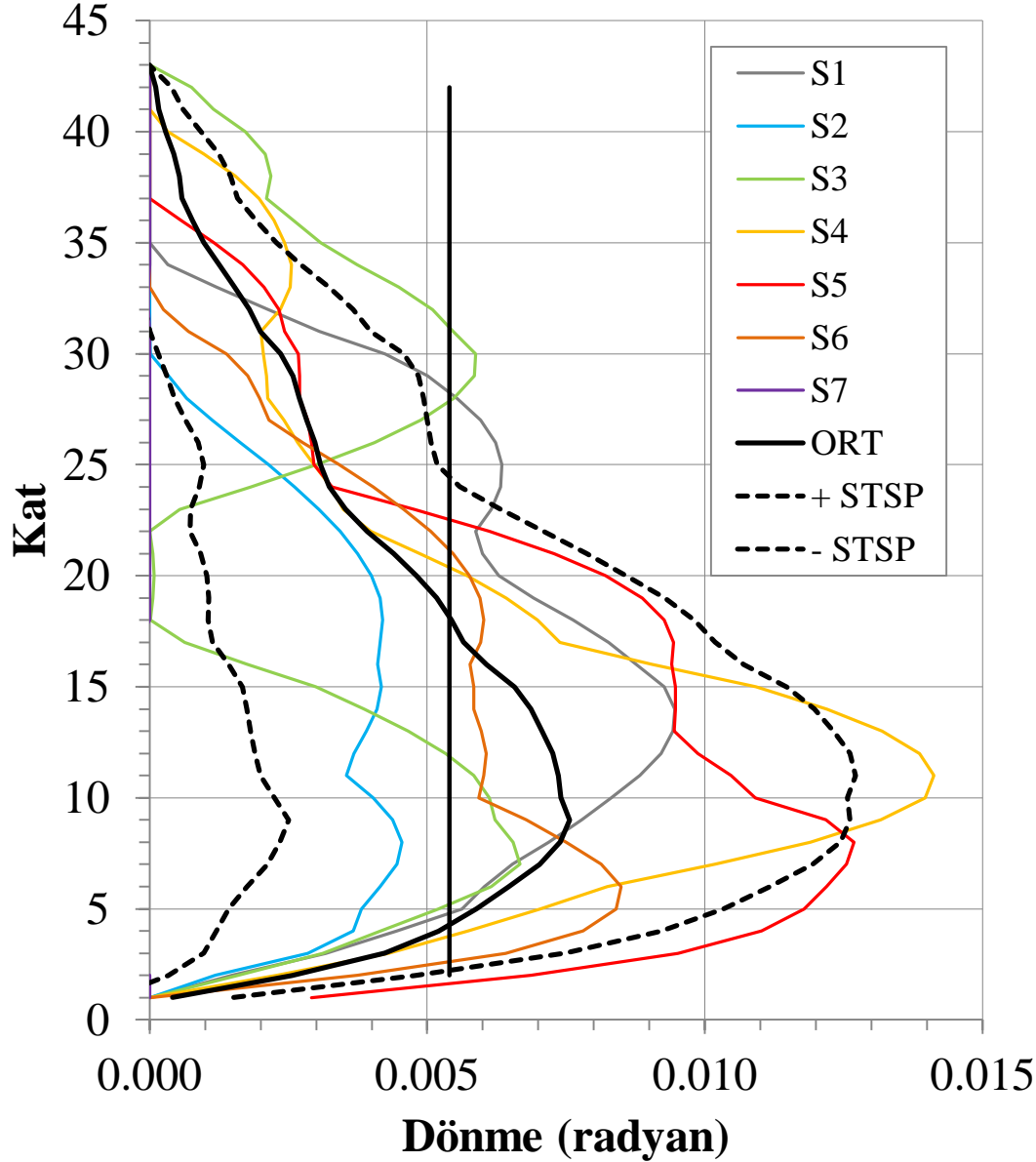
Sönümleyici Sistem: Orijinal Yapı (500 Yıllık Deprem)



Sönümleyici Sistem: Orijinal Yapı (500 Yıllık Deprem)



Sönümleyici Sistem: Orijinal Yapı (500 Yıllık Deprem)



a	0.080	MN	0.0054
b	0.093	CG	0.0561
c	0.660	GV	0.0729

ASCE41-06

SUNUM

1. Bölüm

Örnek Bina

- Boyutlar
- Depremsellik
- Eşdeğer çerçeve

2. Bölüm

Sönümleyici Sistem Tasarımı

Doğrusal Olmayan Modelleme

Farklı Konfigürasyon

- 3 Farklı
- Farklı Kapasite
- 3 Farklı

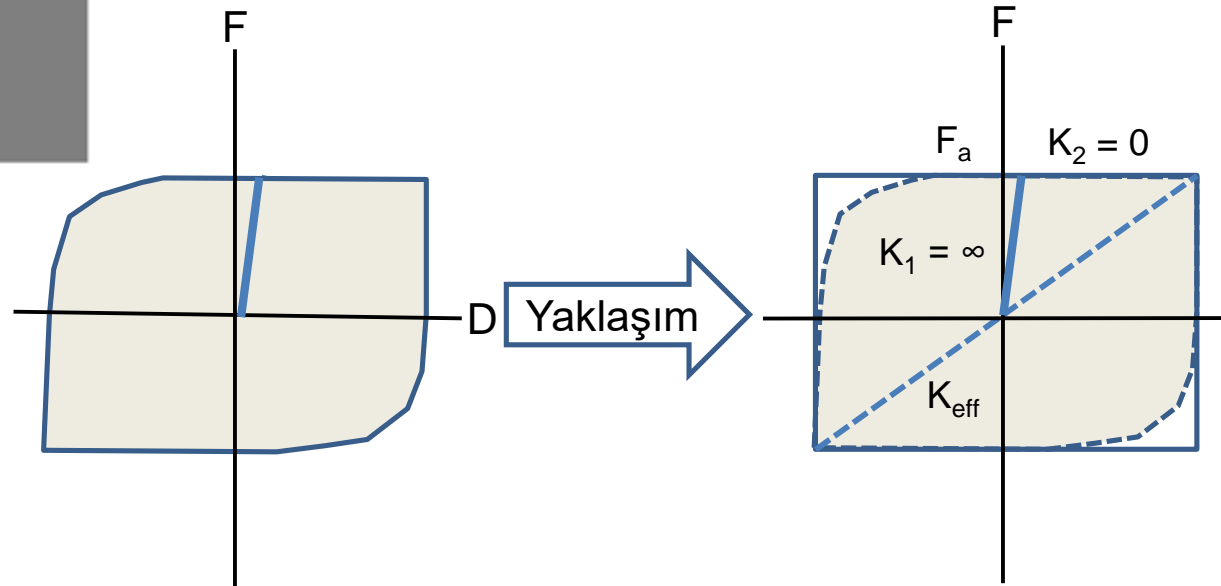
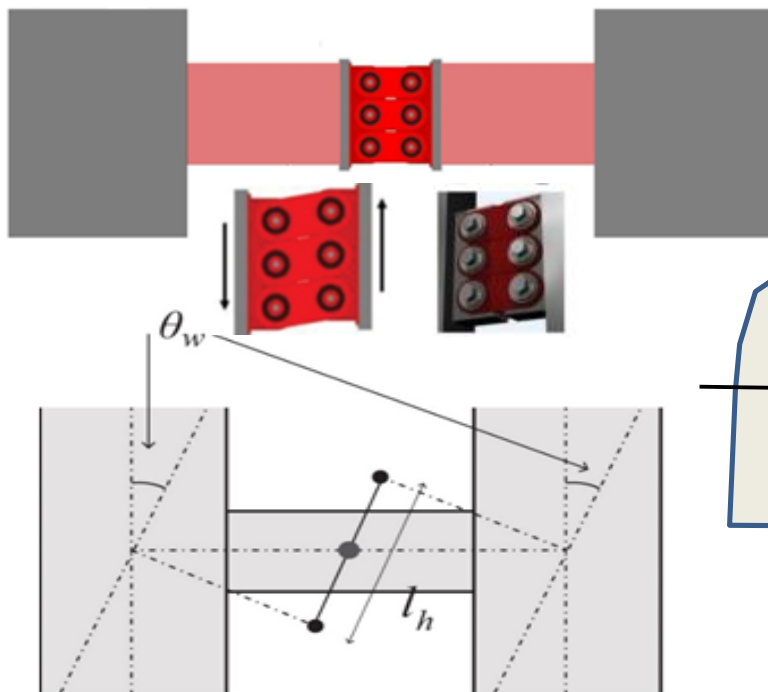
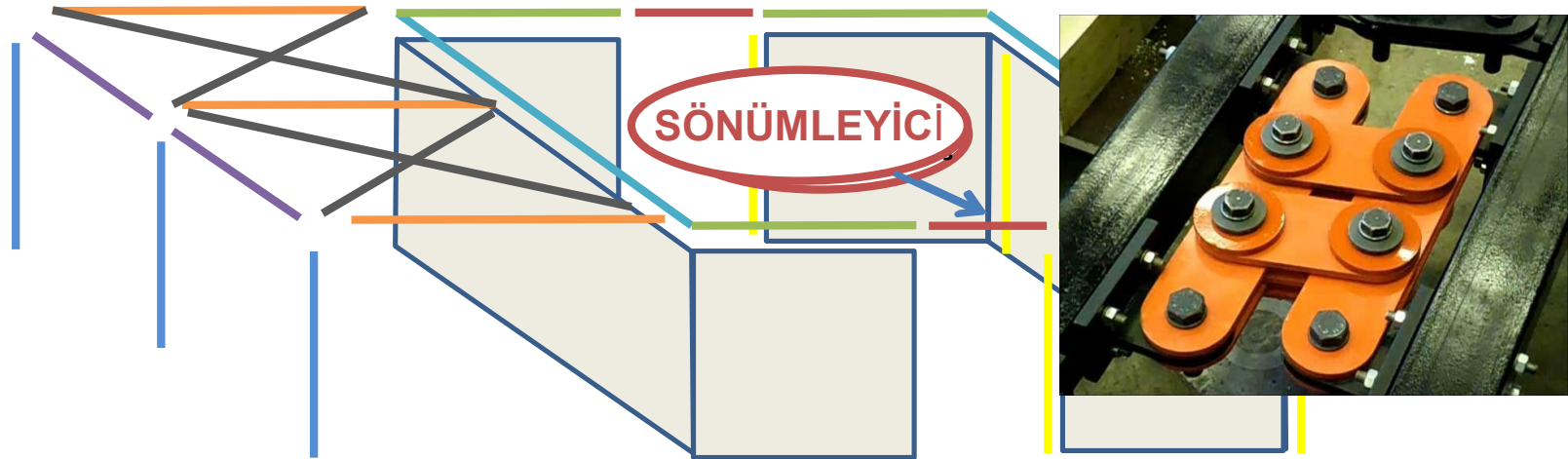
Yapı Hasarını Azaltmaya Yönelik Çalışma

Diğer Konular

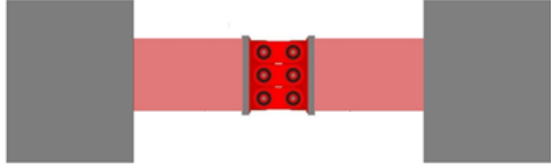
- Maliyet
- Boyutlandırma
- Uygulanabilirlik

Sonuç ve öneriler

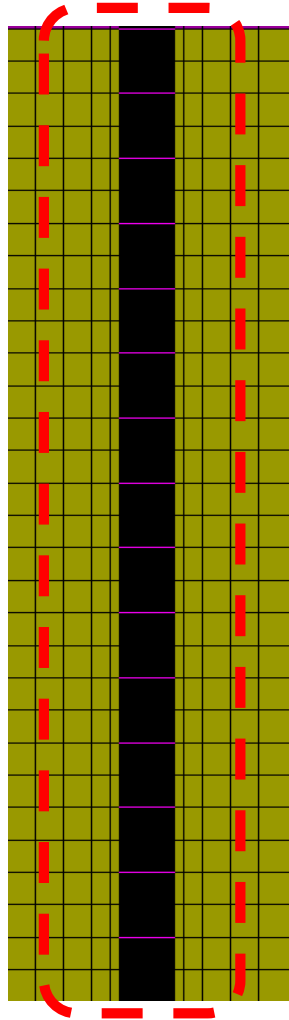
Sönümleyici Sistem: Doğrusal Olmayan Modelleme



Sönümleyici Sistem: Kapasite Çalışması

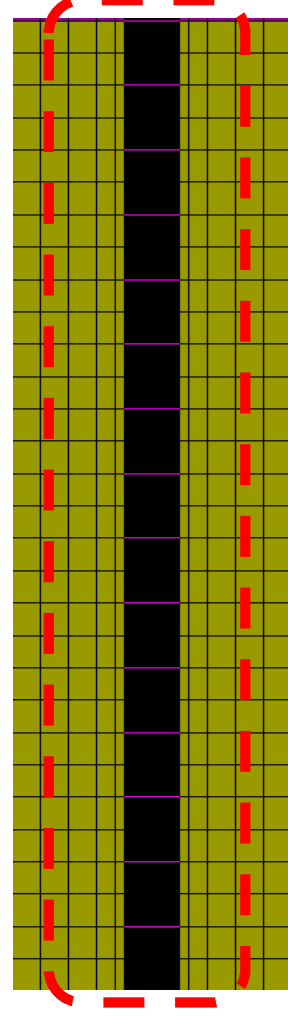


**Tüm Katlardaki
Bağ Kirişler
Sönümleyiciler
İle Değiştirildi**



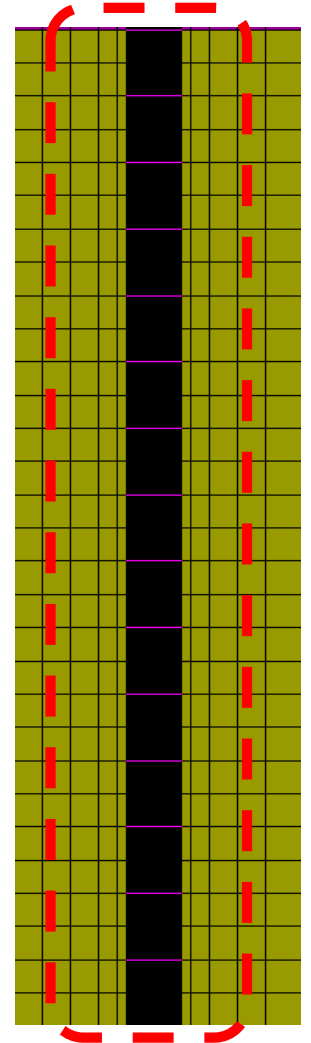
Model: 350

V_y : 350 ton



Model: 200

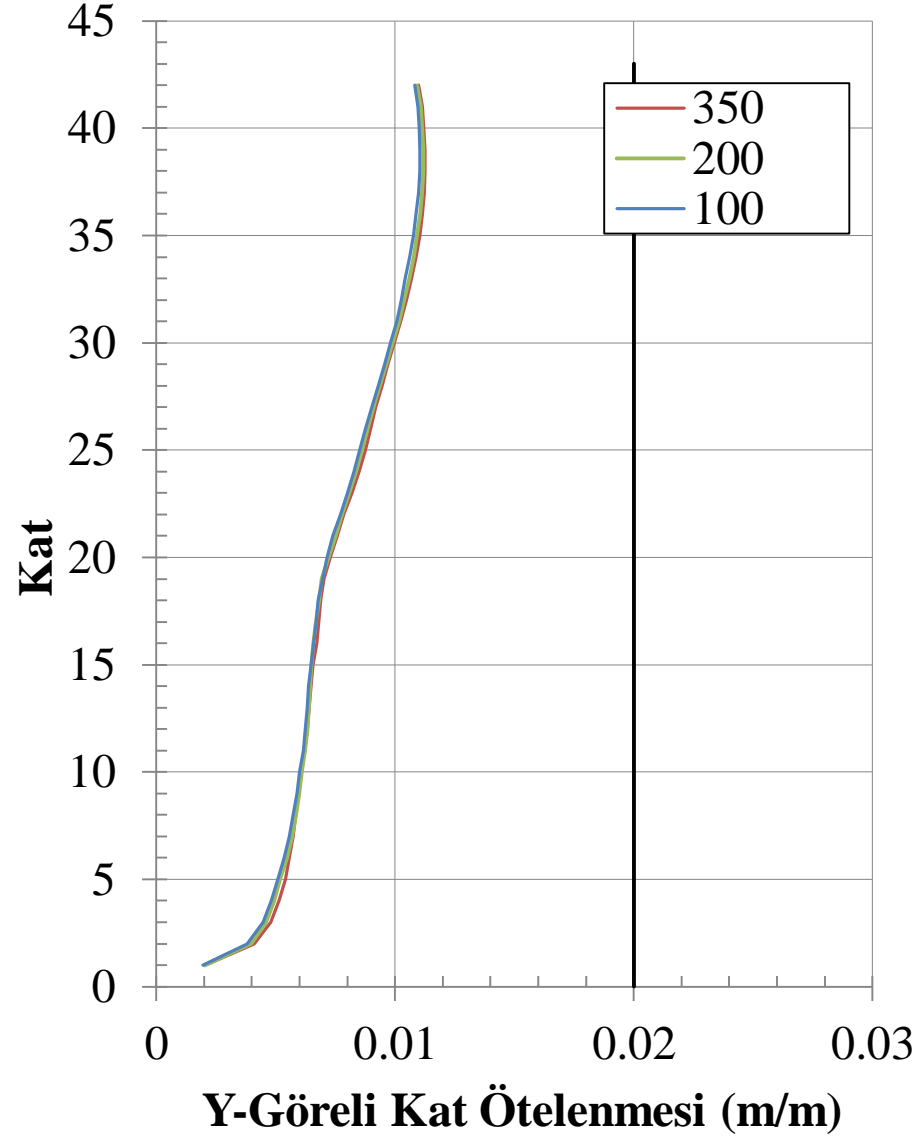
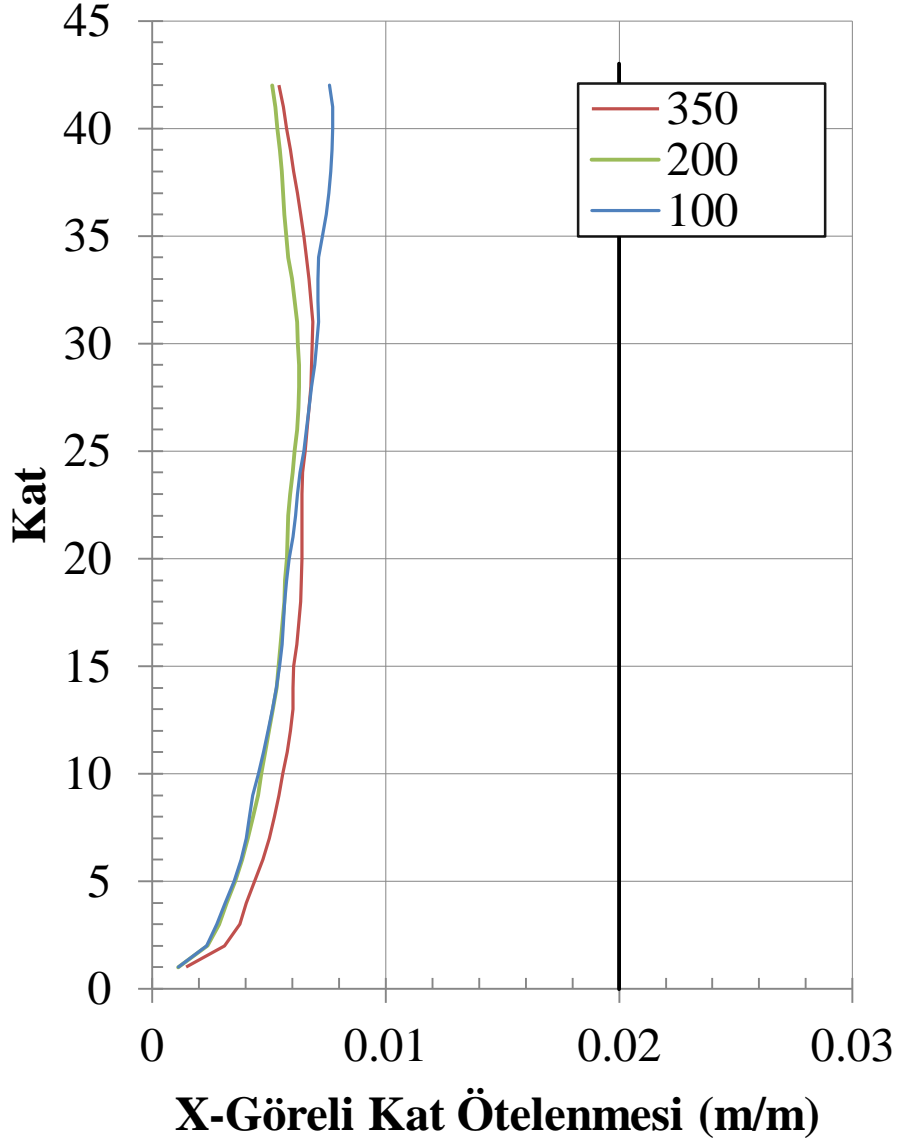
V_y : 200 ton



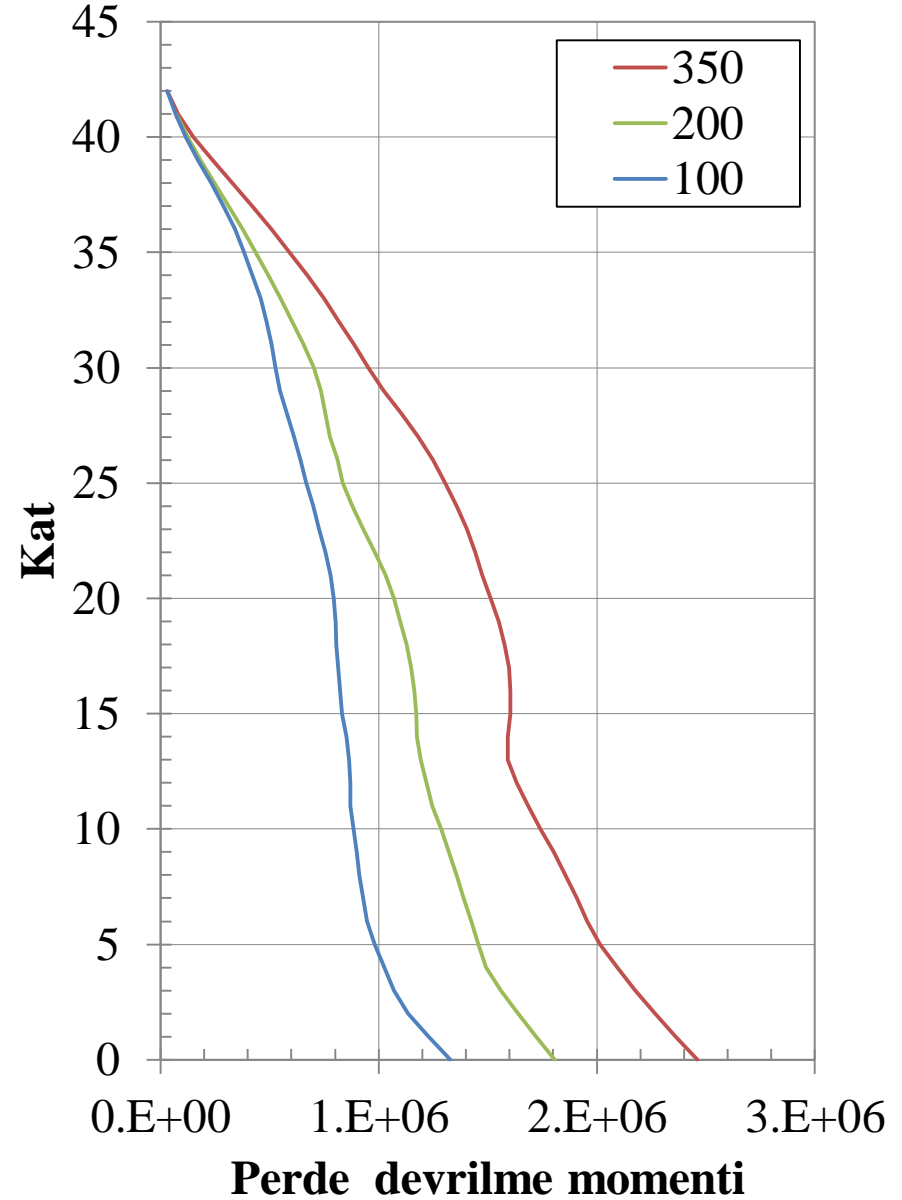
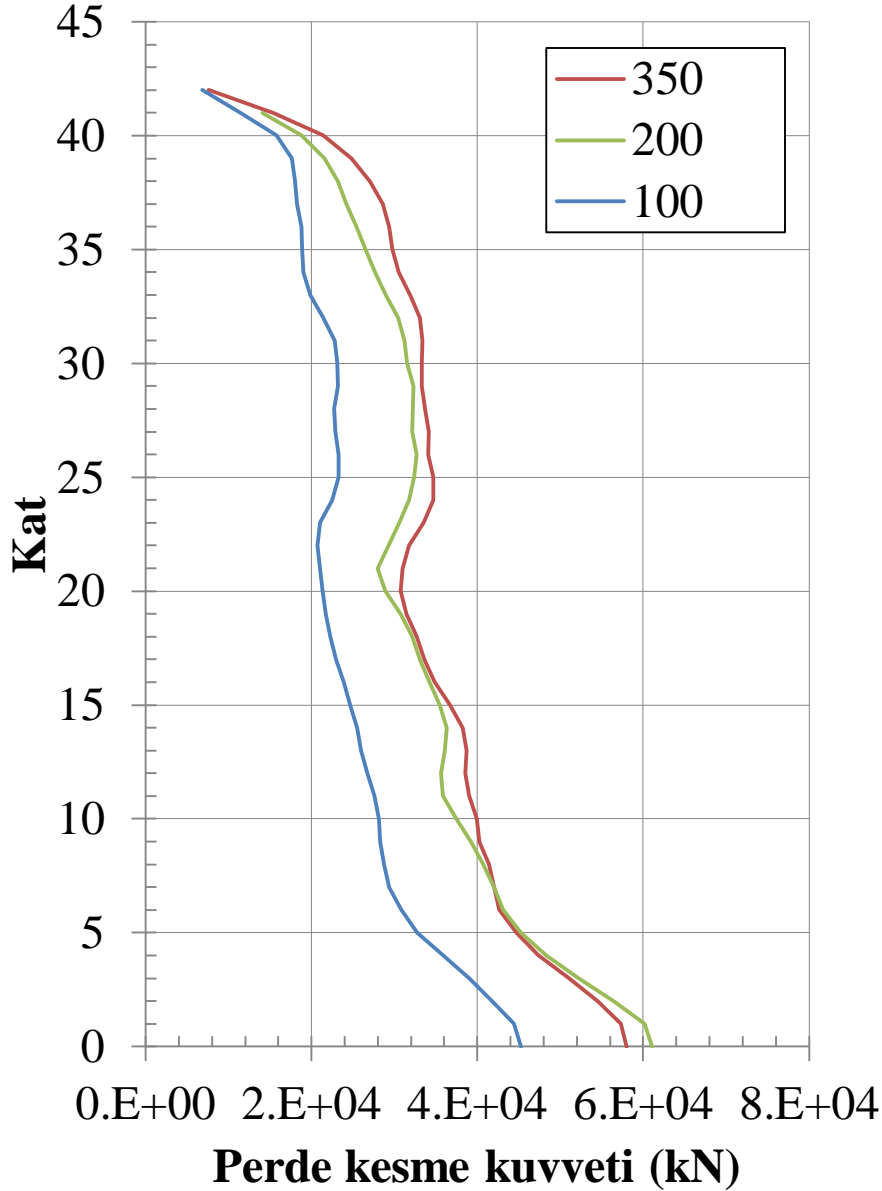
Model: 100

V_y : 100 ton

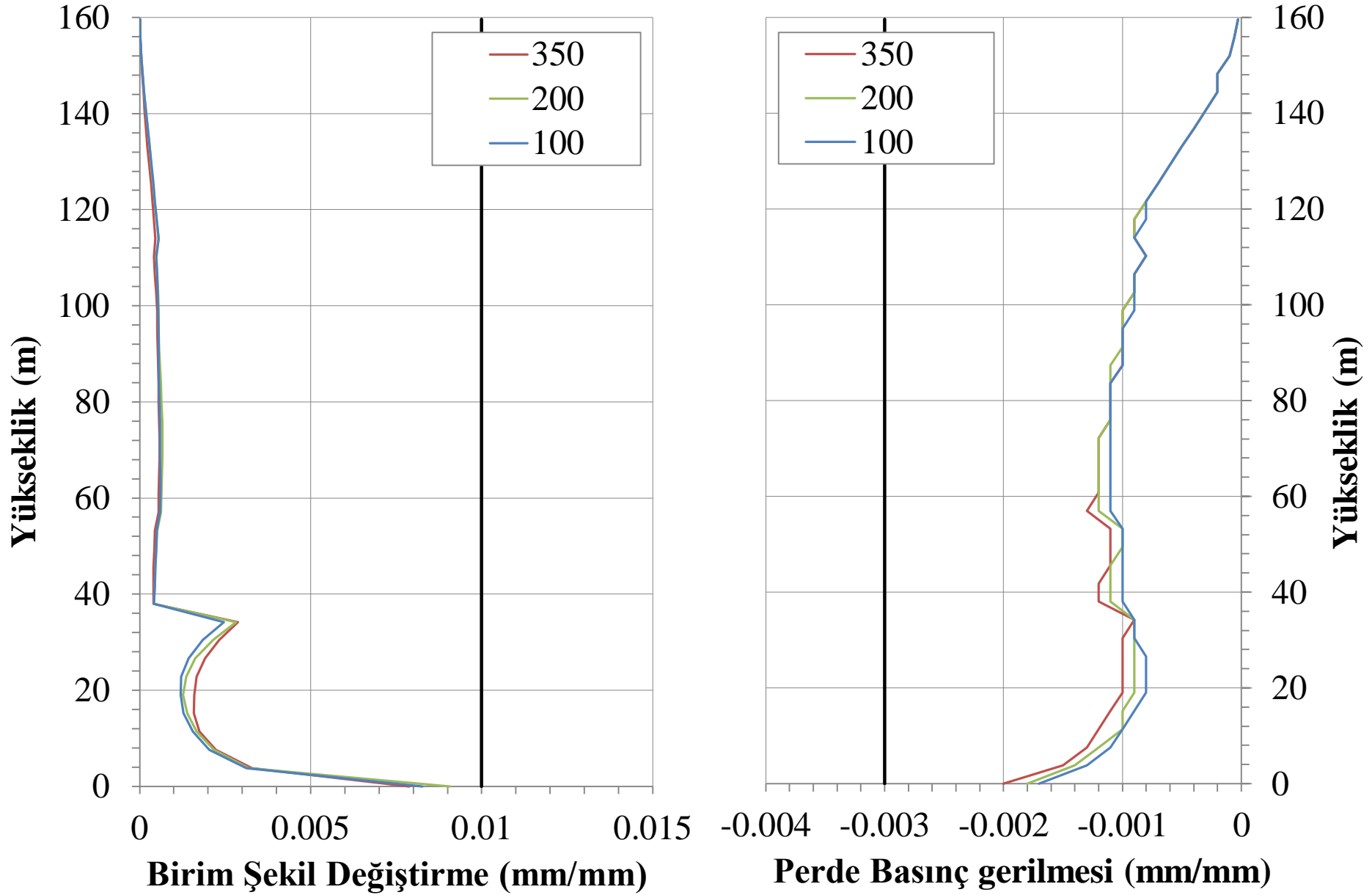
Sönümleyici Sistem: Kapasite Çalışması



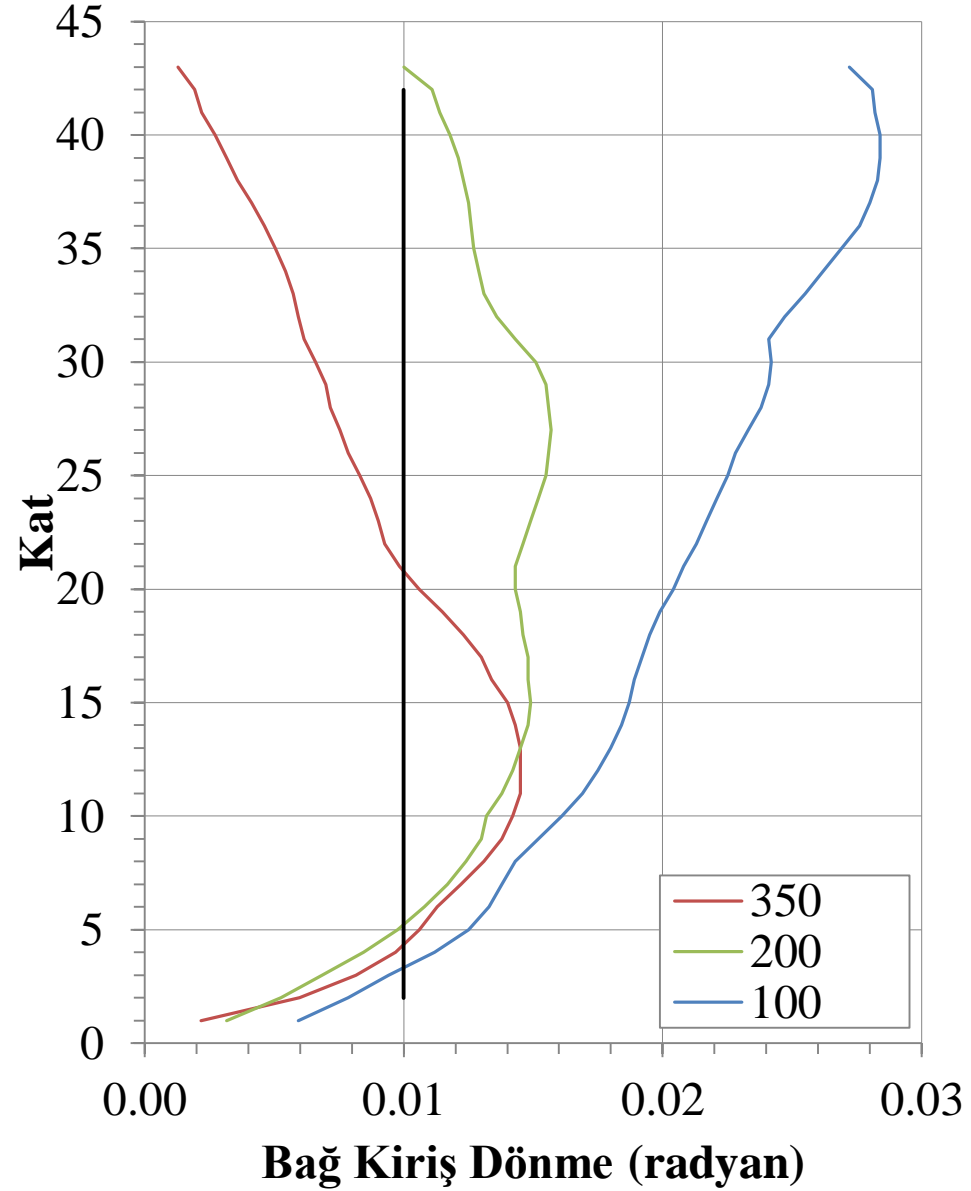
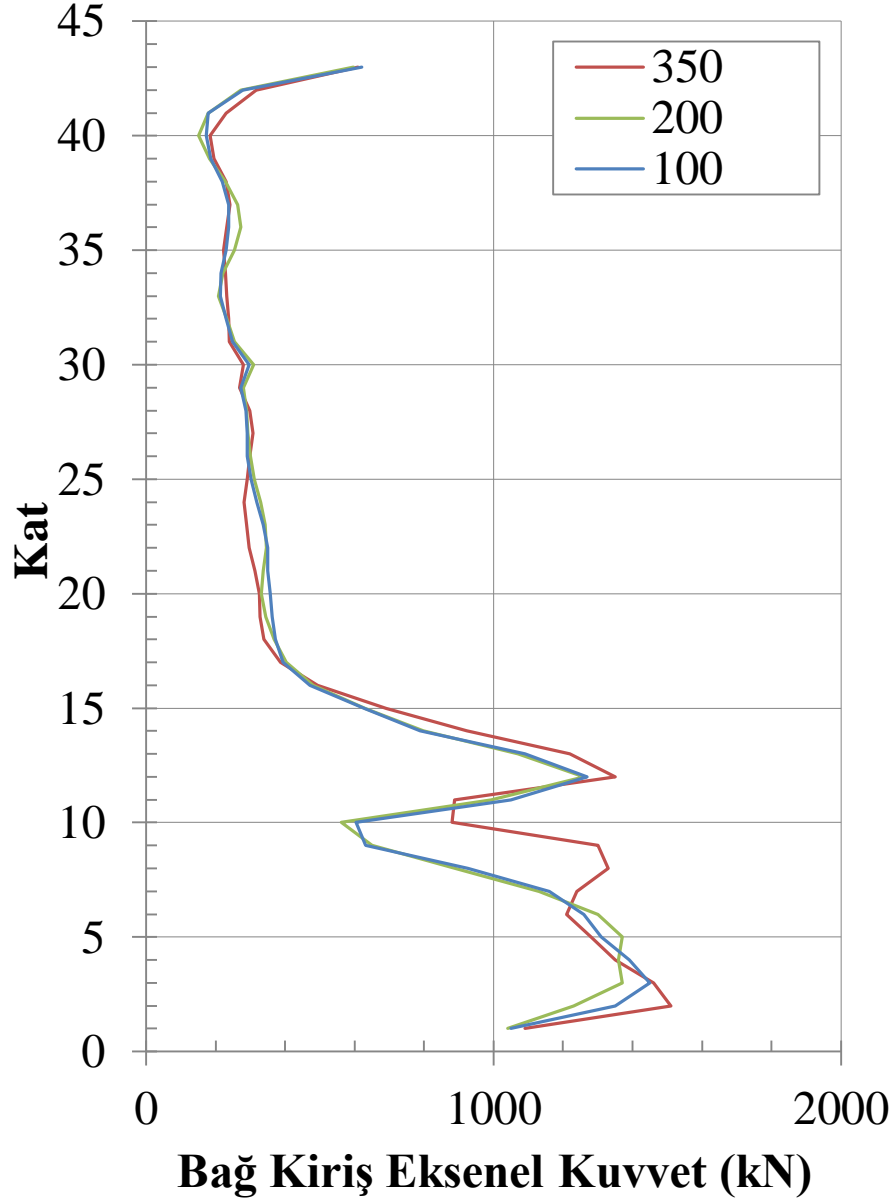
Sönümleyici Sistem: Kapasite Çalışması



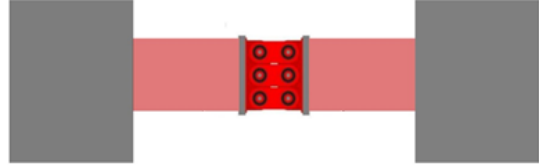
Sönümleyici Sistem: Kapasite Çalışması



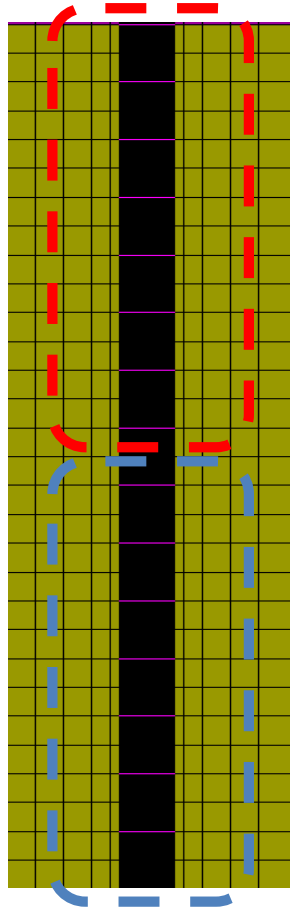
Sönümleyici Sistem: Kapasite Çalışması



Sönümleyici Sistem: Konfigürasyon Çalışması

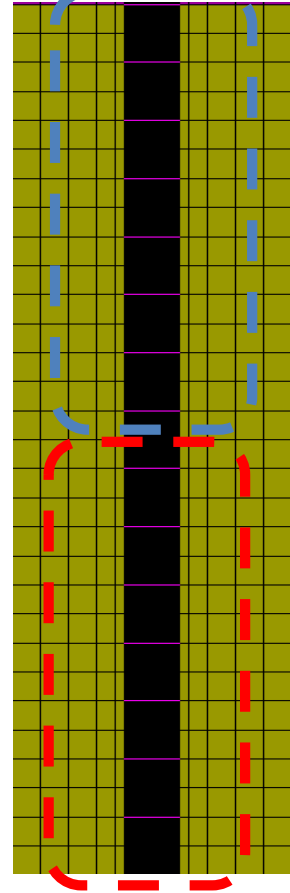


**Tüm Katlardaki
Bağ Kirişler
Sönümleyiciler
İle Değiştirildi**



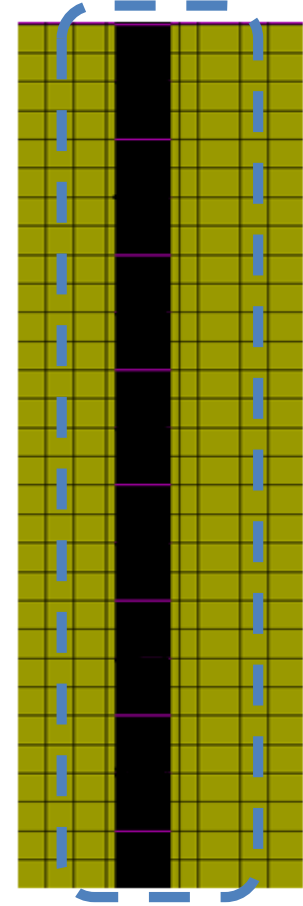
Alt200/Üst100

$V_{y,alt}$: 200 ton
 $V_{y,üst}$: 100 ton



Alt100/Üst200

$V_{y,alt}$: 100 ton
 $V_{y,üst}$: 200 ton

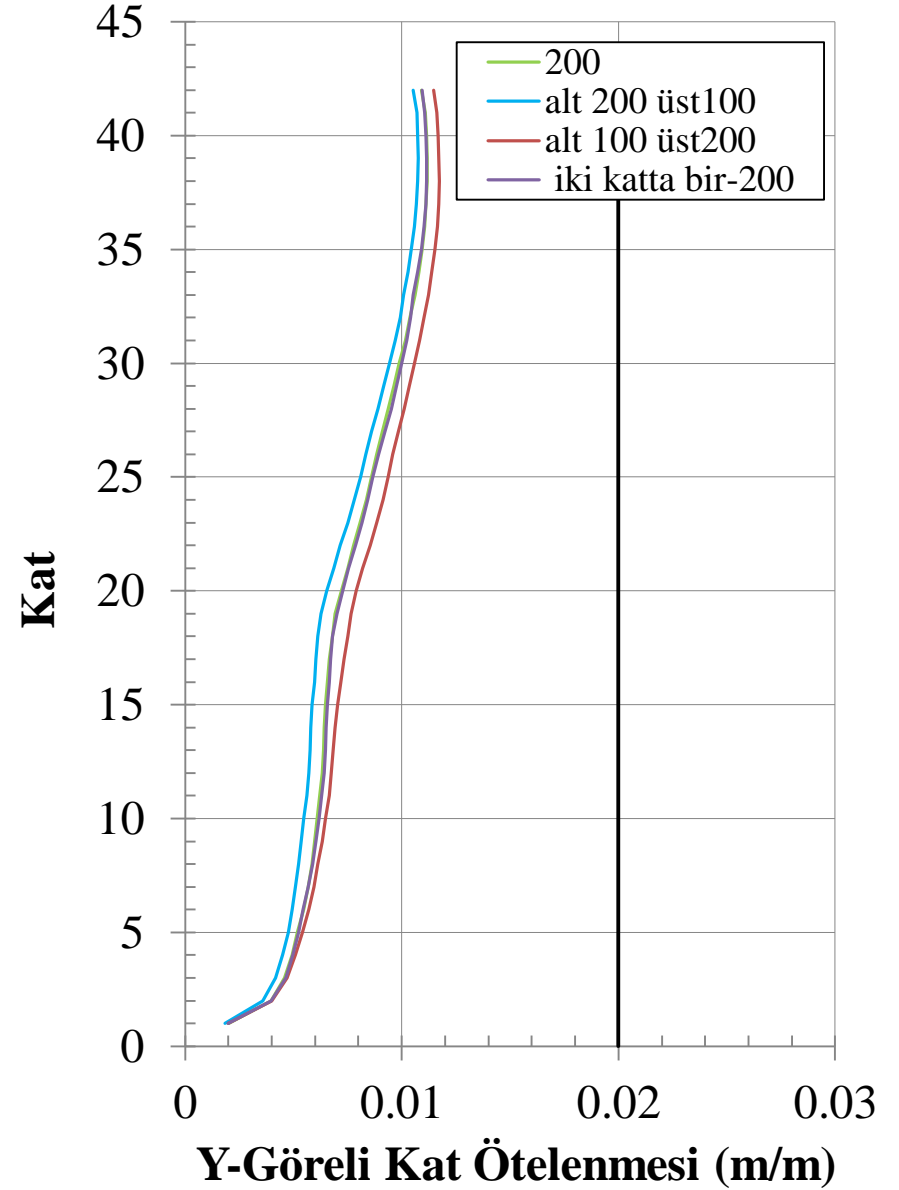
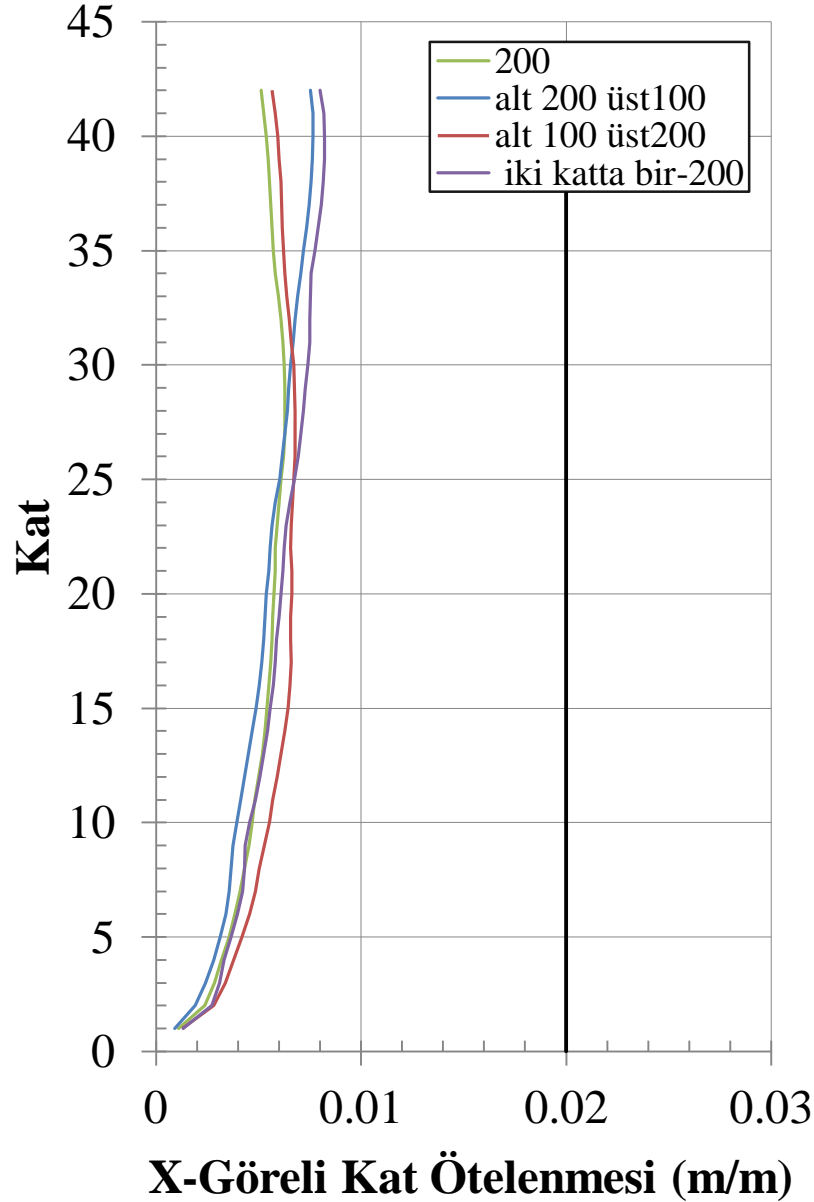


İki Katta Bir/200

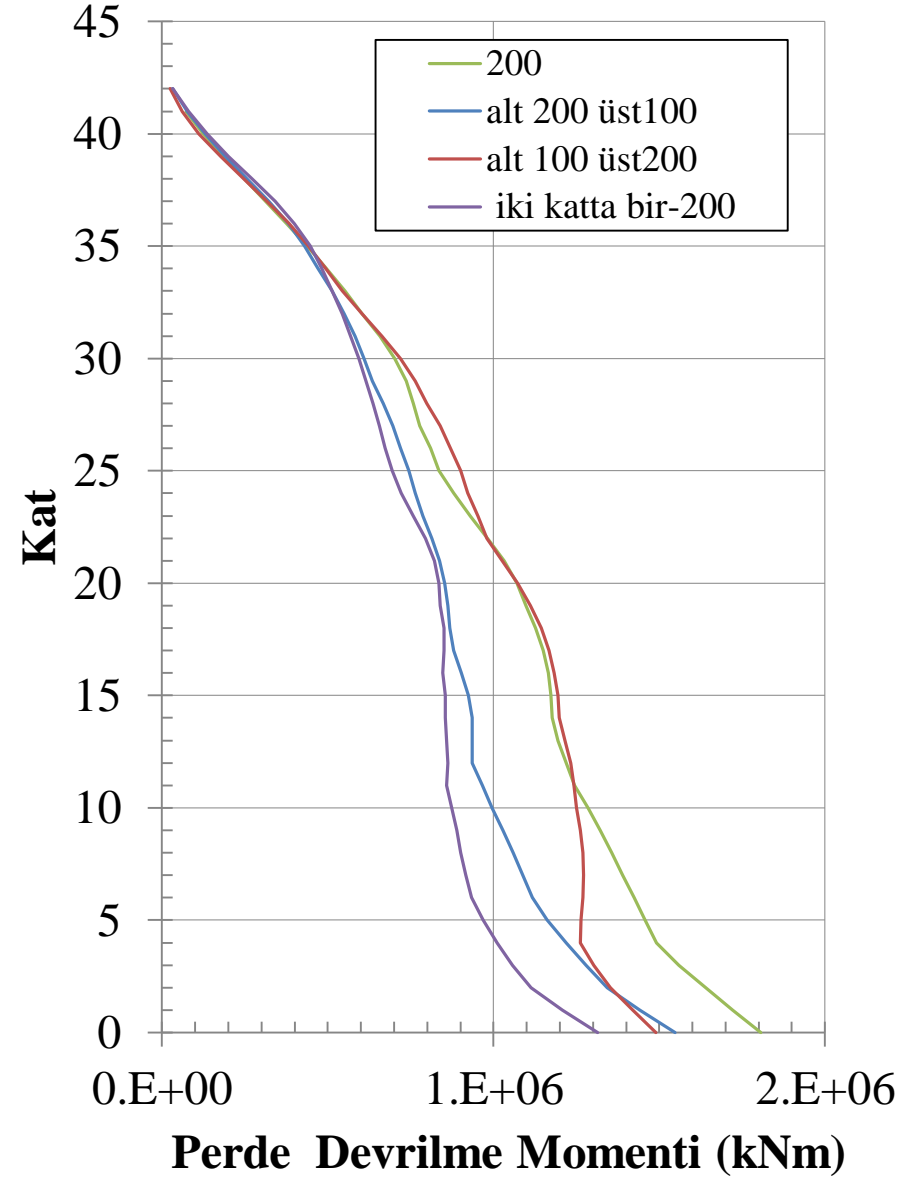
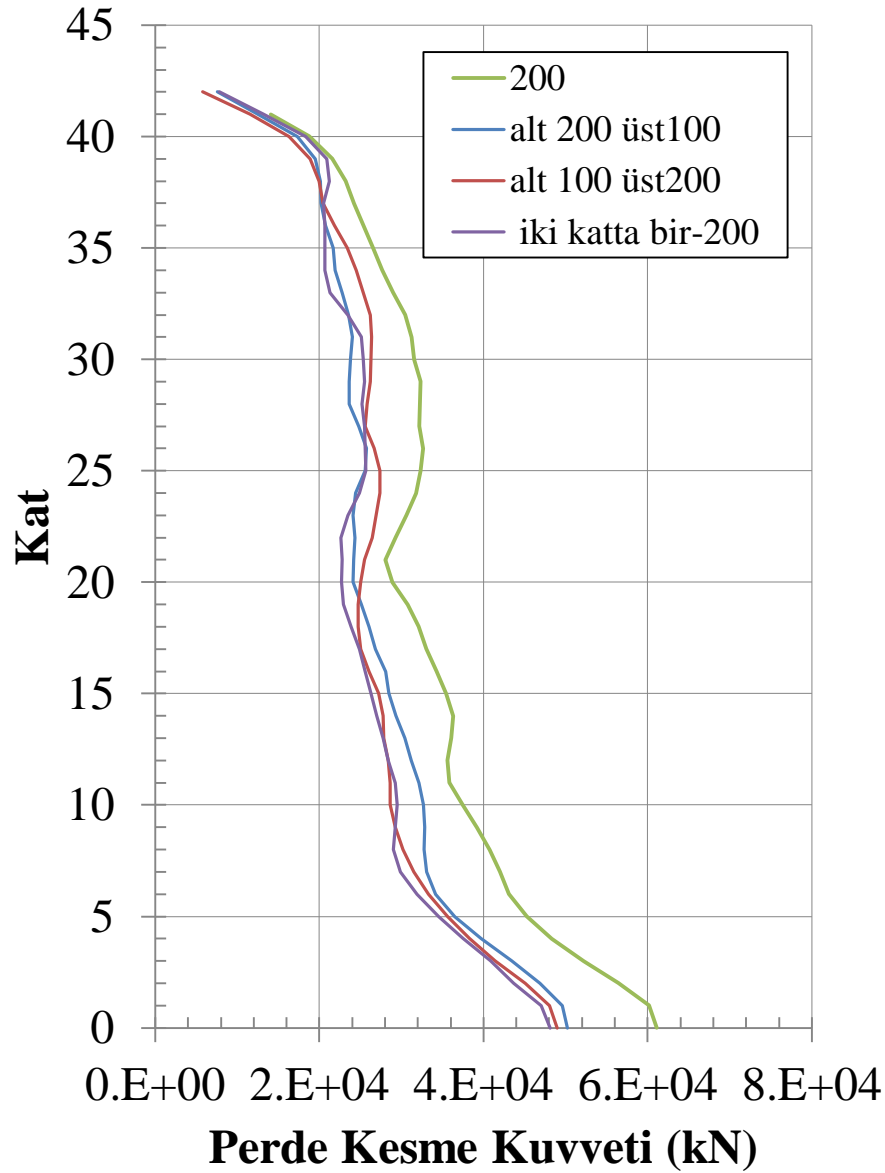
V_y : 200 ton

**Sönümleyiciler iki katta
bir yerleştirilmiştir.**

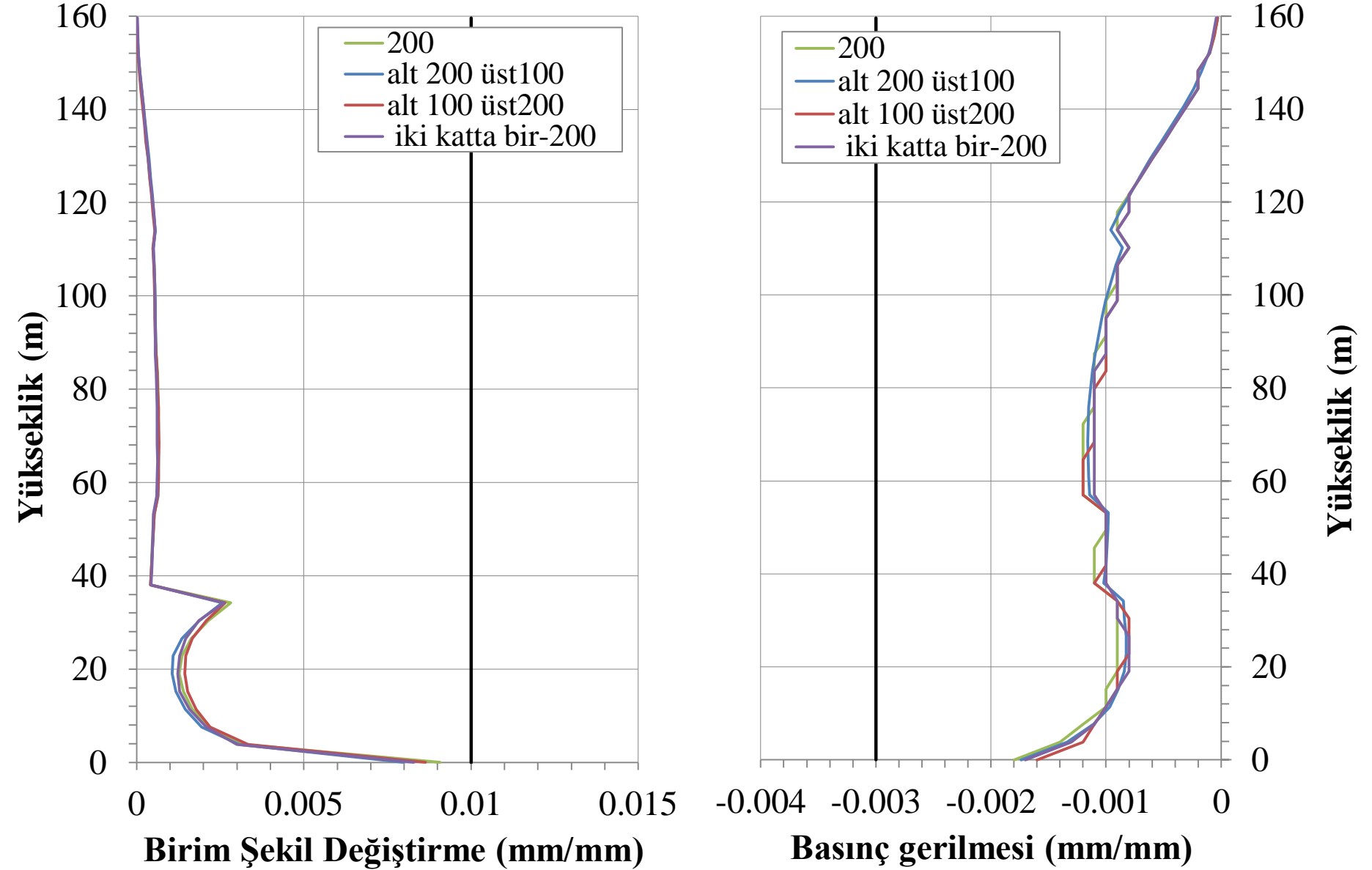
Sönümleyici Sistem: Konfigürasyon Çalışması



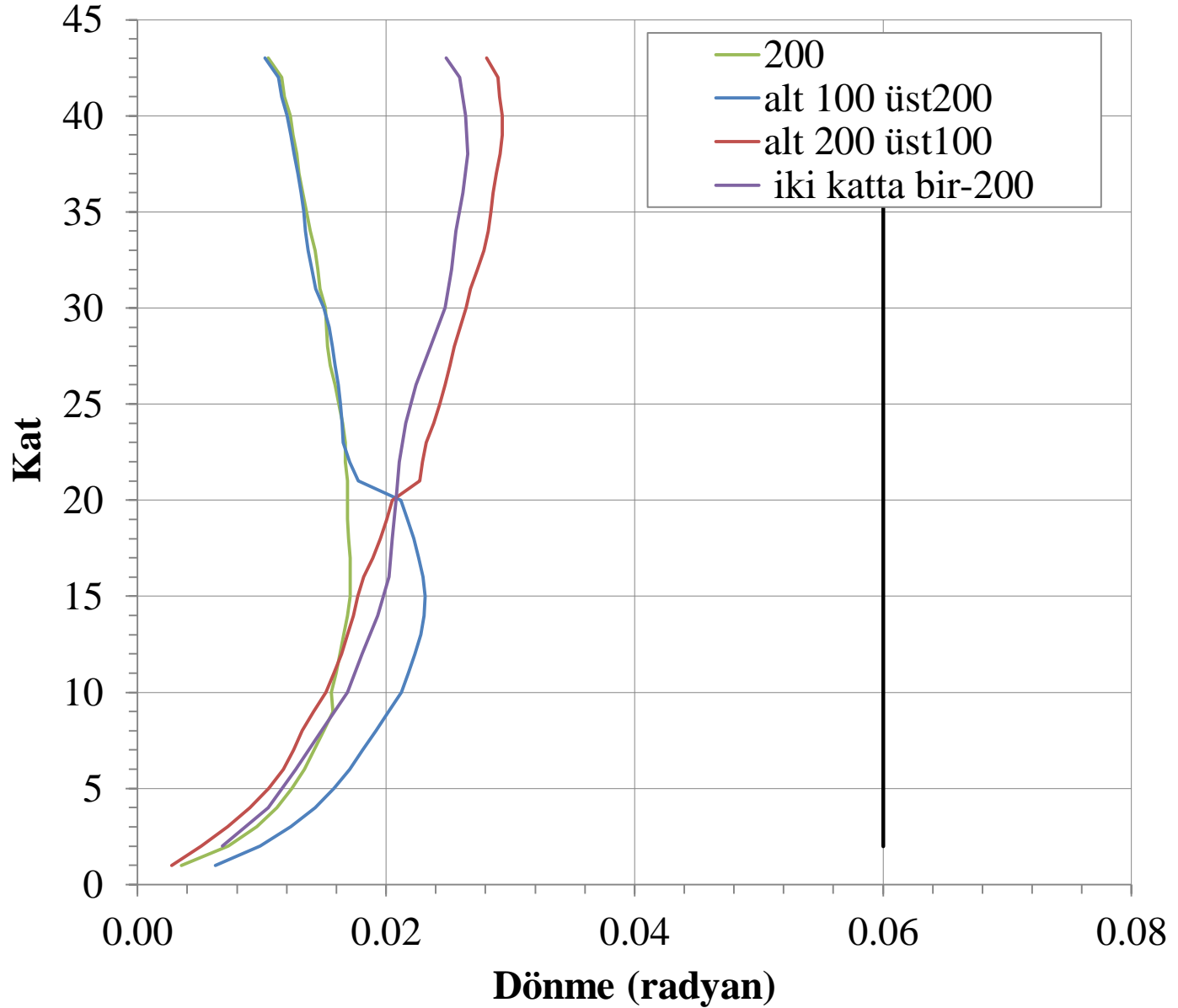
Sönümleyici Sistem: Konfigürasyon Çalışması



Sönümleyici Sistem: Konfigürasyon Çalışması



Sönümleyici Sistem: Konfigürasyon Çalışması



SUNUM

1. Bölüm

Örnek Bina

- Boyutlar
- Depremsellik
- Eşdeğer çerçeve

2. Bölüm

Sönümleyici Sistem Tasarımı

Doğrusal Olmayan Modelleme

- #### Farklı Konfigürasyon
- 3 Farklı Farklı Kapasite
 - 3 Farklı

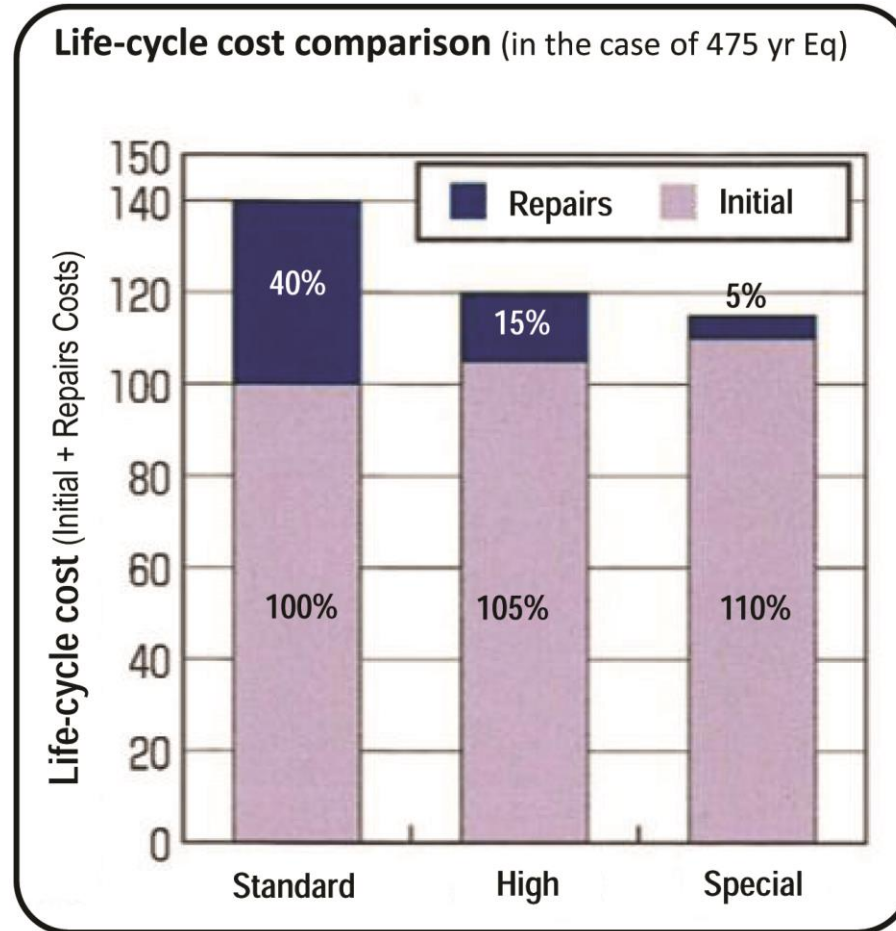
Yapı Hasarını Azaltmaya Yönelik Çalışma

Diğer Konular

- Maliyet
- Boyutlandırma
- Uygulanabilirlik

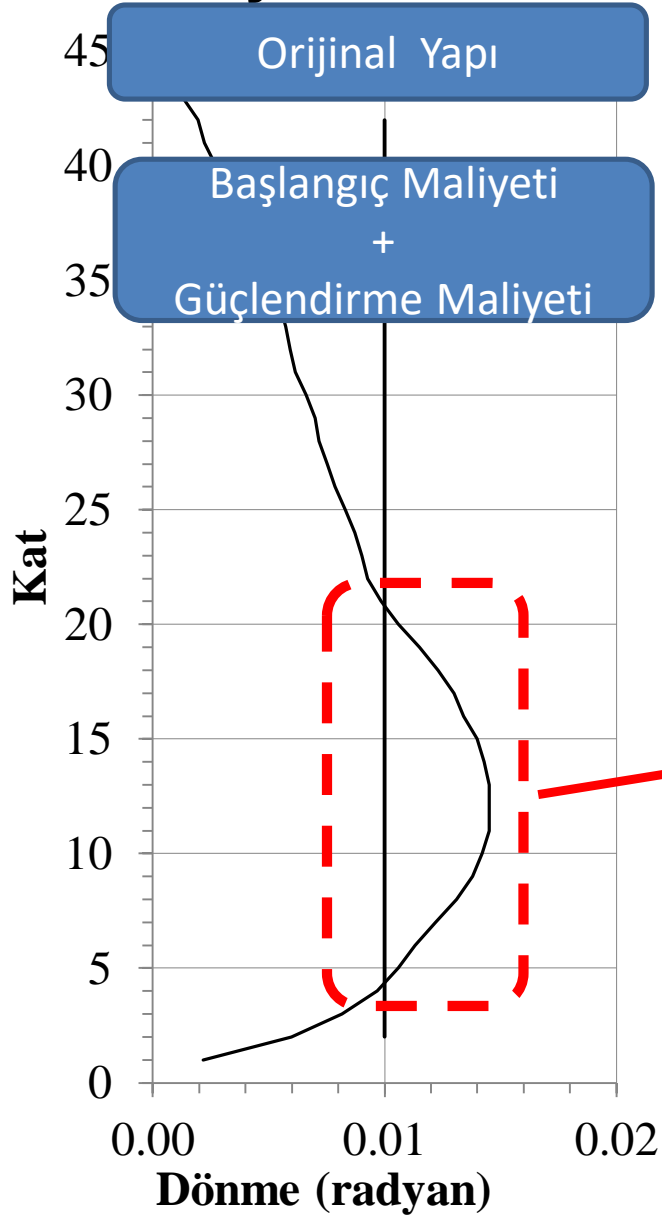
Sonuç ve öneriler

Sönümleyici Sistem: Yapı Hasarına Yönelik Çalışma



**JAPAN STRUCTURAL
CONSULTANTS ASSOCIATION**

Sönümleyici Sistem: Yapı Hasarına Yönelik Çalışma



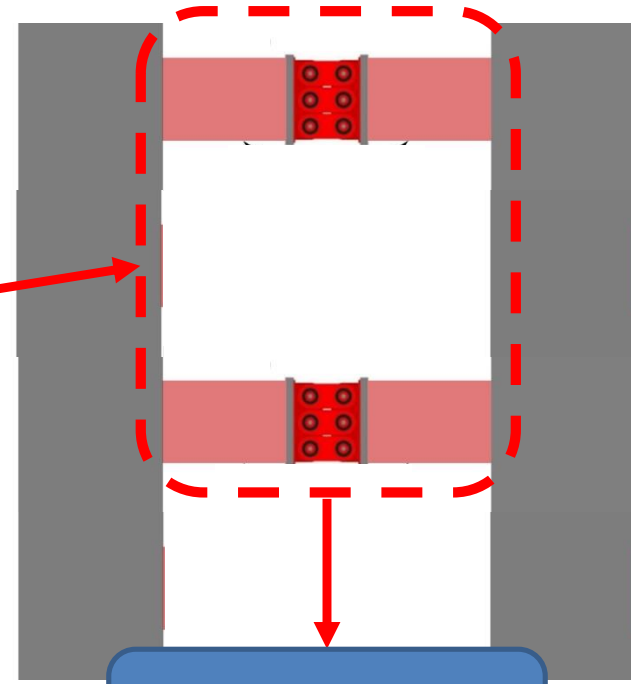
Orijinal Yapı

Başlangıç Maliyeti
+
Güçlendirme Maliyeti

=

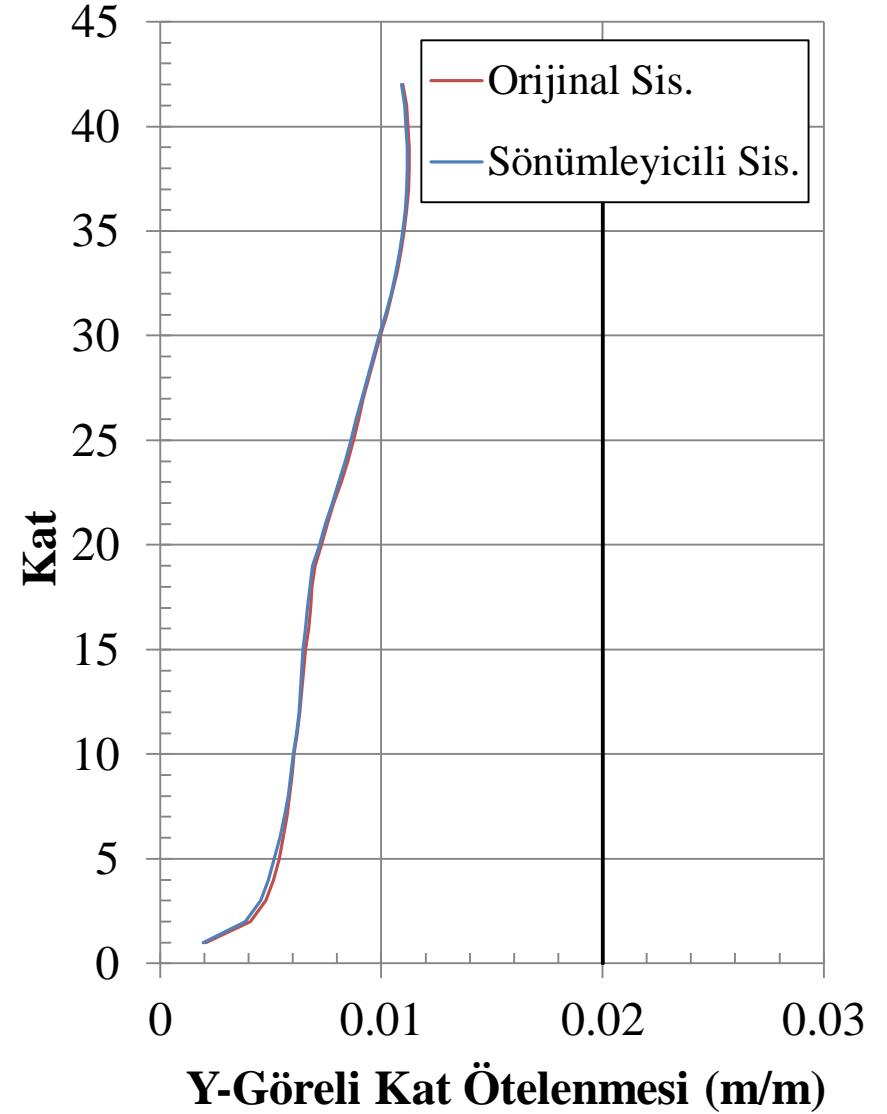
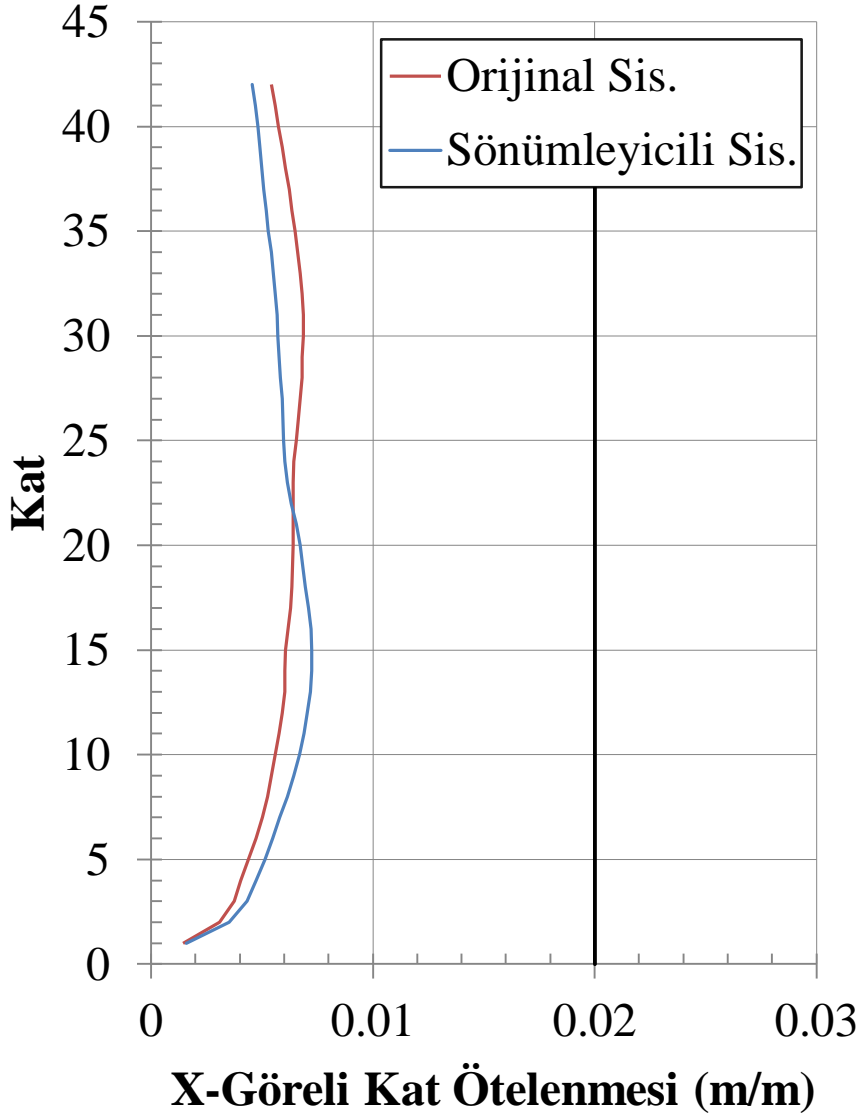
Sönümleyici Yapı

Başlangıç Maliyeti

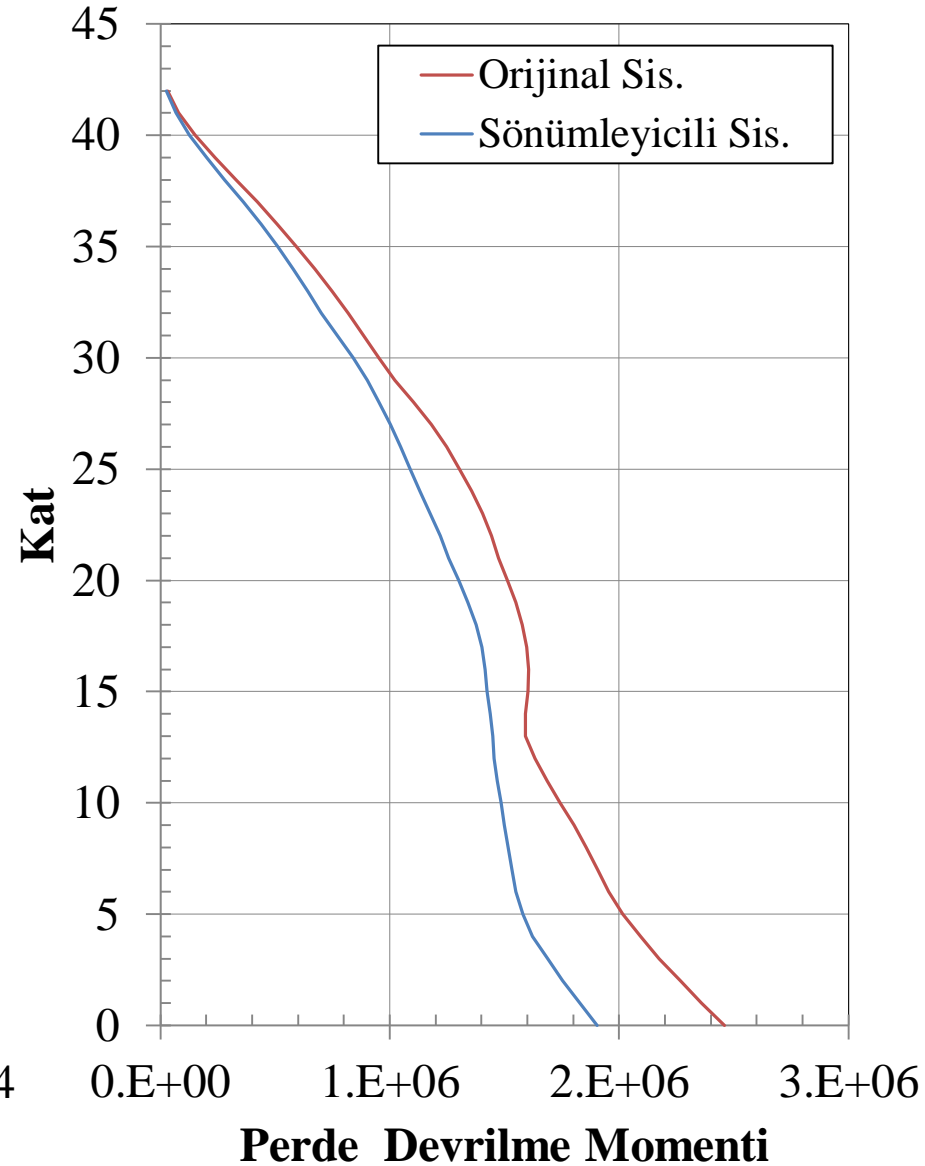
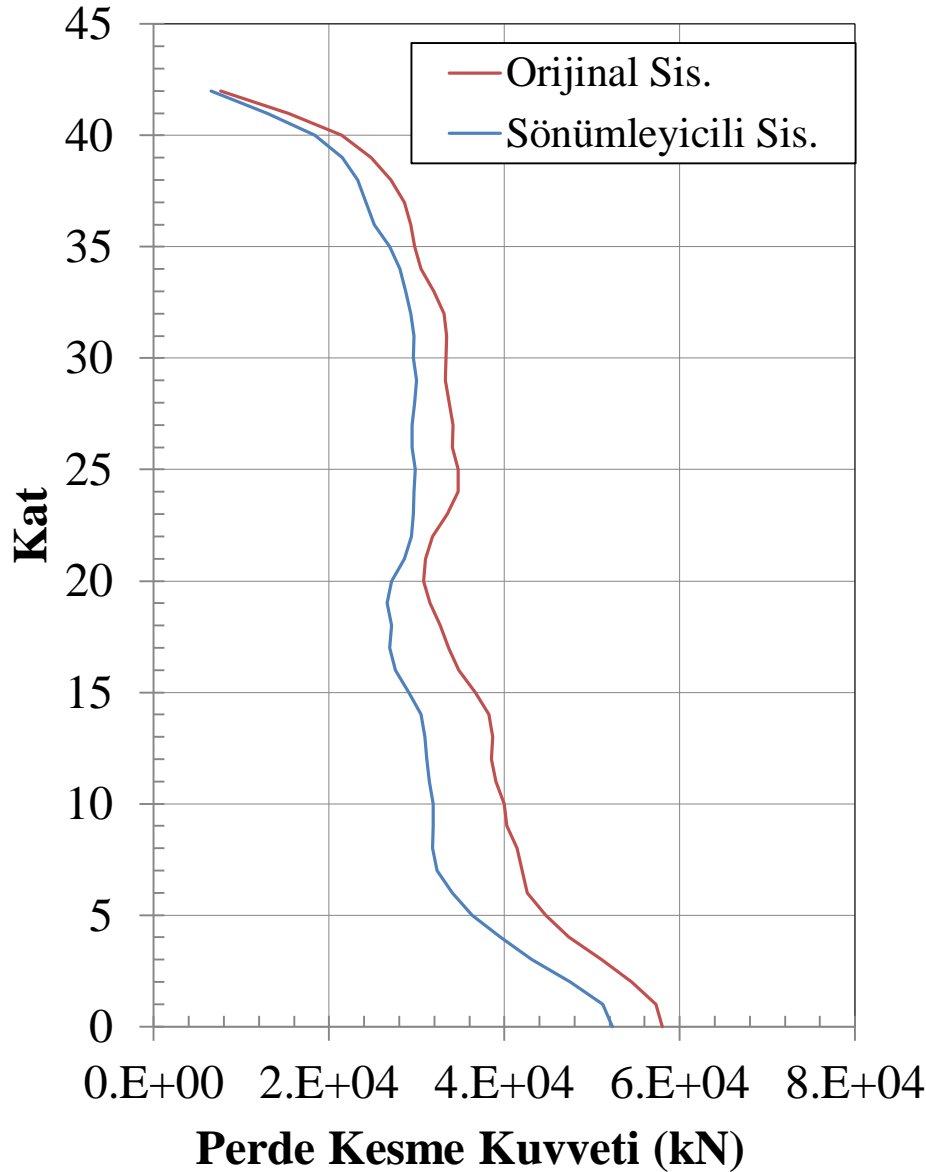


Sönümleyici Akma Kuvveti = 125 ton

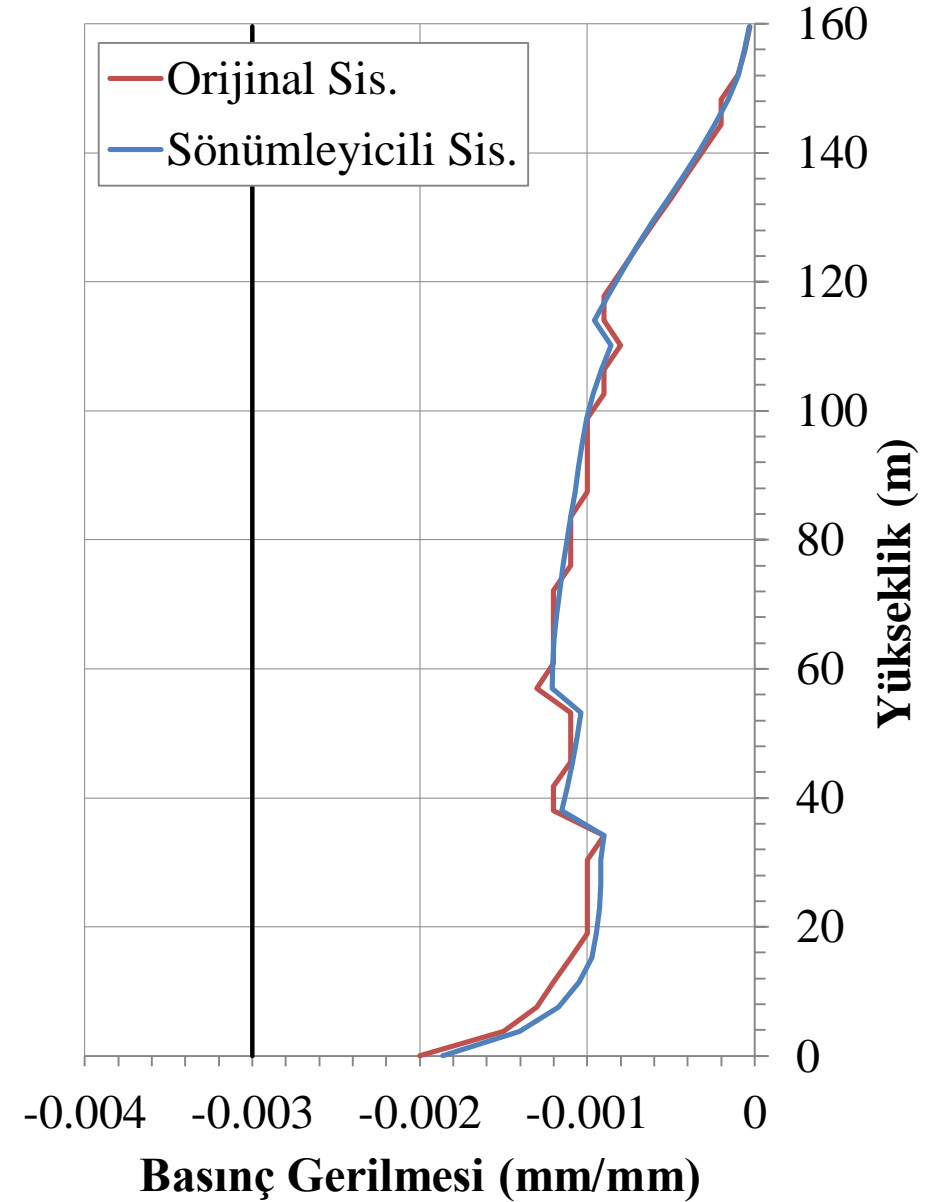
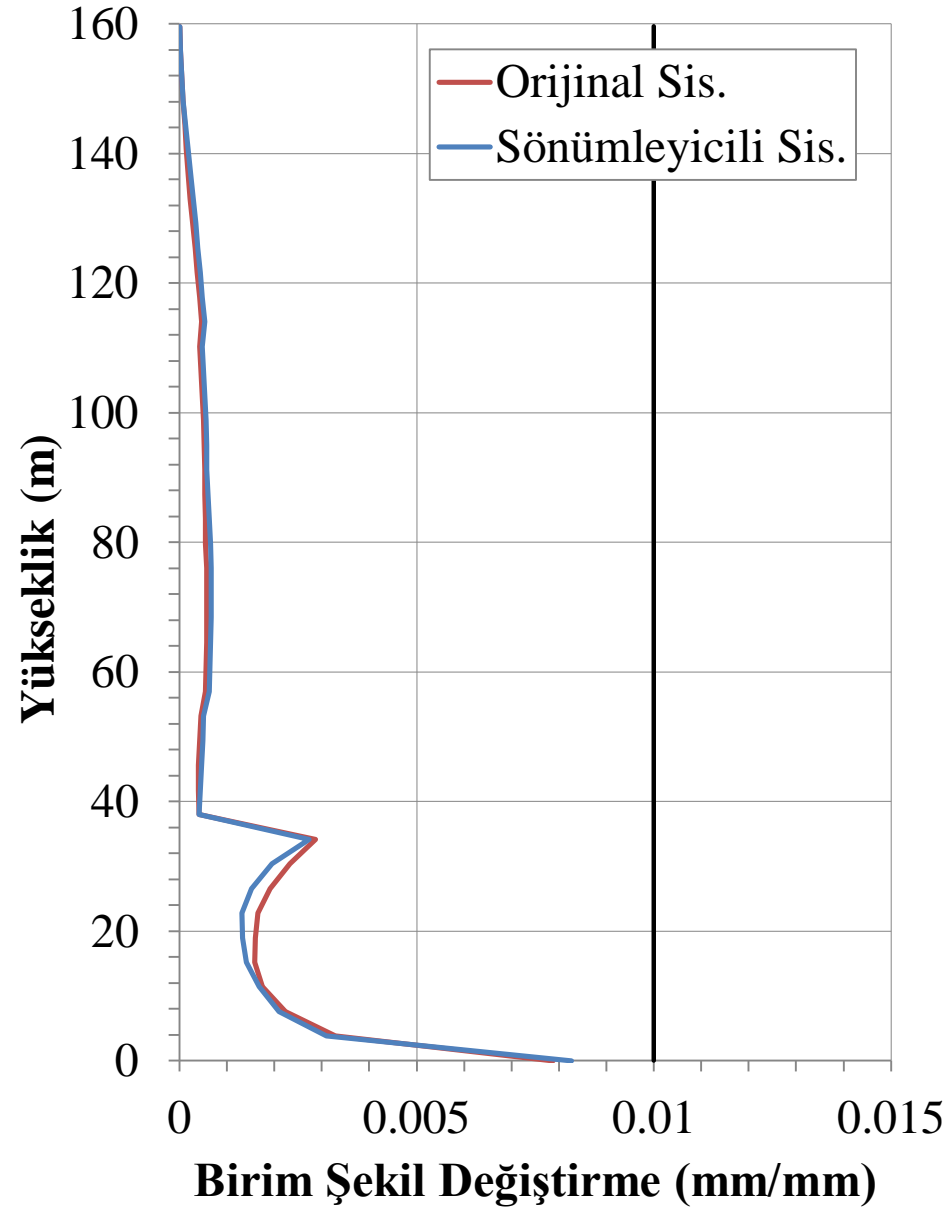
Sönümleyici Sistem: Yapı Hasarına Yönelik Çalışma



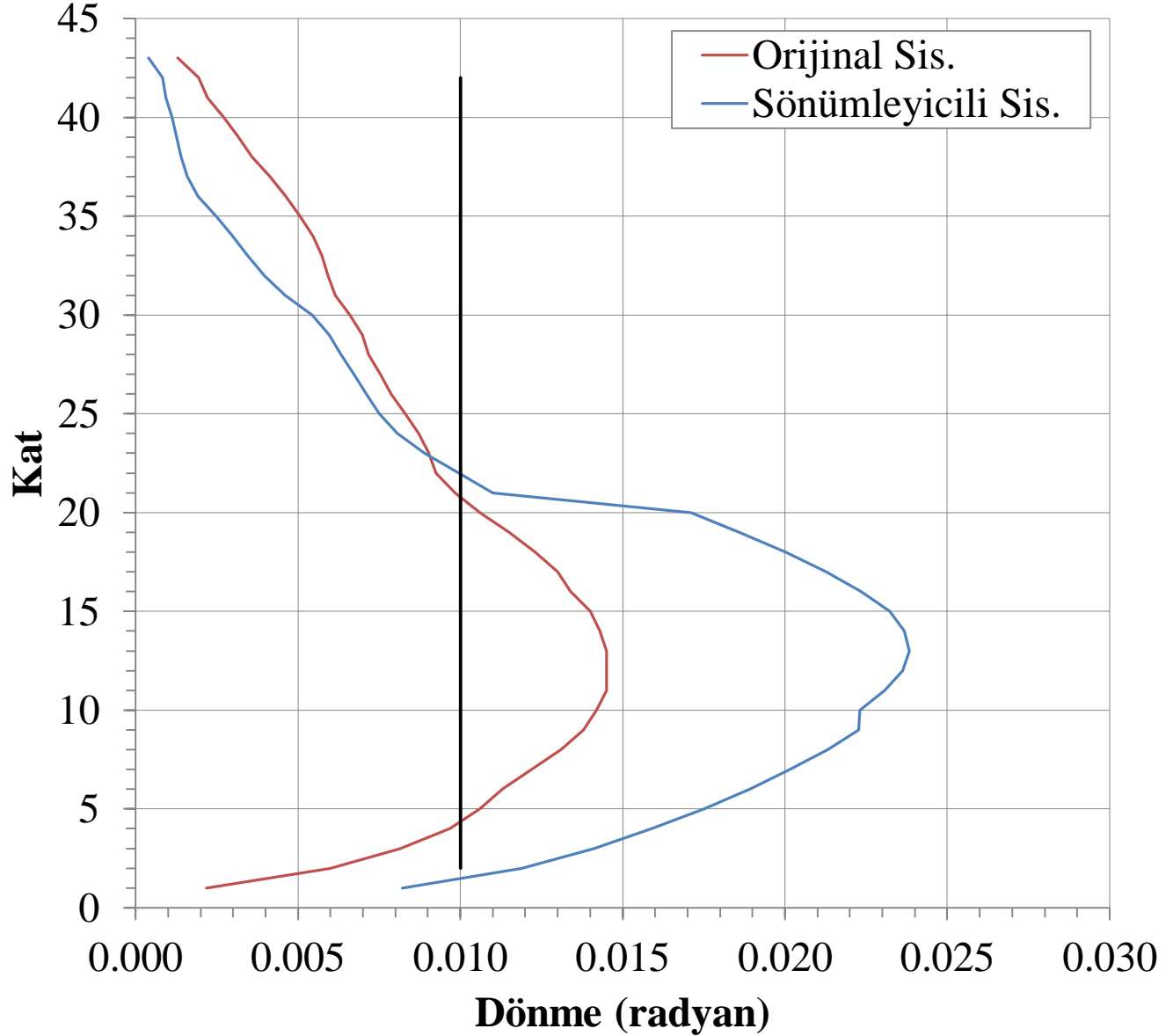
Sönümleyici Sistem: Yapı Hasarına Yönelik Çalışma



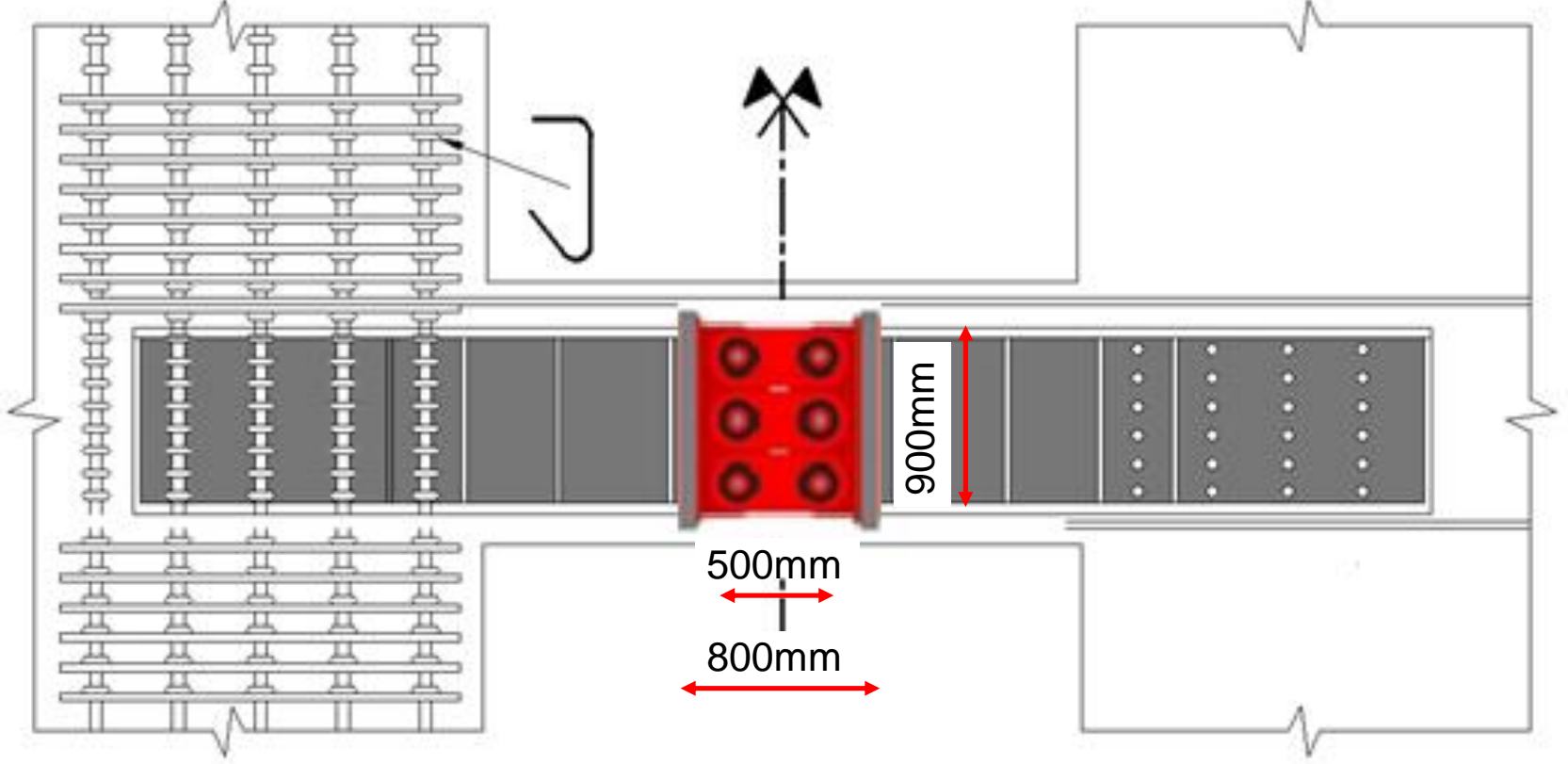
Sönümleyici Sistem: Yapı Hasarına Yönelik Çalışma



Sönümleyici Sistem: Yapı Hasarına Yönelik Çalışma



Sönümleyici Sistem: Yapı Hasarına Yönelik Çalışma



Sonuçlar ve Öneriler

- Bu çalışmada sönümleyicilerle bağlı betonarme perde duvarlı yüksek binaların tasarımını kolaylaştırıcı yöntemlerin geliştirilmesi hedeflenmiştir.
- Bunun için Türkiye’de tasarlanmış ve inşa edilmiş 43 katlı bir yüksek binanın örnek bina olarak incelenmiş ve sönümleyici olarak dönme sürtünmesine dayalı sönümleyici kullanılmıştır.
- Doğrusal olmayan nümerik çalışma yapılmıştır
 - Sönümleyicilerin farklı yerleşim ve kapasite seçenekleri için
 - Hasarı azaltmaya yönelik çalışma

Sonuçlar ve Öneriler

- Yapılan çalışma neticesinde çelik bağ kirişli (Akma kapasitesi **350 ton**)
 - Performansının çok yüksek olacak şekilde tasarlandığı
 - 2500 yıllık depremde betonarme perde duvarların yüksek seviyede doğrusal olmayan davranış göstermediği
 - Bağ kirişlerin 1-20 kat arası dönme değerlerinin 0.01 rad dönme değerini aştığı görülmüştür
- Farklı konfigürasyon ve kapasitelerde (**350 ton, 200 ton, 100 ton**) sönümleyici kullanılması durumunda
 - Perde duvarlardaki doğrusal olmayan davranışın orijinal yapıya göre önemli miktarda değişmediği Ancak düşük kapasitelerde eleman kullanılması durumunda enerji dağılımı üst katlara doğru arttığı görülmüştür.

Sonuçlar ve Öneriler

- Orijinal yapının hasarının azaltılmasına yönelik bir konfigürasyon düşünülmüştür
- Bu konfigürasyon ile orijinal yapıdaki başlangıç ve 2500 yıllık deprem sonrası güçlendirme maliyetinin sönümleyicili yapıda başlangıç maliyetine eşit olması amaçlanmıştır.
- Bu konfigürasyonda orijinal yapı içerisindeki 0.01 rad. üzerinde dönmeye sahip olan bağ kirişleri 125 ton kapasiteye sahip sönümleyiciler ile değiştirilmiştir.
 - Bu konfigürasyon ile yapı performansında önemli bir değişiklik gözlemlenmemiştir.
 - Sönümleyicilerdeki dönmelerin arttığı gözlemlenmiştir.
 - Ancak sönümleyicilerde meydana gelen dönme artışı kalıcı hasara neden olmadığı için yapı performansında herhangi bir değişikliğe neden olmamıştır.

Araştırılması Gereken Konular

- Doğrusal olmayan davranışın daha iyi anlaşılabilmesi için ölçeklendirme yönteminin irdelenmesi gerekir.
- Eşdeğer çerçeve yönteminin doğruluğunun daha iyi anlaşılabilmesi için doğruluğunun irdelenmesi gerekir.
- İncelenen yapının orjinal halinin yüksek performanslı bir yapı olduğu anlaşılmıştır; daha standart performanslı bir yapı ayrıca incelenmelidir.
- Yapının tüm katlarında sönümleyici olması ekonomik olmayabilir. Sadece belli katlarda sönümleyici olması durumu araştırılması.
- Yapı içerisinde belirli katlarda farklı kapasitede sönümleyicilerin kullanılması ekonomik sonuçları getirebileceğinin araştırılması.
- Bağ kirişlerinin tasarımının doğrusal olmayan analizlerle kontrol edilmesi gerekir.

Teşekkürler

- İTÜ-BAP Yüksek Lisans Desteđi
- Promer Mühendislik ve Müşavirlik, Sönümleyiciler ve Güçlendirme Maliyeti Hakkında Bilgi
- Damptech Firması Sönümleyiciler Hakkında Bilgi
- Meinhardt, Arup Bigisayar Programları