

# **2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ**

## **MEVCUT BİNALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE GÜÇLENDİRİLMESİ**

**Prof. Dr. Haluk Sucuoğlu**  
**ODTÜ**

# YÖNETMELİK KOMİSYONU

(07/07/2003 Tarih ve 8925 Sayılı Bakan Oluru)

Nuray Aydınolu (BÜ)

Nejat Bayülke (BİB)

Zekai Celep (İTÜ)

Atilla Erenler (BİB)

Cahit Kocaman (BİB)

Fikret Kuran (BİB)

Erkan Özer (İTÜ)

Haluk Sucuoğlu (ODTÜ) - Yürütücü

---

Alt Komisyonlar (~70 Üye)

- Bölüm 2 (6) – Hesap Kuralları: Revizyon
- Bölüm 3 (7) – Betonarme Binalar: Revizyon
- Bölüm 4 (8) – Çelik Binalar: Kapsamlı Revizyon
- Bölüm (9) – Ahşap Binalar: Çıkarıldı
- Bölüm 5 (10) – Yığma Binalar: Kapsamlı Revizyon
- Bölüm (11) – Kerpiç Binalar: Çıkarıldı
- Bölüm 6 (12) – Zemin ve Temeller: Revizyon
- Bölüm 7 – Değerlendirme ve Güçlendirme: **YENİ BÖLÜM**

# **BÖLÜM 7**

## **MEVCUT BİNALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE GÜÇLENDİRİLMESİ**

7.1- Kapsam

7.2- Binalardan Bilgi Toplama

7.3- Eleman Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

7.4- Deprem Hesabı: Genel İlke ve Kurallar

7.5- Performans Hesabı: Doğrusal Elastik Yöntemler

7.6- Performans Hesabı: Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler

7.7- Bina Deprem Performansının Belirlenmesi ve Güçlendirme Kararları

7.8- Binalar İçin Hedeflenen Performans Düzeyleri

7.9- Binaların Güçlendirilmesi: Genel İlkeler

7.10- Betonarme Binaların Güçlendirilmesi

## **Bilgilendirme Ekleri**

Ek 7.A- Doğrusal Hesapta Kolon ve Perde Eksenel Yüklerinin Belirlenmesi

Ek 7.B- Beton ve Donatı Çeliği İçin Gerilme-Şekildeğiştirme Bağlıntıları

Ek 7.C- Doğrusal Olmayan Spektral Yerdeğiştirmenin Belirlenmesi

Ek 7.D- Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ile İtme Analizi

Ek 7.E- Lifli Polimer ile Sargılanan Kolonlarda Dayanım ve Süneklik Artışının Hesabı

Ek 7.F- Dolgu Duvarların Güçlendirilmesi İçin Yöntemler

## BİNALARDAN BİLGİ TOPLANMASI

- Zemin özellikleri
- Temel sistemi
- Eleman Özellikleri (*boyutlar, malzeme*)
- Yapı sistemi
- Bina geometrisi
- Mevcut hasar /onarım /değişiklikler
- Korozyon etkisi



### Bilgi Düzeyleri

- **Sınırlı:** Taşıyıcı sistem projesi **YOK**
- **Orta:** Taşıyıcı sistem projesi **YOK / VAR**
- **Kapsamlı:** Taşıyıcı sistem projesi **VAR**

### Mevcut Malzeme Dayanımı

Taşıyıcı eleman kapasite hesaplarında kullanılacak malzeme dayanımları

## Betonarme Binalarda “Sınırlı” Bilgi Düzeyi

### a) Bina Geometrisi

- Taşıyıcı sistem plan rölevesinin elde edilmesi
- Kısa kolon vb. olumsuzlukların, komşu binalarla ilişkilerin işlenmesi
- Temel sisteminin kontrol çukuru açılarak belirlenmesi

### b) Eleman Detayları

- Binanın yapıldığı tarihteki minimum donatı varsayımı
- Her katta kolon ve kirişlerin %10’unda (en az birer adet) pas payı sıyrılarak doğrulama yapılması, çelik sınıfının gözle tesbit edilmesi
- Pas payı sıyrılmayan elemanların %20’sinde tahribatsız yöntemlerle donatı tesbiti yapılması
- ***Donatı gerçekleşme katsayısı*** ’nın belirlenmesi

### c) Malzeme Özellikleri

- Her katta en az iki beton örneği (kolon veya perde) alınması
- Mevcut beton dayanımı = En düşük basınç dayanımı
- Mevcut çelik dayanımı = Karakteristik akma dayanımı

## Betonarme Binalarda “Orta” Bilgi Düzeyi

### a) Bina Geometrisi

- Proje yoksa taşıyıcı sistem plan rölevesinin elde edilmesi, varsa mevcut projenin yapıya uygunluğunun tesbiti
- Kısa kolon vb. olumsuzlukların, komşu binalarla ilişkilerin işlenmesi
- Temel sisteminin kontrol çukuru açılarak belirlenmesi

### b) Eleman Detayları

- Her katta kolon ve kirişlerin %20'sinde (en az ikişer adet) pas payı sıyrılarak doğrulama yapılması, çelik sınıfının gözle tesbit edilmesi
- Pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde tahribatsız yöntemlerle donatı tesbiti yapılması
- ***Donatı gerçekleşme katsayısı*** 'nın belirlenmesi

### c) Malzeme Özellikleri

- Her katta en az üç, her 400 m<sup>2</sup>'den en az bir, toplam en az 9 beton örneği (kolon veya perdelerden) alınması
- Mevcut beton dayanımı = Ortalama - standart sapma
- Mevcut çelik dayanımı = Karakteristik akma dayanımı



## Betonarme Binalarda “Kapsamlı” Bilgi Düzeyi

### a) Bina Geometrisi

- Mevcut projenin yapıya uygunluğunun tesbiti
- Kısa kolon vb. olumsuzlukların, komşu binalarla ilişkilerin işlenmesi
- Temel sisteminin kontrol çukuru açılarak belirlenmesi

### b) Eleman Detayları

- Her katta kolon ve kirişlerin %10'unda (en az birer adet) pas payı sıyrılarak doğrulama yapılması, çelik sınıfının gözle tesbit edilmesi
- Pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde tahribatsız yöntemlerle donatı tesbiti yapılması
- ***Donatı gerçekleşme katsayısı*** 'nın belirlenmesi

### c) Malzeme Özellikleri

- Her katta en az üç, her 200 m<sup>2</sup>'den en az bir, toplam en az 9 beton örneği (kolon veya perdelerden), bir adet donatı örneği alınması
- Mevcut beton dayanımı = Ortalama - standart sapma
- Mevcut çelik dayanımı = Karakteristik akma dayanımı (projede verilen çelik sınıfı özelliklerine uygun ise)

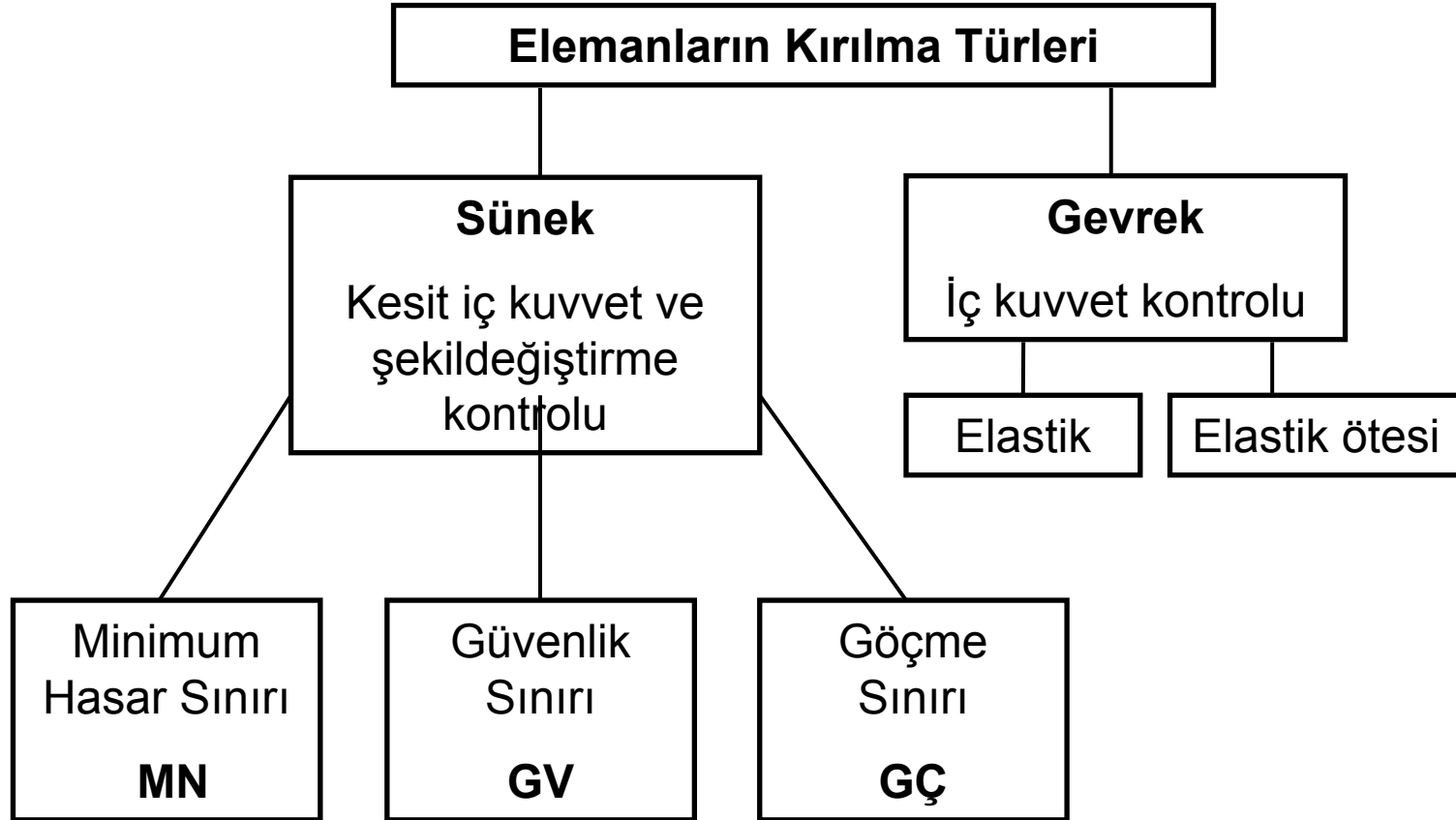
## **Bilgi Düzeyi Katsayıları**

İncelenen binalardan edinilen bilgi düzeylerine göre, eleman kapasitelerine uygulanacak katsayılar

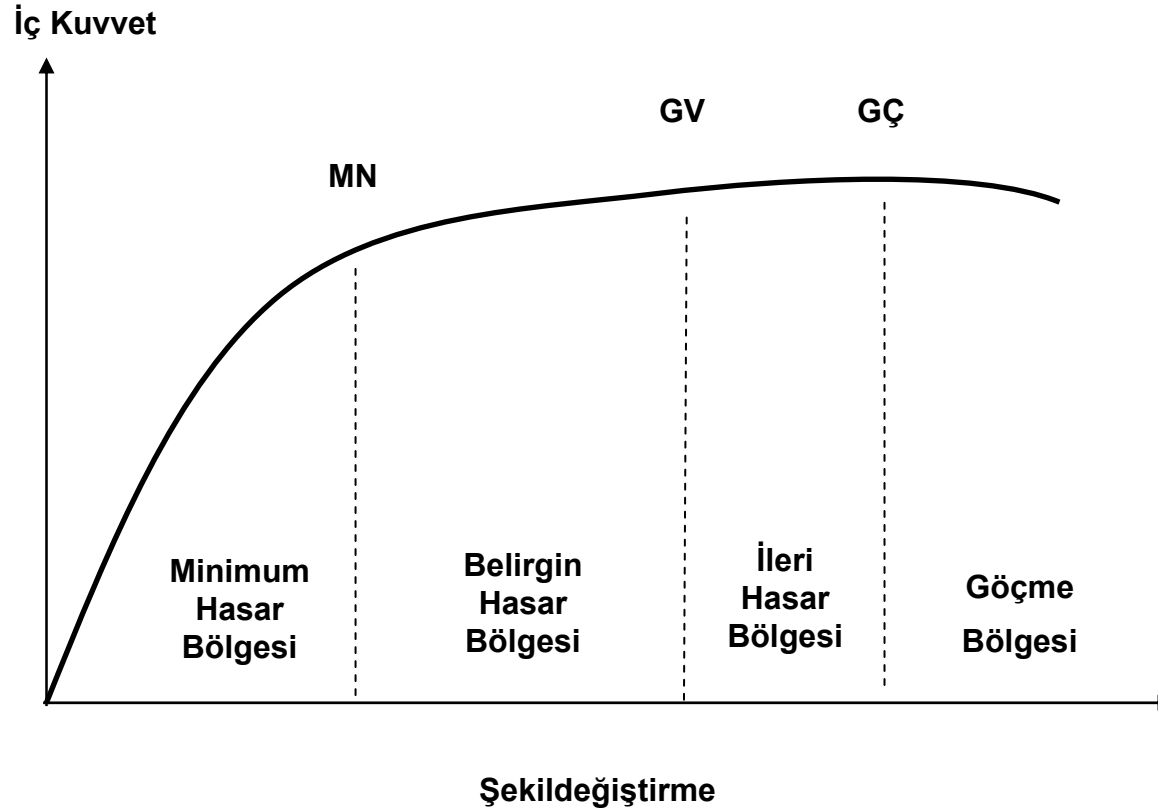
<b>Bilgi Düzeyi</b>	<b>Bilgi Düzeyi Katsayısı</b>
<b>Sınırlı</b>	<b>0.75</b>
<b>Orta</b>	<b>0.90</b>
<b>Kapsamlı</b>	<b>1.00</b>

- Malzeme dayanımları, özellikle belirtilmedikçe ilgili tasarım yönetmeliklerinde verilen **malzeme katsayıları** ile bölünmeyecektir.
- Eleman kapasitelerinin hesabında **mevcut malzeme dayanımları** kullanılacaktır.

# YAPI ELEMANLARINDA HASAR SINIRLARI VE HASAR BÖLGELERİ



## Sünek Elemanlarda Kesit Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri



(Eleman hasarını elemanın en fazla hasarlı kesiti belirler)

## DEPREM HESABINA İLİŞKİN GENEL İLKE VE KURALLAR

- Deprem etkisinin tanımında doğrusal elastik (**azaltılmamış**) ivme spektrumu kullanılacaktır (**R = 1**).
- Deprem hesabında bina önem katsayısı uygulanmayacaktır (**I=1.0**).
- Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanacak, kütle merkezlerine ayrıca **ek dışmerkezlilik** uygulanmayacaktır.
- Kısa kolon durumuna düşürülmüş olan kolonlar, taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boyları ile tanımlanacaktır.

# DEPREM PERFORMANSININ DOĞRUSAL ELASTİK HESAP YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ

### a) Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

- Yükseklik < 25 metre
- Kat sayısı < 8
- $\eta_{bi} < 1.4$
- $R_a=1$
- $V_t = \lambda W A(T_1)$  ; ( $\lambda=1.0$  veya  $0.85$ )

### b) Mod Birleştirme Yöntemi

- $R_a=1$
- İç Kuvvet ve kapasite doğrultuları = Hakim mod  
(Uygulanan deprem yönü ve doğrultusunda)

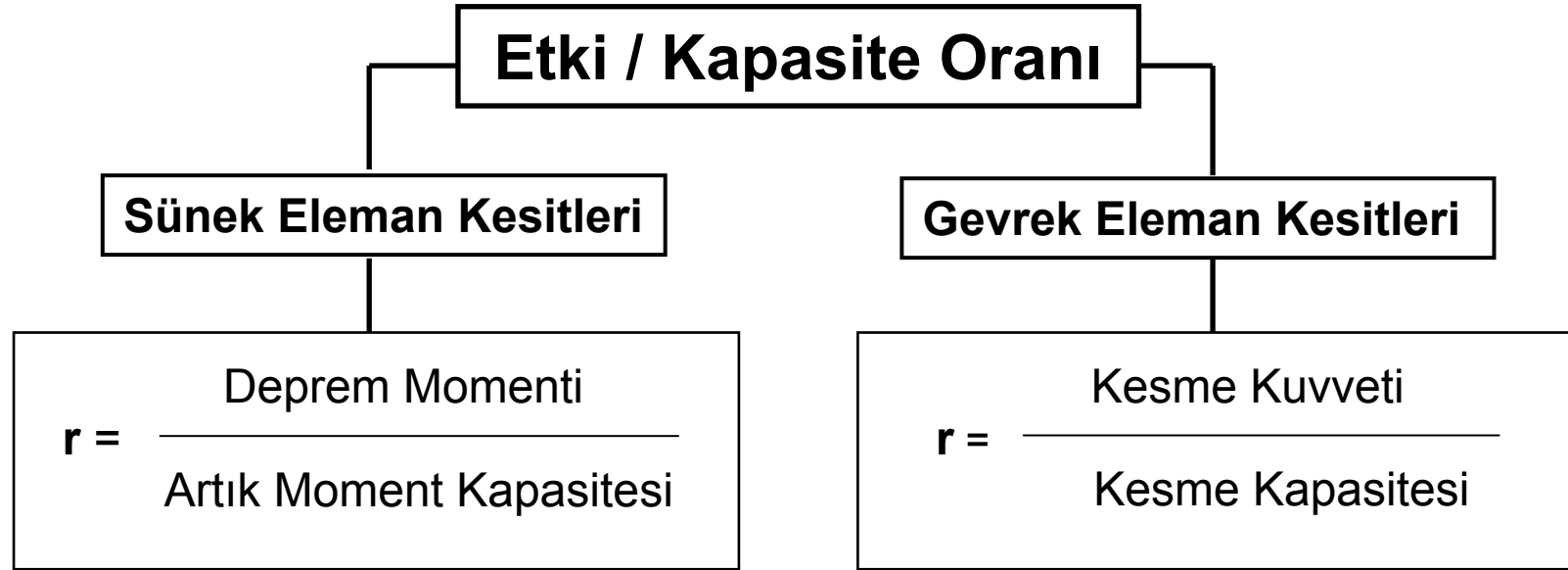
## Genel Kabuller

- Çatlamış betonarme kesit : **(0.4-0.8) *Elo***
- Kiriřlerde dūřey y¼kler altında yeniden dađılım  
(mesnet dūřey y¼k momentleri %15 oranında azaltılabilir)



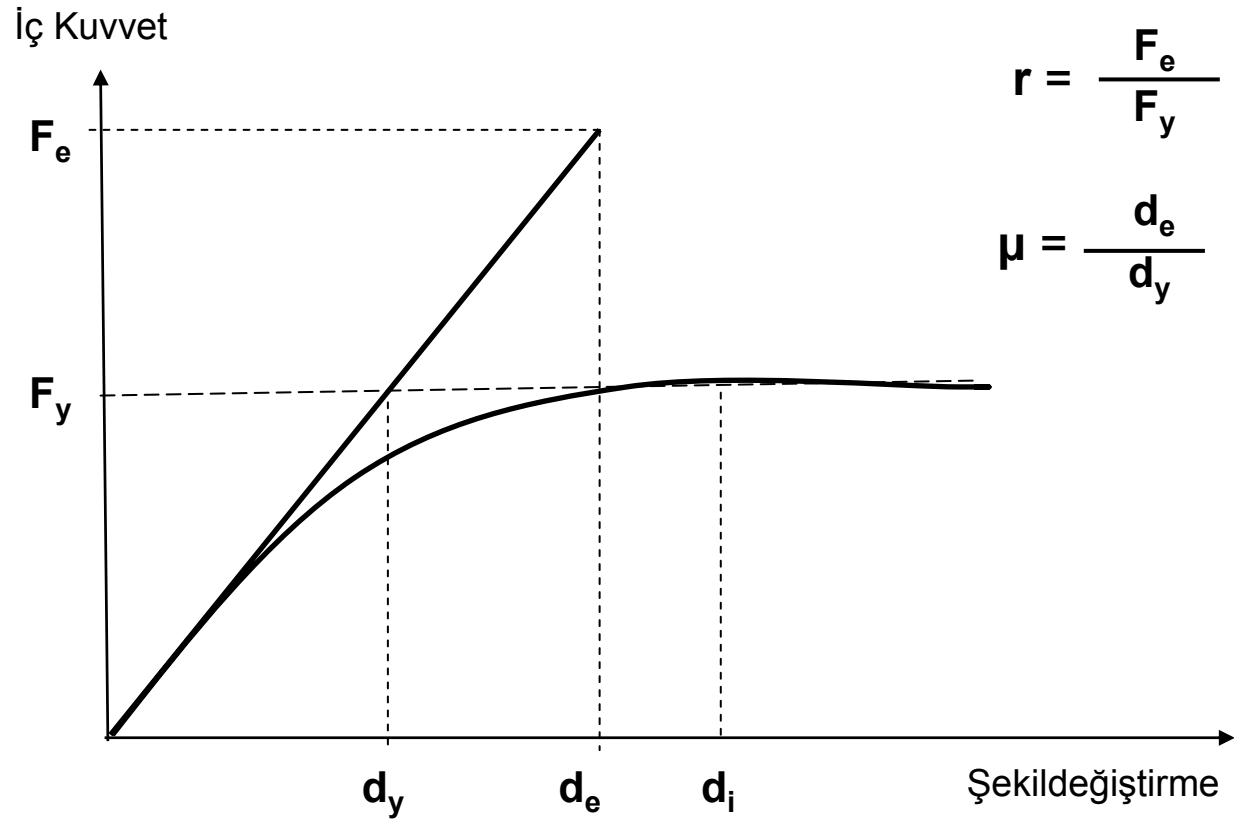
# Betonarme Elemanların Performans Özellikleri





**Artık Moment Kapasitesi = Kesit moment kapasitesi – Düşey yük momenti**

**Kesme Kapasitesi ⇒ TS-500**



## Betonarme Kirişler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları ( $r_s$ )

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
	Sargılama		MN	GV	GÇ
$\leq 0.0$	Var	$\leq 0.65$	3	7	10
$\leq 0.0$	Var	$\geq 1.30$	2.5	5	8
$\geq 0.5$	Var	$\leq 0.65$	3	5	7
$\geq 0.5$	Var	$\geq 1.30$	2.5	4	5
$\leq 0.0$	Yok	$\leq 0.65$	2.5	4	6
$\leq 0.0$	Yok	$\geq 1.30$	2	3	5
$\geq 0.5$	Yok	$\leq 0.65$	2	3	5
$\geq 0.5$	Yok	$\geq 1.30$	1.5	2.5	4

Ve kesme kuvveti depremin yönü ile uyumlu olarak 7.5.2.2 (a) ya göre hesaplanacaktır.

## Betonarme Kolonlar İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları ( $r_s$ )

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
	Sargılama		MN	GV	GÇ
$\leq 0.1$	Var	$\leq 0.65$	3	6	8
$\leq 0.1$	Var	$\geq 1.30$	2.5	5	6
$\geq 0.4$ ve $\leq 0.7$	Var	$\leq 0.65$	2	4	6
$\geq 0.4$ ve $\leq 0.7$	Var	$\geq 1.30$	1.5	2.5	3.5
$\leq 0.1$	Yok	$\leq 0.65$	2	3.5	5
$\leq 0.1$	Yok	$\geq 1.30$	1.5	2.5	3.5
$\geq 0.4$ ve $\leq 0.7$	Yok	$\leq 0.65$	1.5	2	3
$\geq 0.4$ ve $\leq 0.7$	Yok	$\geq 1.30$	1	1.5	2
$> 0.7$	-	-	1	1	1

$N_k$  eksenel kuvveti **Bilgilendirme Eki 7A'** ya göre hesaplanabilir

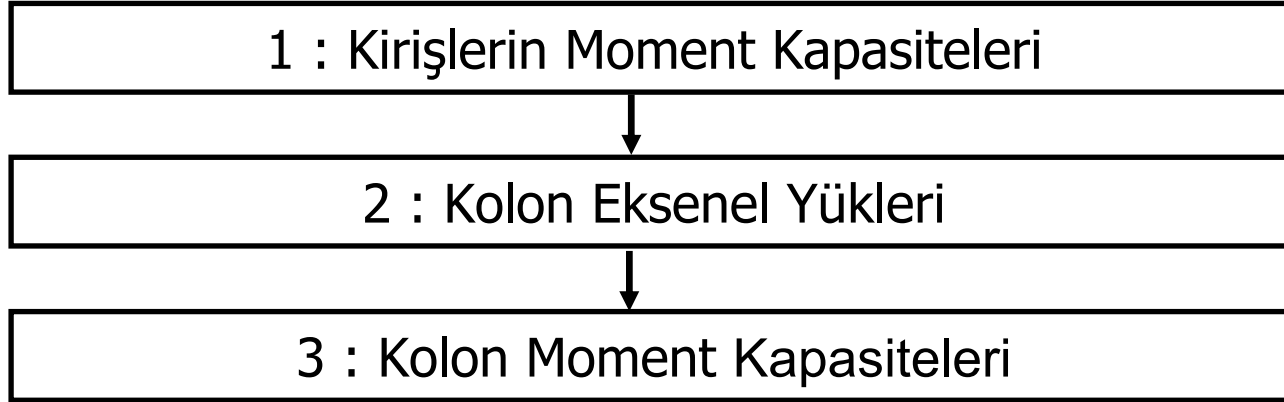
## Betonarme Perdeler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları ( $r_s$ )

Sünek Perdeler	Hasar Sınırı		
	MN	GV	GÇ
Perde Uç Bölgesinde Sargılama			
Var	3	6	8
Yok	2	4	6

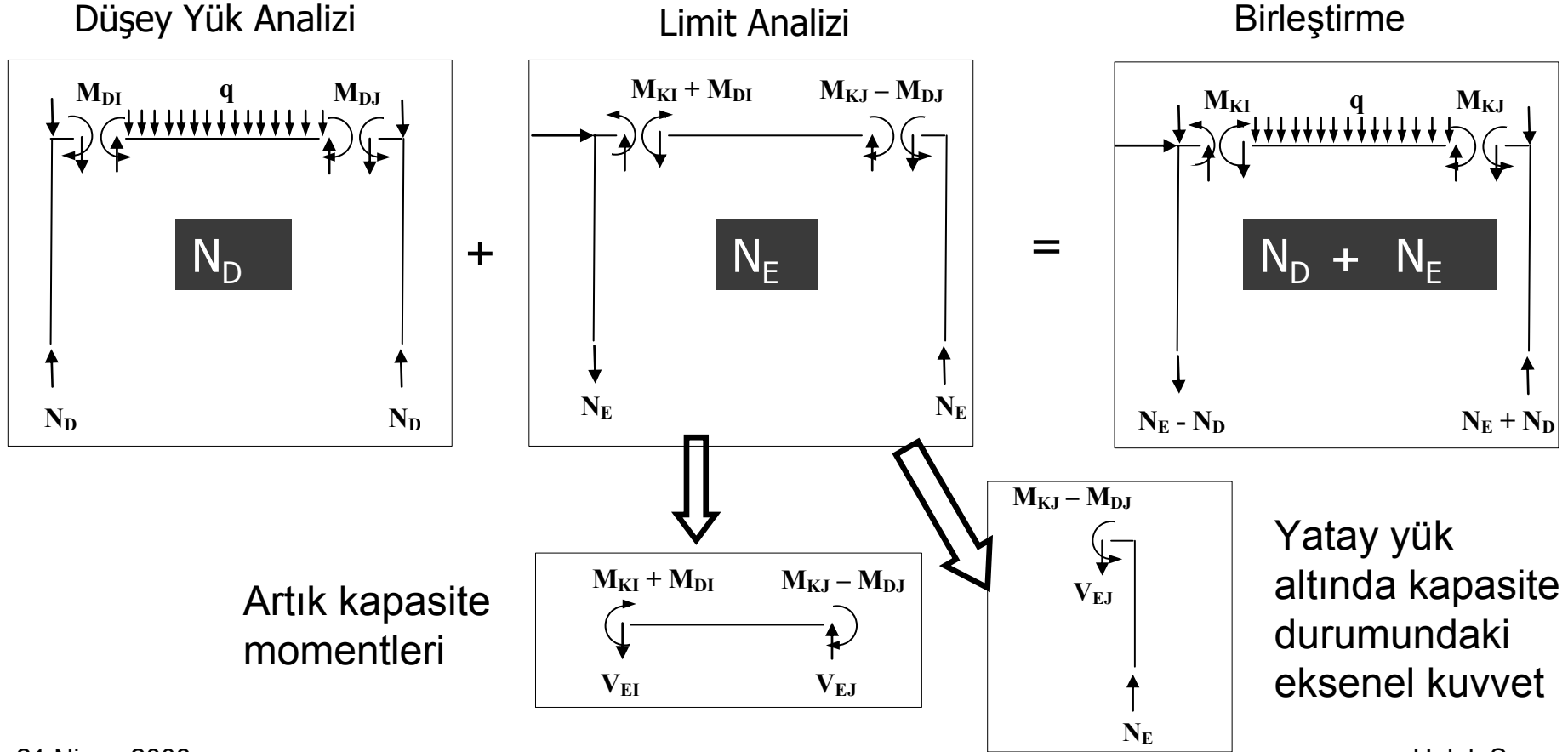
## Güçlendirilmiş Dolgu Duvarlar İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları ( $r_s$ )

$l_{duvar}/h_{duvar}$ oranı aralığı 0.5 - 2.0	Hasar Sınırı		
	MN	GV	GÇ
Etki/Kapasite oranı ( $r_s$ )	1	2	-
Görelî Kat Ötelemesi Oranı	0.0015	0.0035	-

# Betonarme Binalarda Kolon ve Perde Eksenel Yüklerinin ve Eğilme Kapasitelerinin Hesaplanması

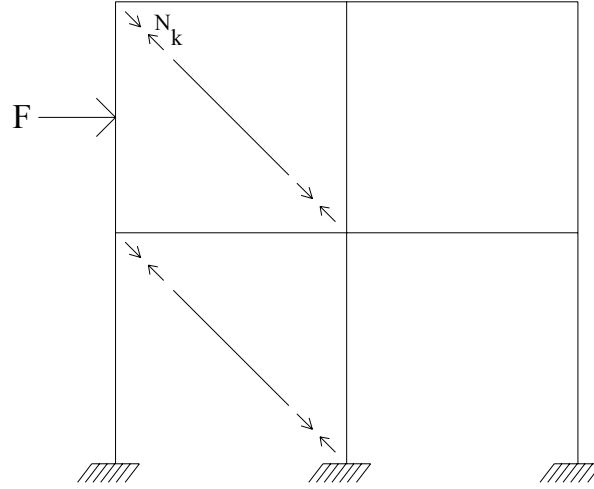


## 2 : Kolon Aksenal Yüklerinin Hesaplanması

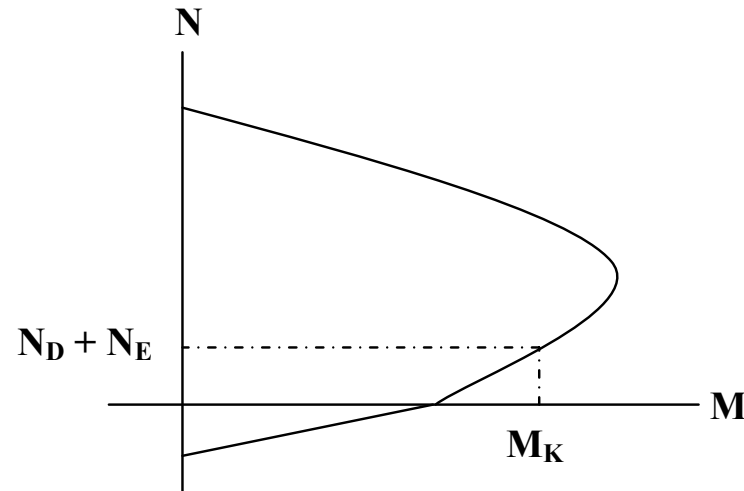




Kolon aksenal kuvvetlerinin hesabında basınç çubukları (varsa) dikkate alınmalıdır



### 3 : Kolon eğilme kapasitelerinin hesaplanması



# DEPREM PERFORMANSININ DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN HESAP YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ

**a) Artımsal Eşdeğer Yatay Yük Yöntemi (İtme analizi)**

- Tek modlu itme analizi (Pushover)
- Hakim mod kütlesi > toplam kütlenin %70'i
- Bina Yüksekliği < 25 metre
- Kat sayısı < 8
- $\eta_{bi} < 1.4$

**b) Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi**

- Çok modlu itme (pushover) analizi
- Birleştirilmiş iç kuvvet yönleri, deprem yönündeki 1. mod iç kuvvet yönleri olarak alınır

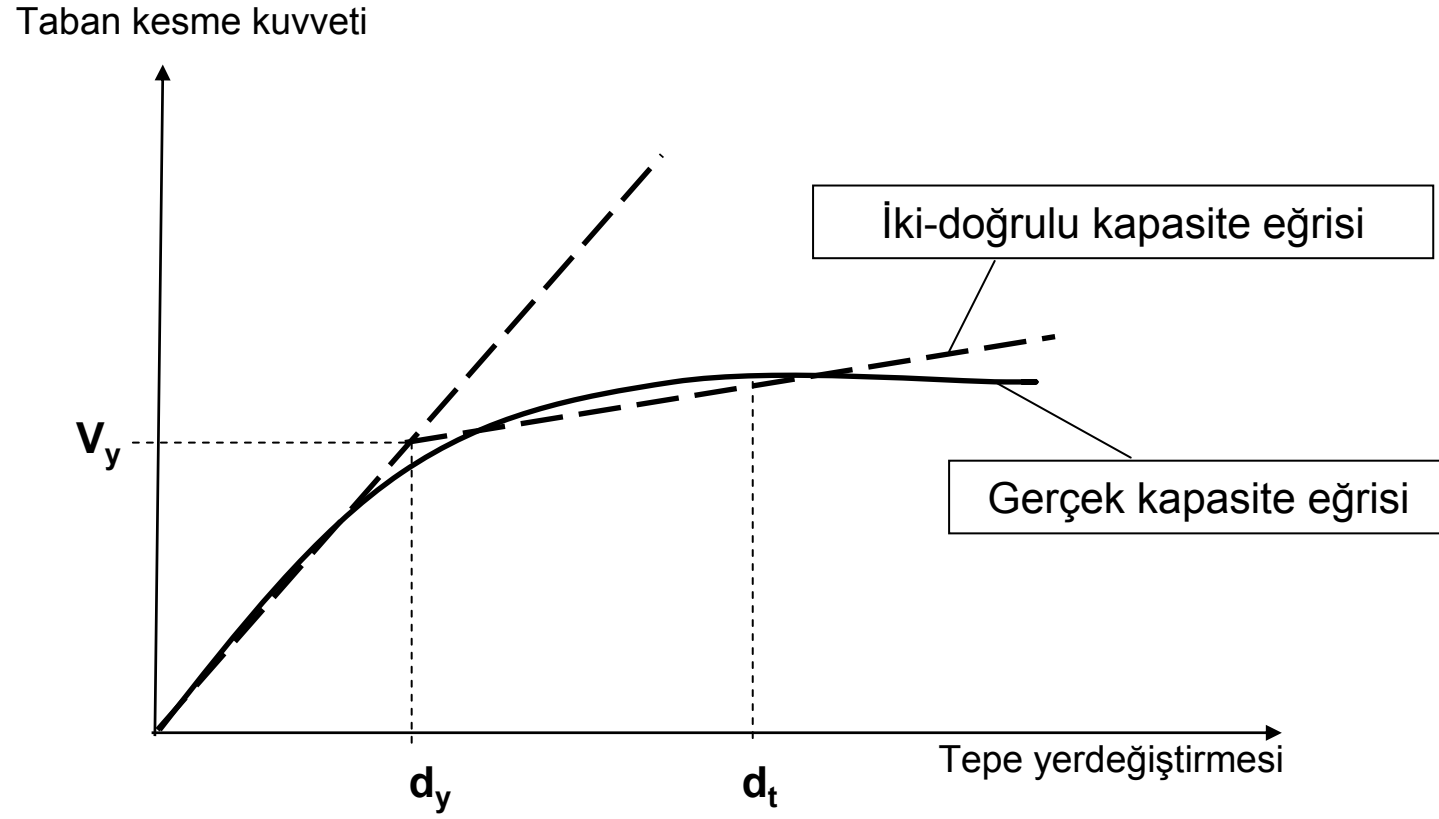
**c) Zaman Alanında Artımsal Hesap Yöntemi**

- En az 3 kuvvetli yer hareketi kaydı
- 3 kuvvetli yer hareketinin ortalama spektrumu > %90 Yönetmelik spektrumu

## Genel Kabuller

- Çatlamış betonarme kesit :  $(0.4-0.8) EI_o$
- Eleman uçlarında yığılı plastik mafsallar
- Plastic mafsalsal boyu:  $L_p = 0.5 h$
- Elastik-tam plastik mafsalsal davranışı

## İtme (kapasite) Eğrisi



$d_t$  = Tepe yerdeğiřtirme talebi (belirlenecek)

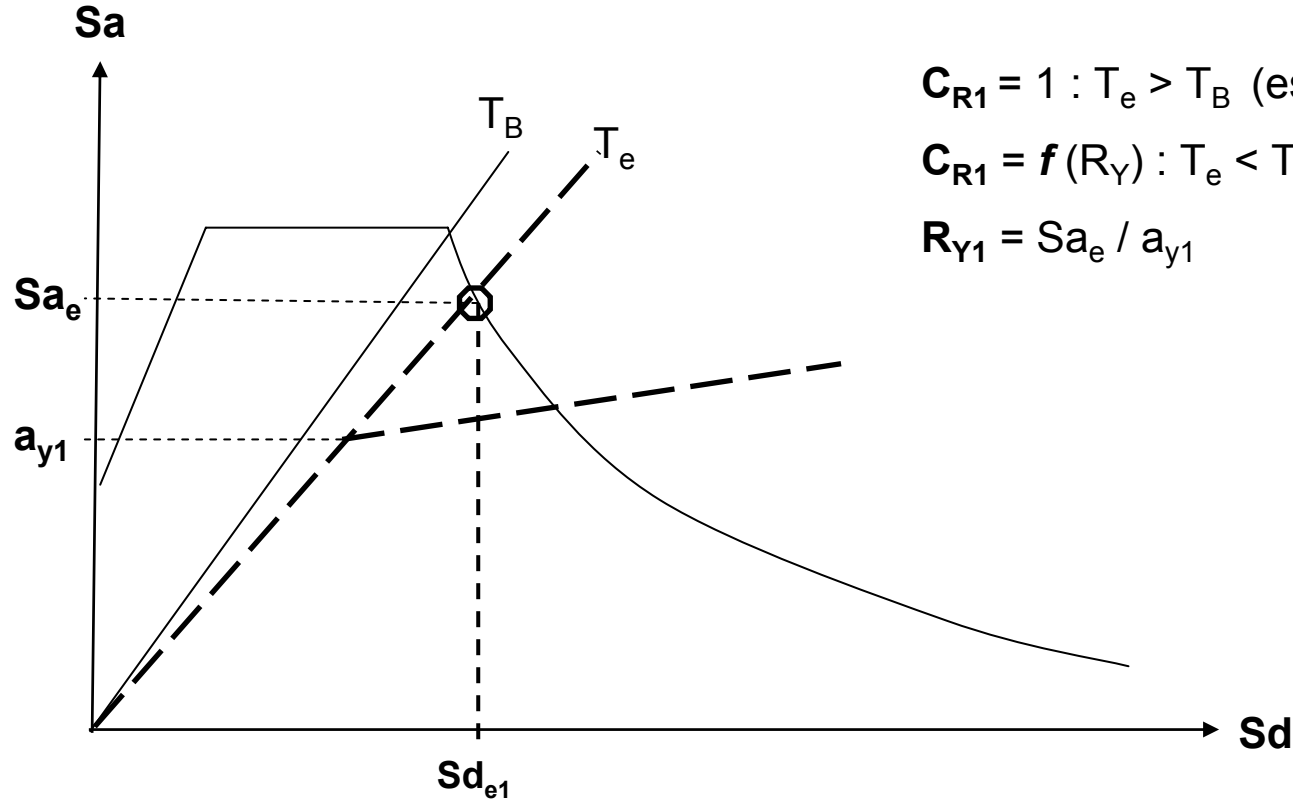
## Tepe Yerdeğiřtirmesi Talebinin Belirlenmesi

$$d_t = C_o Sd_{i1} \text{ (Denk. 7.5)}$$

$C_o$  = Birinci moda ait tepe yerdeğiştirmesi katılım faktörü (Denk. 7.5)

$$Sd_{i1} = C_{R1} Sd_{e1} \text{ (Denk. 7C.1)}$$

$C_{R1}$  = Tek dereceli sistemler için lastik olmayan yerdeğiştirmenin elastik yerdeğiştirmeye oranı (Denk. 7C.4)



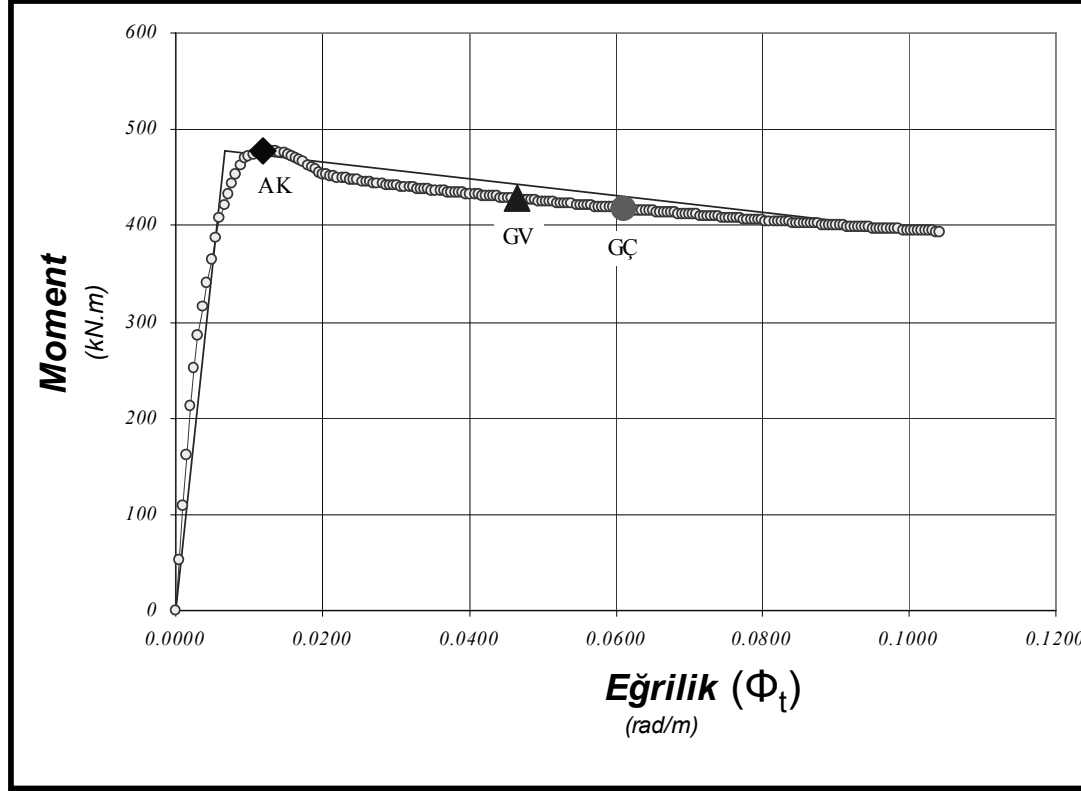
$$C_{R1} = 1 : T_e > T_B \text{ (eşit yerdeğiştirme kuralı)}$$

$$C_{R1} = f(R_Y) : T_e < T_B \text{ (} f > 1 \text{) (Denk. 7C.4)}$$

$$R_{Y1} = S_{a_e} / a_{y1}$$

## $d = d_t$ yerdeğiştirmesinde kesit eğrilikleri

$$\Phi_p = \theta_p / L_p ; \Phi_t = \Phi_y + \Phi_p$$



Minimum hasar sınırı:  $\epsilon_c = 0.0035$  ;  $\epsilon_s = 0.010$

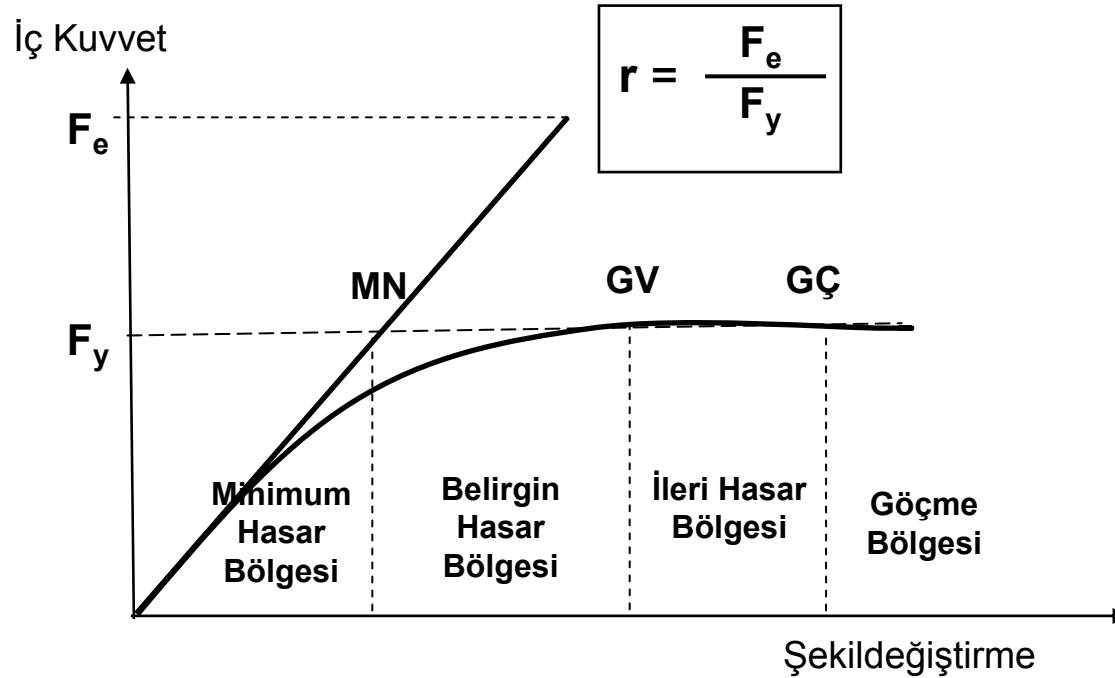
Güvenlik sınırı:  $\epsilon_c = 0.0035 + 0.01(\rho_s / \rho_{sm}) < 0.0135$  ;  $\epsilon_s = 0.040$

Göçme sınırı:  $\epsilon_c = 0.004 + 0.014 (\rho_s / \rho_{sm}) < 0.018$  ;  $\epsilon_s = 0.060$

# BİNALARIN DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

## Hemen Kullanım Durumu

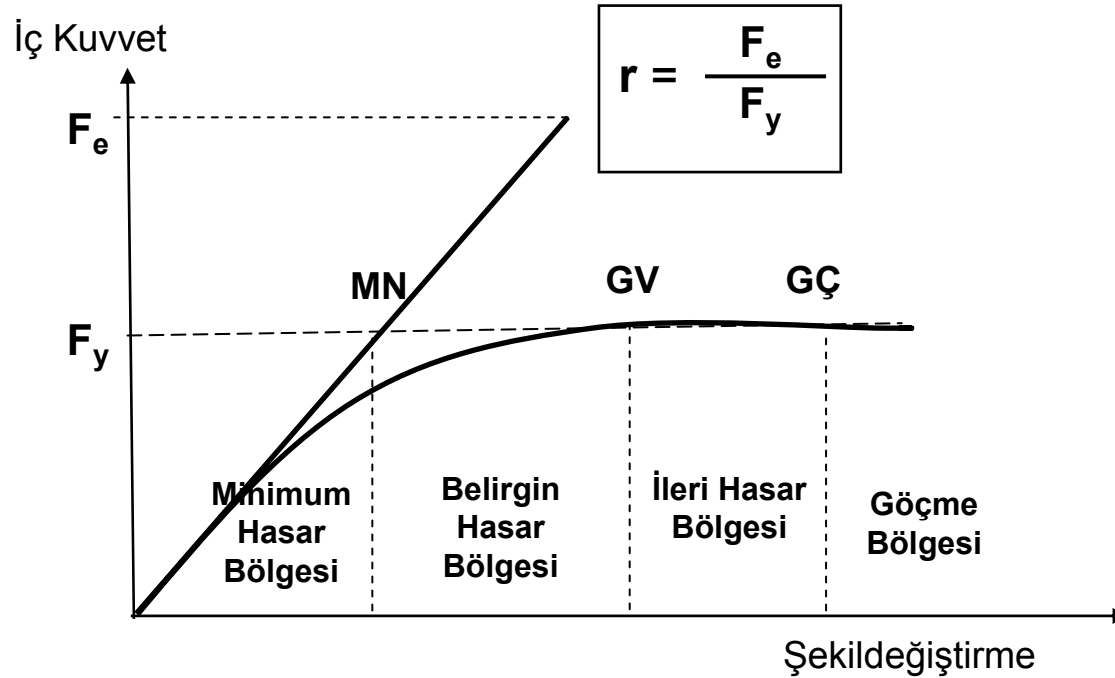
- Kolonların tümü minimum hasar bölgesindedir.
- Deprem doğrultusundaki kirişlerin en fazla %10'u belirgin hasar bölgesindedir.





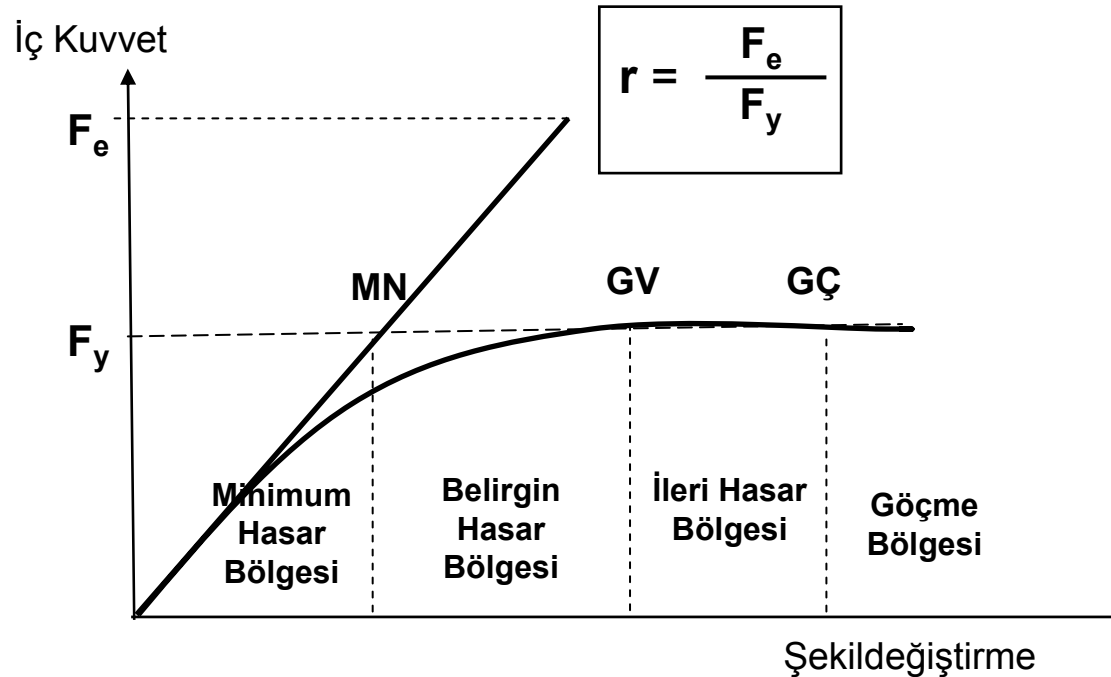
## Can Güvenliği Durumu

- Tüm elemanlar minimum veya belirgin hasar bölgesindedir.
- Deprem doğrultusundaki kirişlerin en fazla %30'u ileri hasar bölgesindedir.
- İleri hasar bölgesindeki kolonların, kolonlar tarafından taşınan kat kesme kuvvetine katkısı en fazla %20'dir.
- Alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden minimum hasar sınırı aşmış olan kolonların, kolonlar tarafından taşınan kat kesme kuvvetine katkısı en fazla %30'dur.

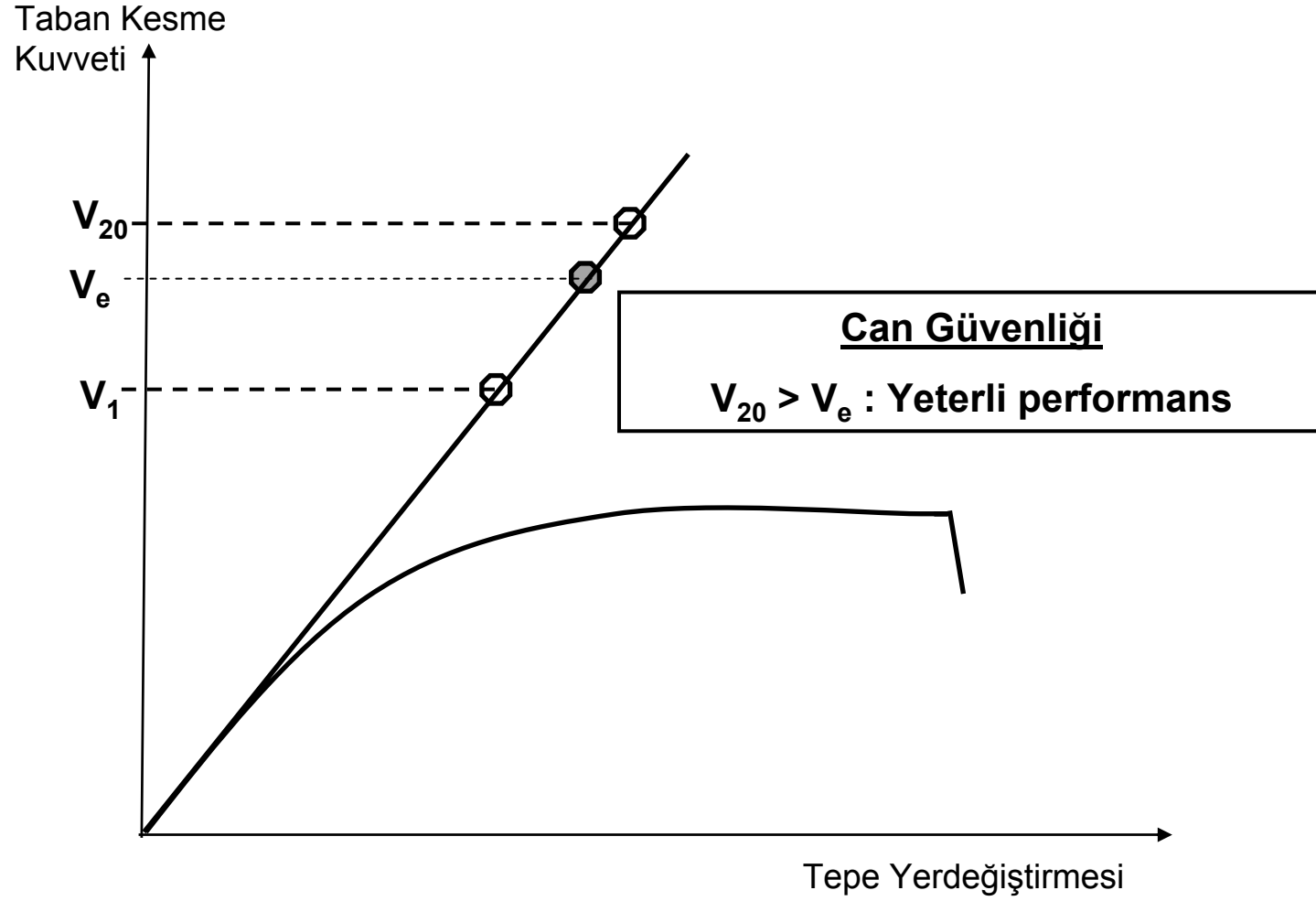


## Göçmenin Önlenmesi Durumu

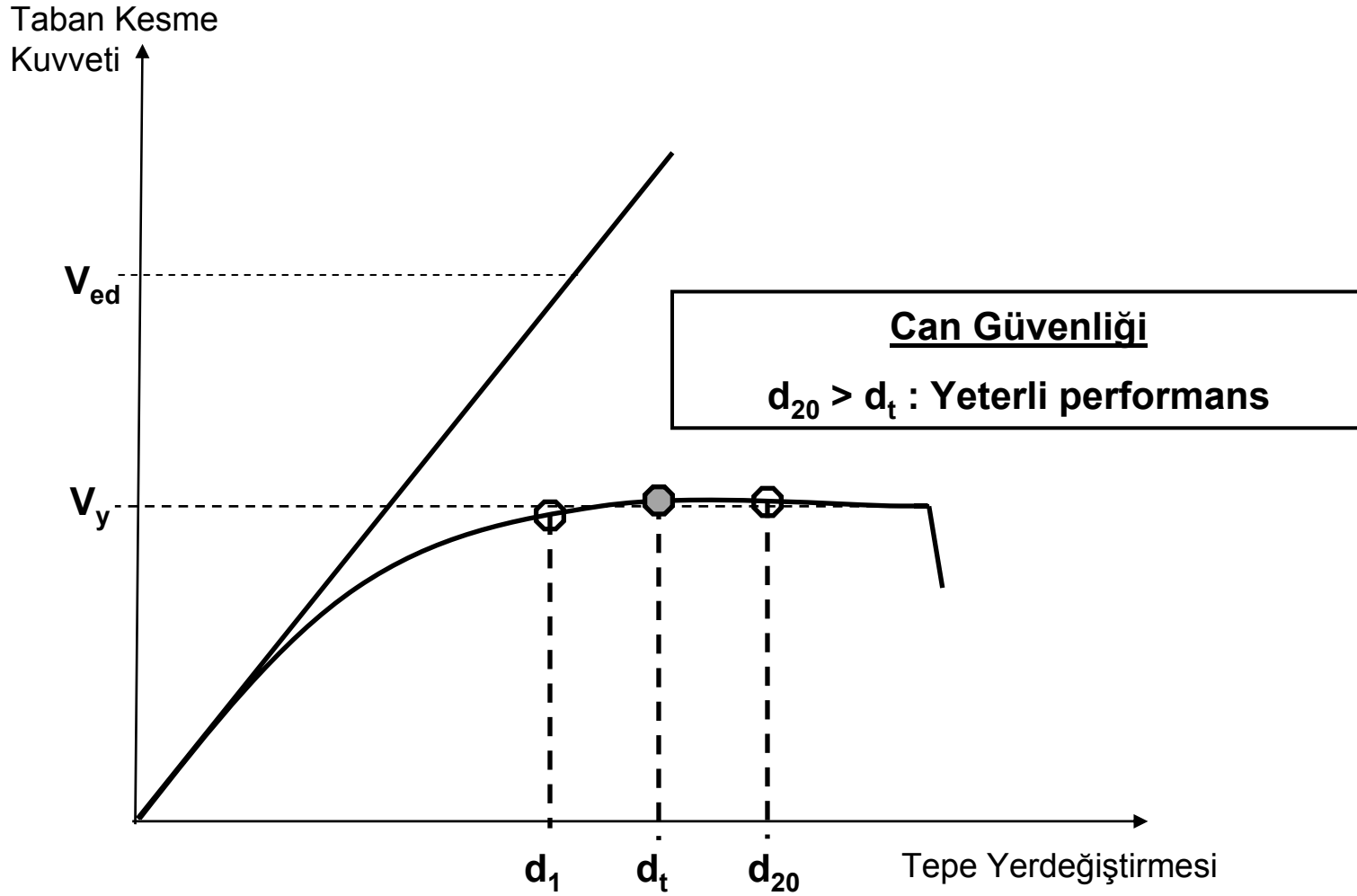
- Tüm elemanlar ileri veya daha alt hasar bölgesindedir.
- Deprem doğrultusundaki kirişlerin en fazla %20'si göçme bölgesindedir.
- Alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonların, kolonlar tarafından taşınan kat kesme kuvvetine katkısı en fazla %30'dur.



# DEPREM PERFORMANSININ DOĞRUSAL ELASTİK HESAP YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ

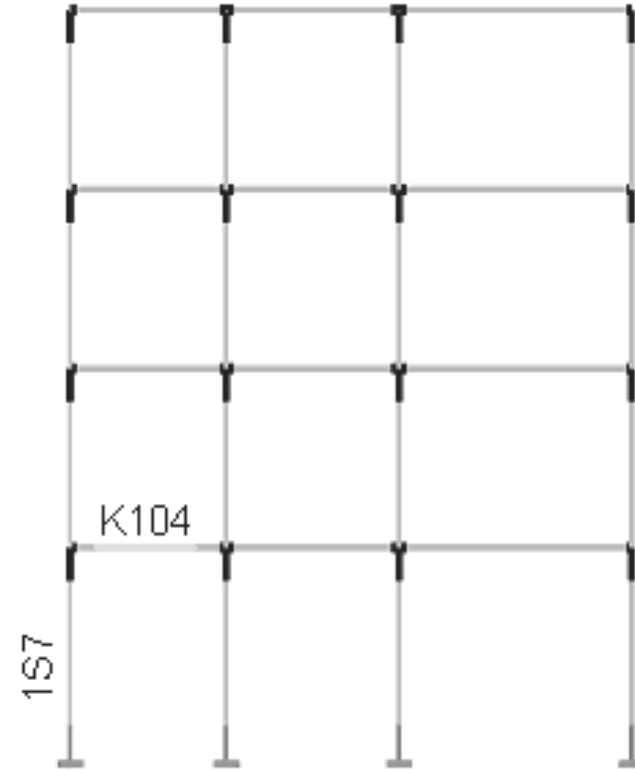
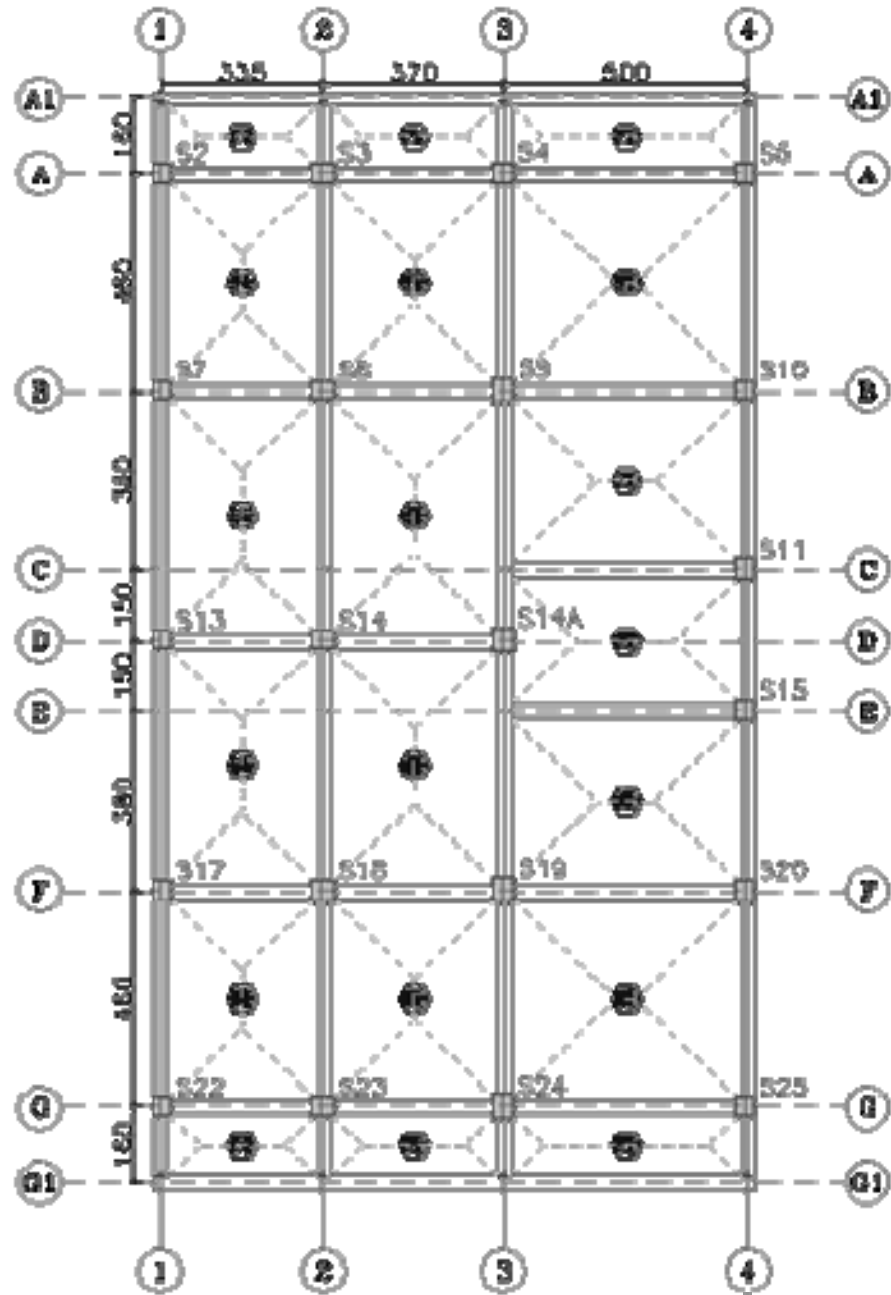


# DEPREM PERFORMANSININ DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN HESAP YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ



# **DURUM ÇALIŞMASI – ÖRNEK**

**1998 YÖNETMELİĞİ KOŞULLARINA GÖRE  
TASARLANMIŞ 4 KATLI SÜNEK ÇERÇEVE**

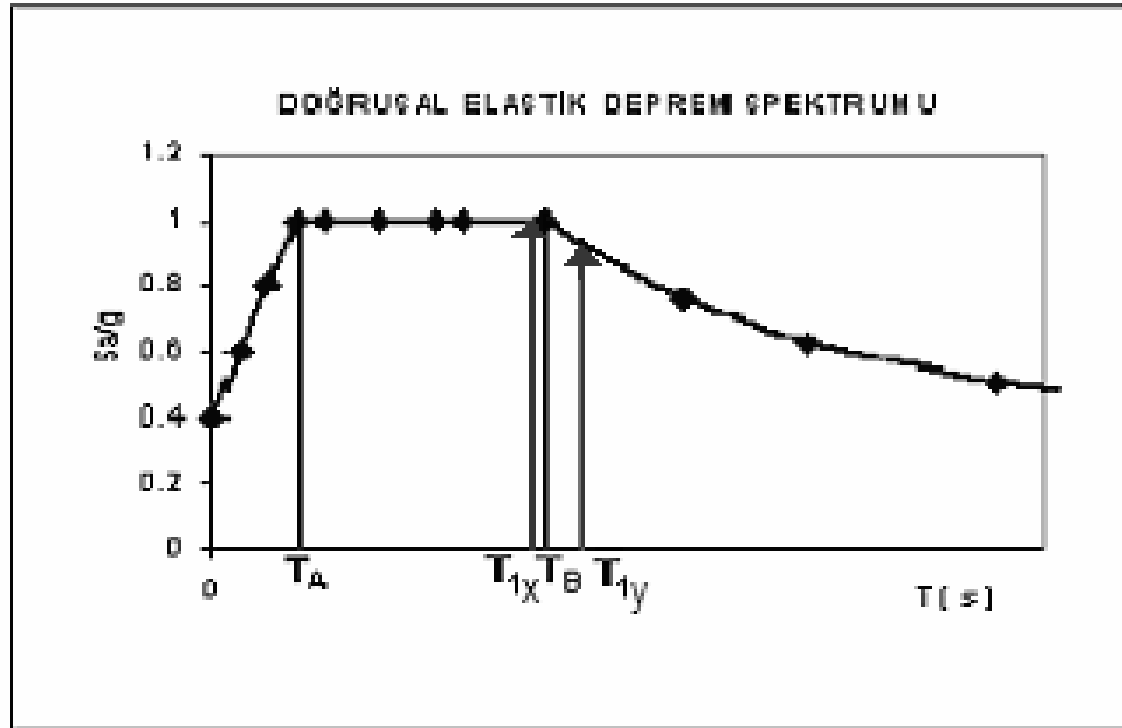


B Çerçevesi

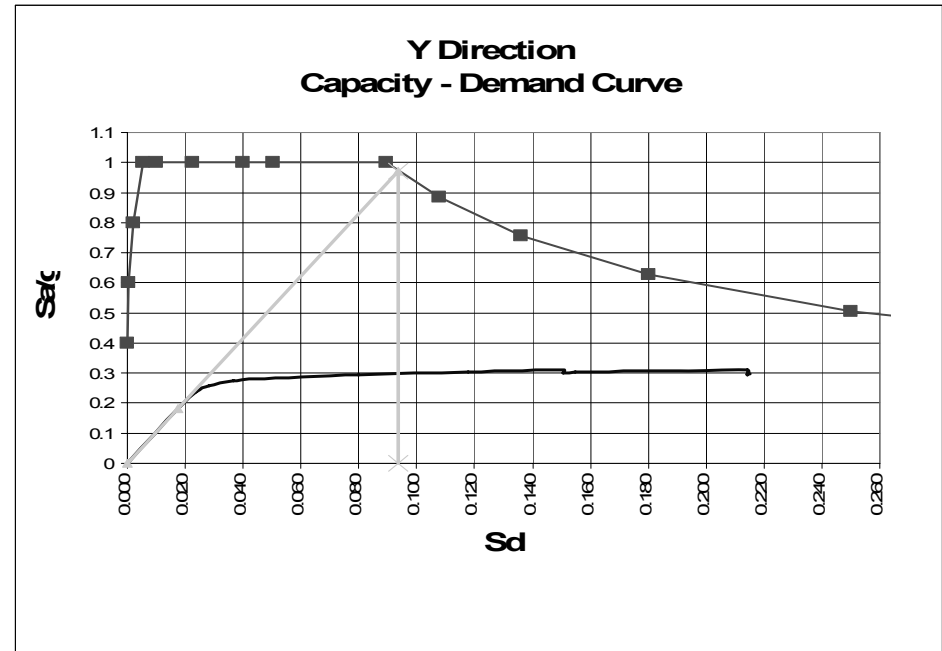
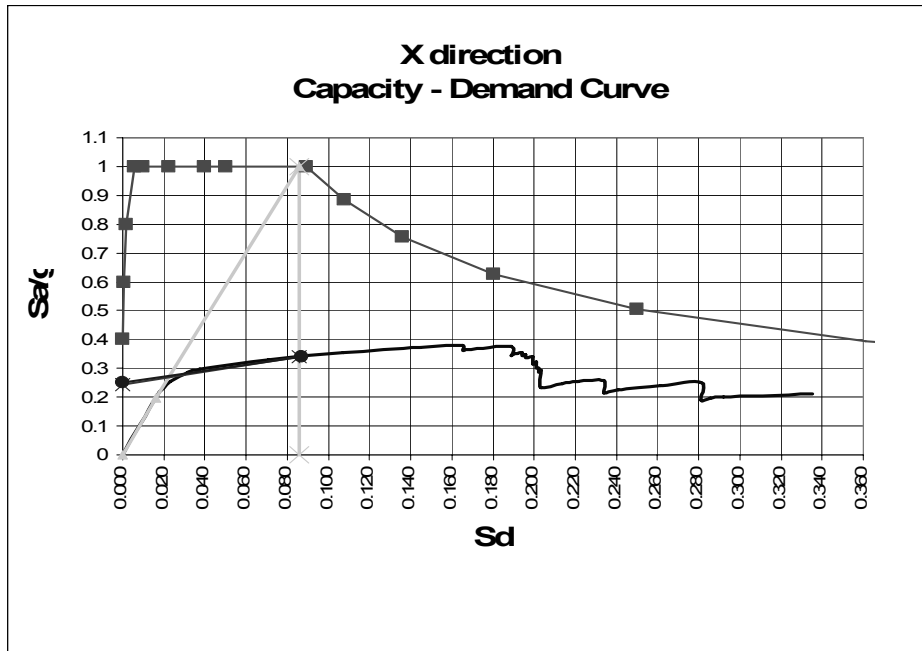
<b>Proje Parametreleri</b>	<b>1998 Deprem Yönetmeliği Parametreleri</b>
Projeler (Var/Yok): <i>Var</i>	Deprem Bölgesi: <i>1</i>
Bilgi Düzeyi: <i>Yüksek</i>	Deprem Bölge Katsayısı: <i>0.4</i>
Bilgi Düzeyi Katsayısı: <i>1</i>	Bina Önem Katsayısı: <i>1.0</i>
Donatı Gerçekleşme Oranı : <i>1</i>	Zemin Sınıfı: <i>Z3</i>
Mevcut Beton Dayanımı: <i>25 MPa</i>	
Mevcut Çelik Dayanımı: <i>420 MPa</i>	
Hedeflenen Performans Düzeyi: <i>Can Güvenliği ( 50 yılda %10)</i>	
Hareketli Yük Katsayısı (n): <i>0.30</i>	

## DOĞAL TİTREŞİM PERİYODLARI

- $T_{1x} = 0.59$  s
- $T_{1y} = 0.62$  s







$$S_{di1} = 0.087$$

$$u_{xN1} = \phi_{xN1} \Gamma_{x1} S_{di1}$$

$$= 0.03923 \times 32.8 \times 0.087$$

$$u_{xN1} = 0.112 \text{ m}$$

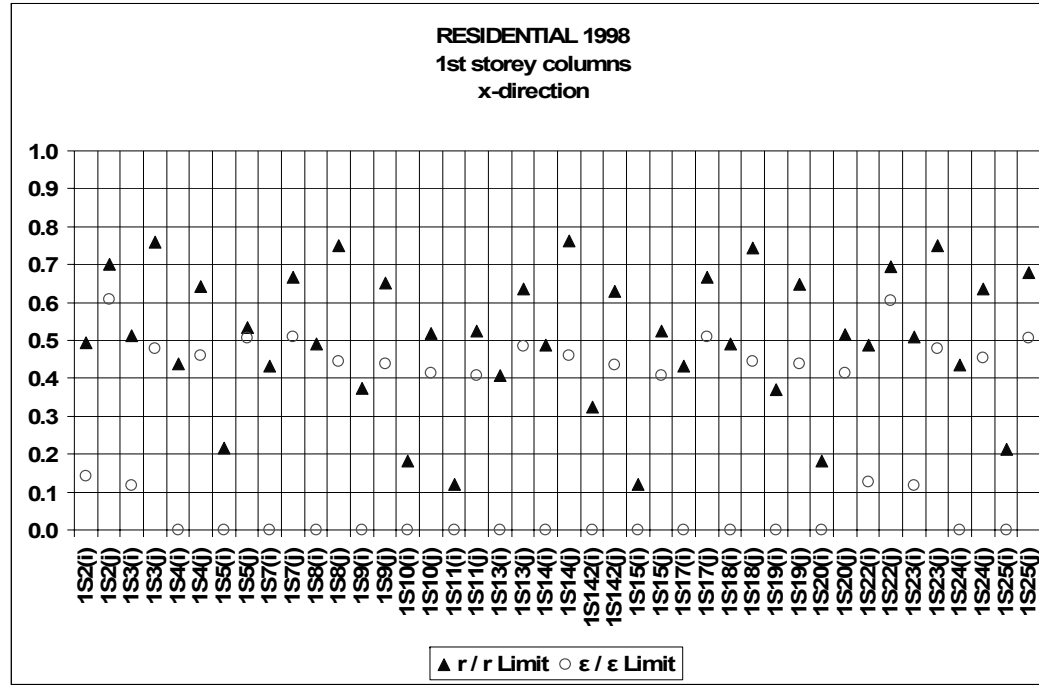
$$T > T_B \rightarrow S_{di1} = S_{de1} = 0.094$$

$$u_{yN1} = \phi_{yN1} \Gamma_{y1} S_{di1}$$

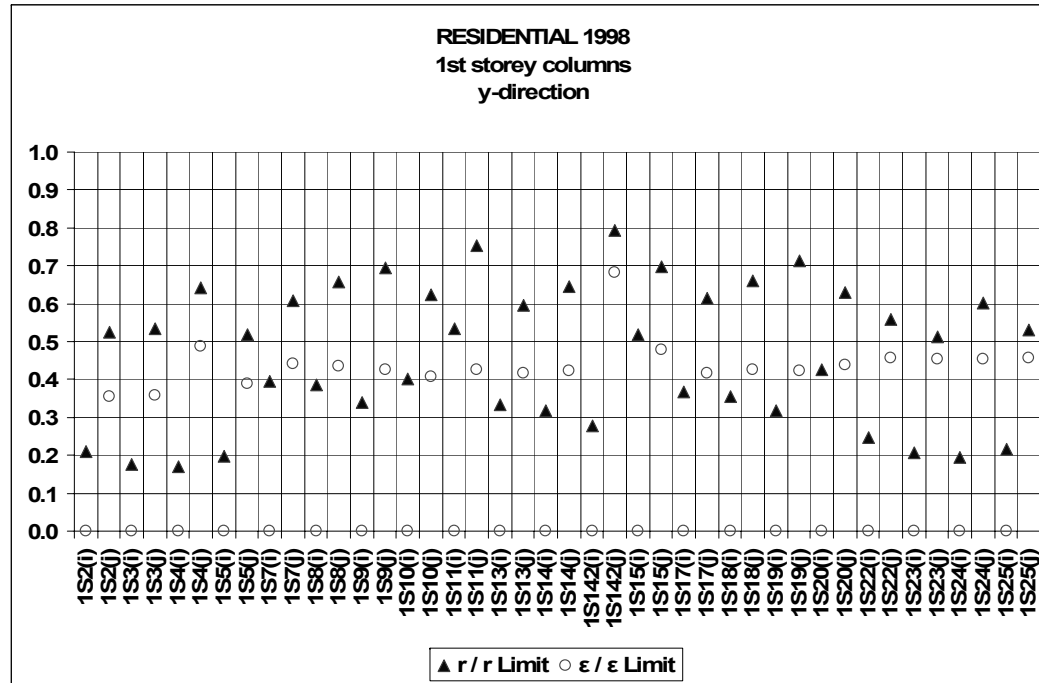
$$= 0.03889 \times 32.4 \times 0.094$$

$$u_{yN1} = 0.118 \text{ m}$$

# 1. Kat kolonları

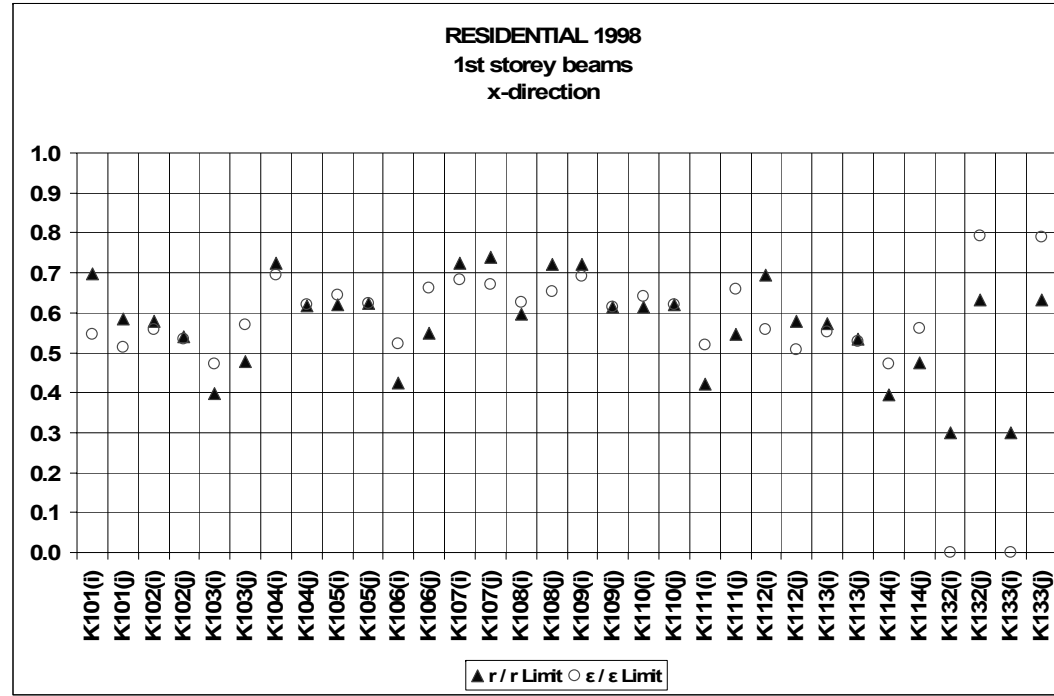


X- Yönü

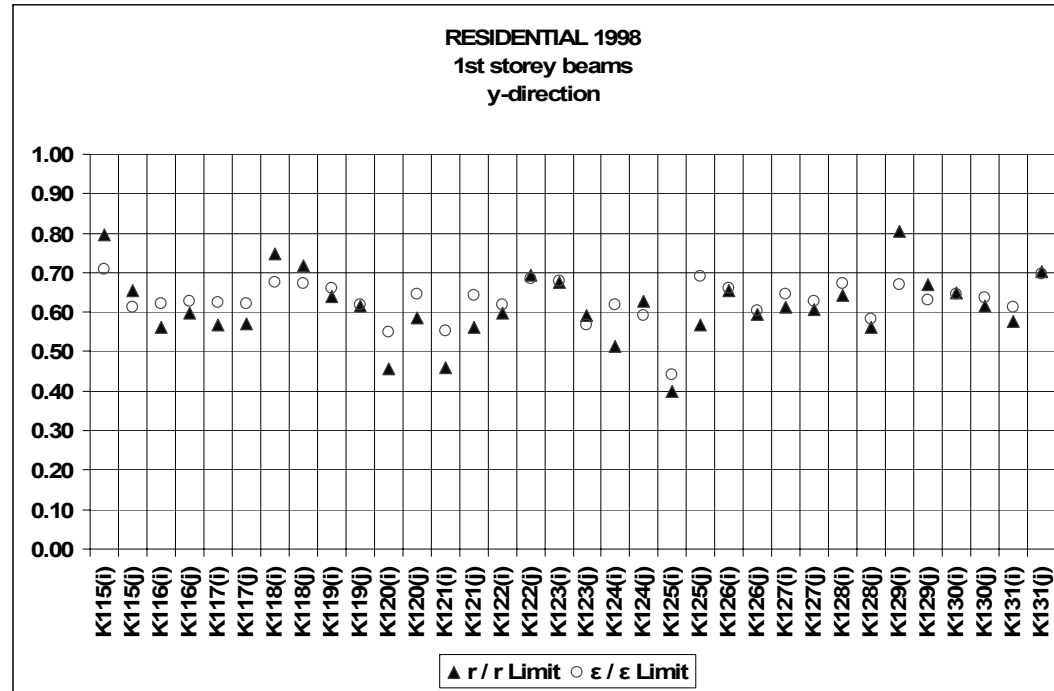


Y- Yönü

# 1. Kat kirişleri



X- Yönü



Y- Yönü

	<b>+ X DOĞRULTUSU</b>				<b>+ Y DOĞRULTUSU</b>			
<b>KAT #</b>	<b>KİRİŞLER (%)</b>		<b>KOLONLAR (%)</b>		<b>KİRİŞLER (%)</b>		<b>KOLONLAR (%)</b>	
	L	NL	L	NL	L	NL	L	NL
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>LİMİT:</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20/40</b>	<b>20/40</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20/40</b>	<b>20/40</b>

# HESAP YÖNTEMLERİNİN KARŞILIKLI DEĞERLENDİRMESİ

## **Doğrusal Elastik Yöntemler:**

*(İç kuvvetler kuvvet kapasitesini aştığında yeniden dağılım meydana gelmez)*

- Eşdeğer yatay yük yöntemi
- Mod birleştirme yöntemi
- Zaman tanım alanında artımsal hesap yöntemi

## **Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler:**

*(İç kuvvetler kuvvet kapasitesini aştığında yeniden dağılım meydana gelir)*

- Artımsal eşdeğer yatay yük yöntemi
- Artımsal Mod birleştirme yöntemi
- Zaman tanım alanında artımsal hesap yöntemi

# BİNALAR İÇİN HEDEFLENEN DEPREM PERFORMANS DÜZEYLERİ

- **6.4'**de tanımlanan ivme spektrumu, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem etkisini esas almaktadır.
- 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremin ivme spektrumu **6.4'**de tanımlanan spektral ivmelerinin yarısı,
- 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremin ivme spektrumu ise **6.4'**de tanımlanan spektral ivmelerinin 1.5 katı olarak alınacaktır.

## Binalar İçin Farklı Deprem Etkileri Altında Hedeflenen Performans Düzeyleri

<b><i>Binanın Kullanım Amacı ve Türü</i></b>	<b><i>Deprem Aşılma Olasılığı</i></b>		
	<b>50 yılda % 50</b>	<b>50 yılda % 10</b>	<b>50 yılda % 2</b>
<b>Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.</b>	-	HK	CG
<b>İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.</b>	-	HK	CG
<b>İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri</b>	HK	CG	
<b>Tehlikeli Madde İçeren Binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar</b>	-	HK	GÖ
<b>Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.)</b>	-	CG	-

**HK:** Hemen Kullanım; **CG:** Can Güvenliği; **GÖ:** Göçmenin Önlenmesi (bakınız: **Bölüm 7.7**)

# BETONARME BİNALARIN GÜÇLENDİRİLMESİ

## A) Elemanların kapasitelerinin arttırılması (dayanım ve şekildeğiştirme)

- Kesme dayanımının arttırılması
- Basınç dayanımının arttırılması
- Eğilmede şekildeğiştirme kapasitesinin arttırılması
- Bindirme boyu yetersizliklerinin giderilmesi



- Betonarme manto
- Çelik manto
- LP sargılama

## B) Taşıyıcı sistem kapasitesinin arttırılması

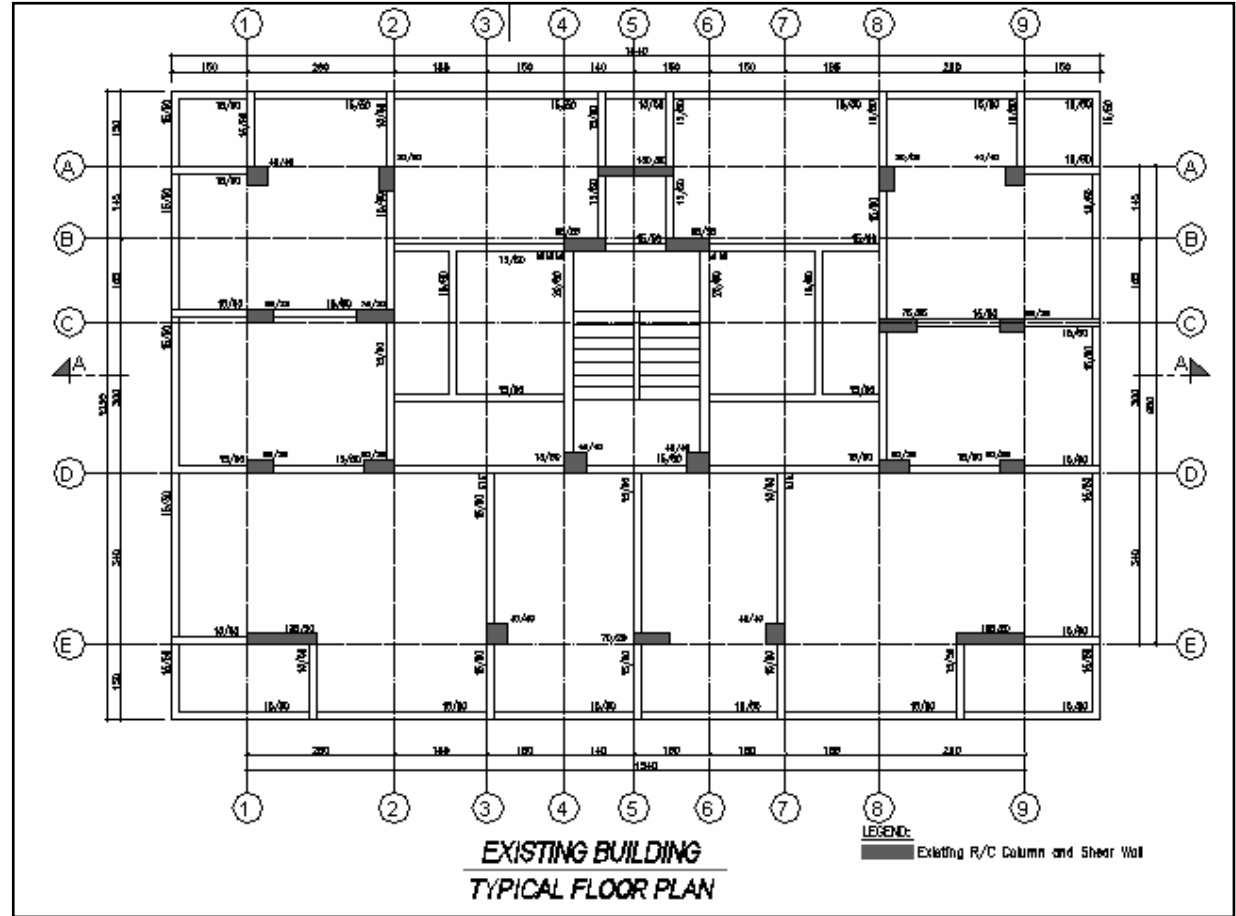
- Yerinde dökme betonarme perdelerle güçlendirme
- Dış çerçeveler ekleme
- Yğma dolgu duvarların güçlendirilmesi
- Kütle azaltma
- Enerji sönüm cihazları yerleştirme
- Zayıflıkların giderilmesi: kısa kolonlar, yumuşak kat, iç kuvvet aktarmada süreksizlikler



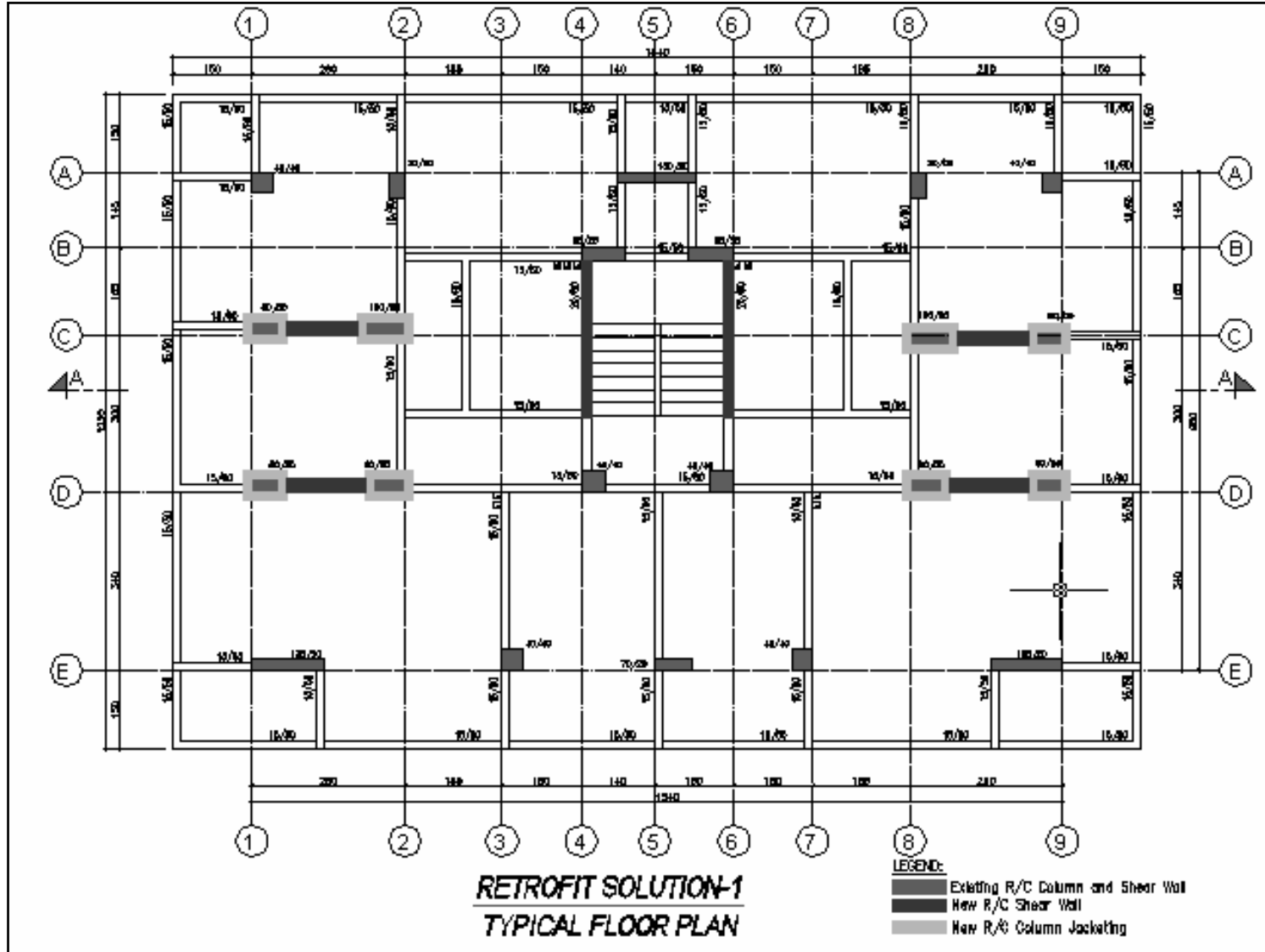
# DURUM ÇALIŞMASI – ÖRNEK

## MEVCUT BİR BETONARME ÇERÇEVELİ BİNANIN GÜÇLENDİRİLMESİ

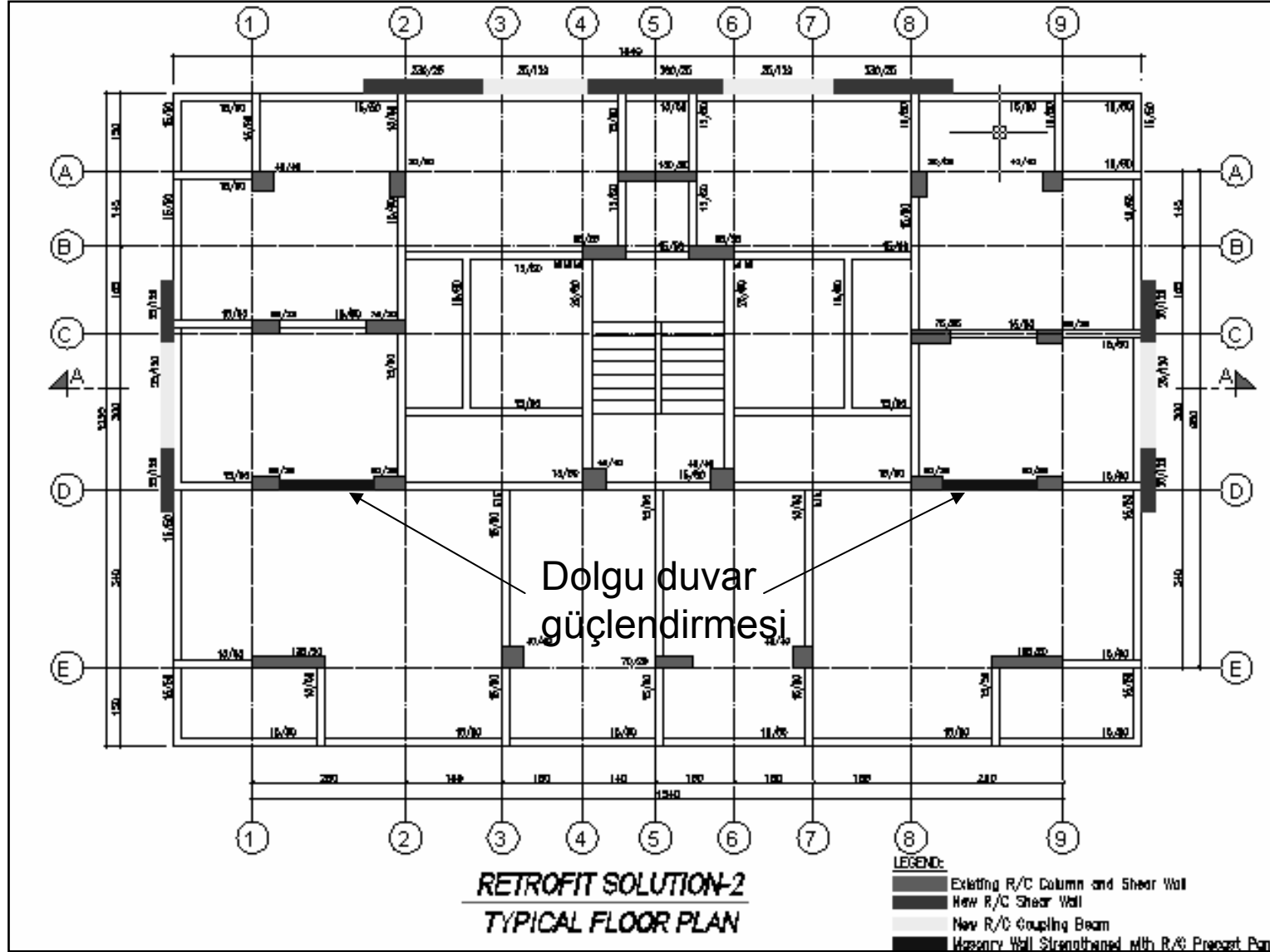
$f_c = 10 \text{ MPa}$   
Bakırköy

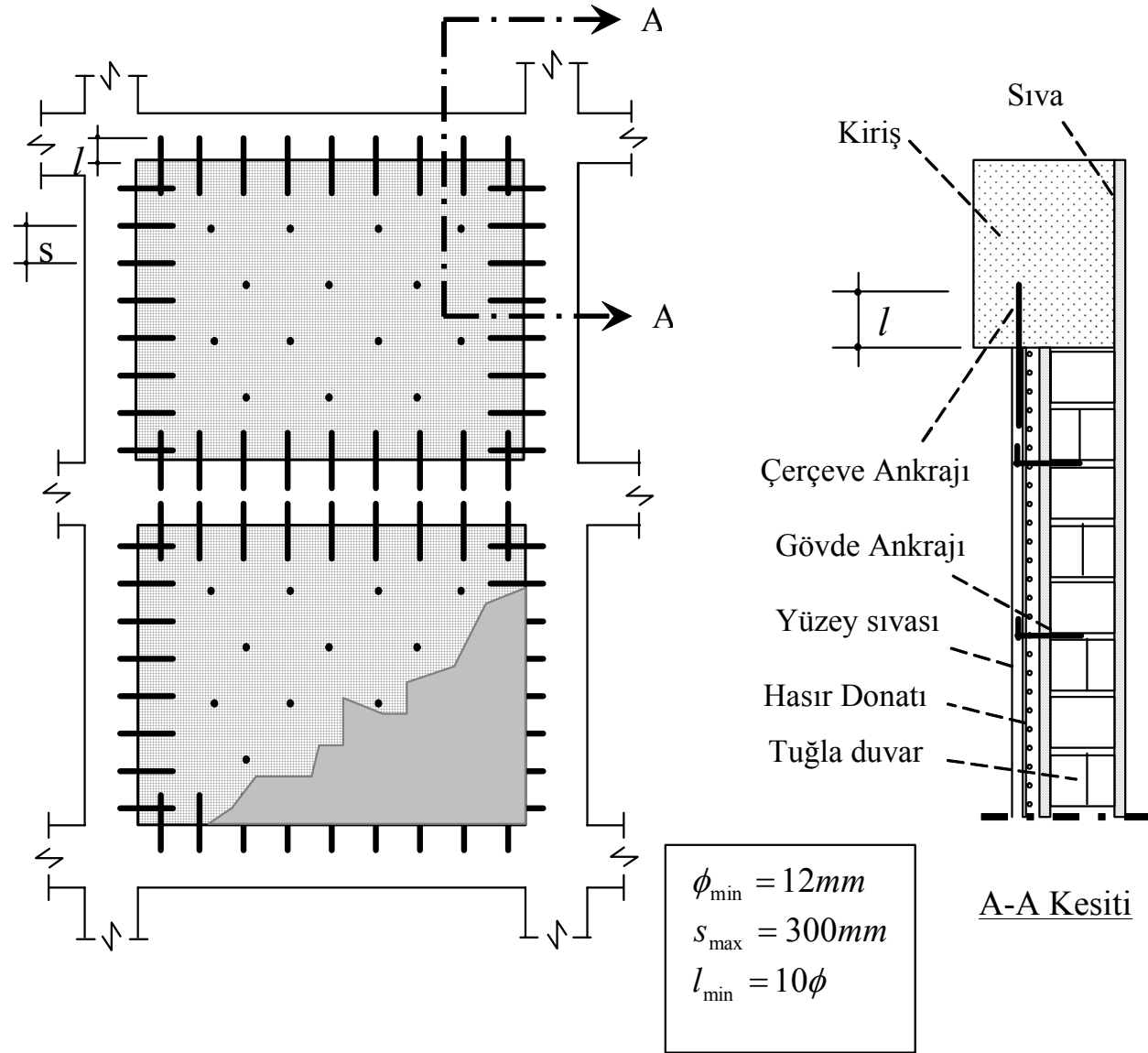


## Alternatif 1: İçten Güçlendirme

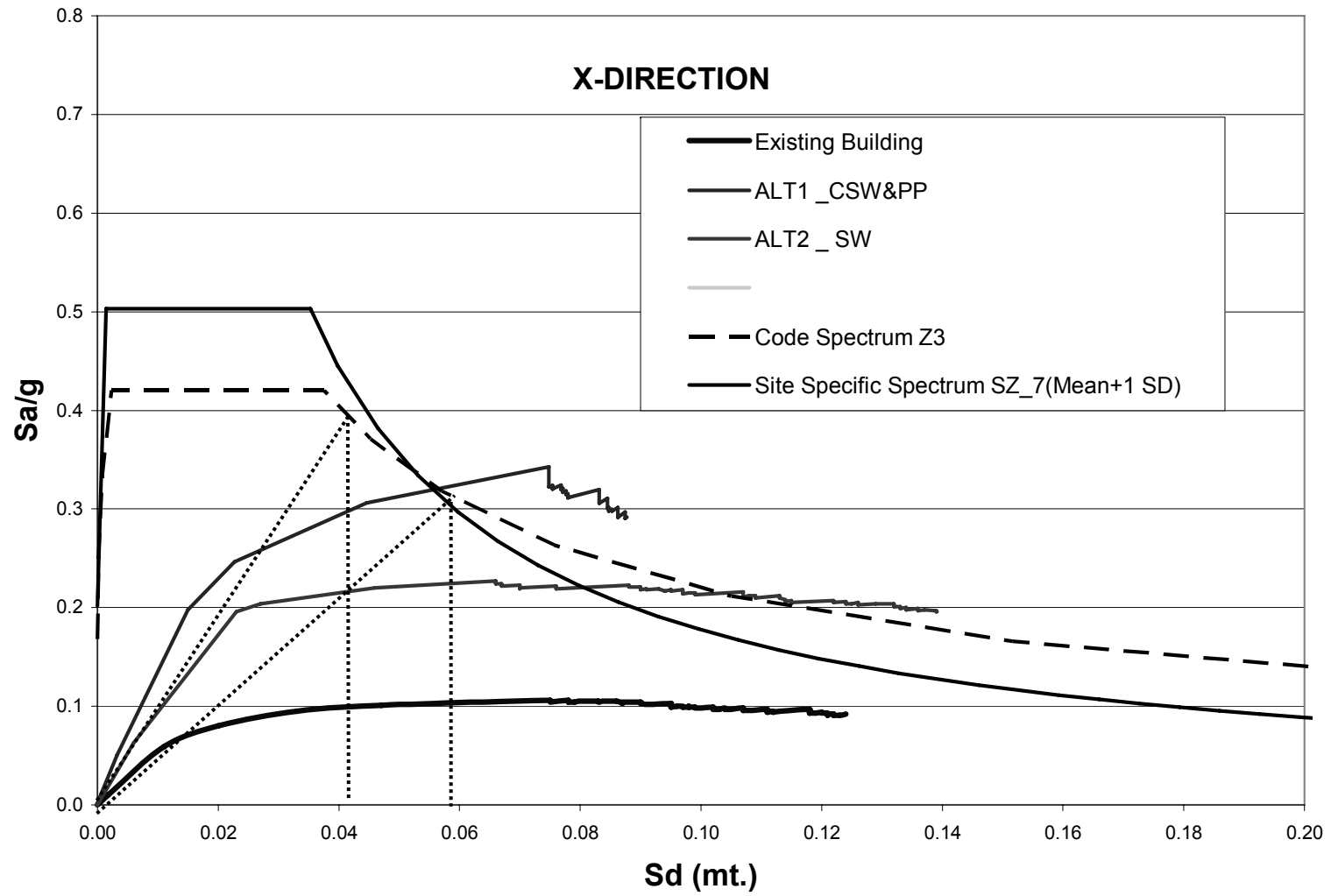


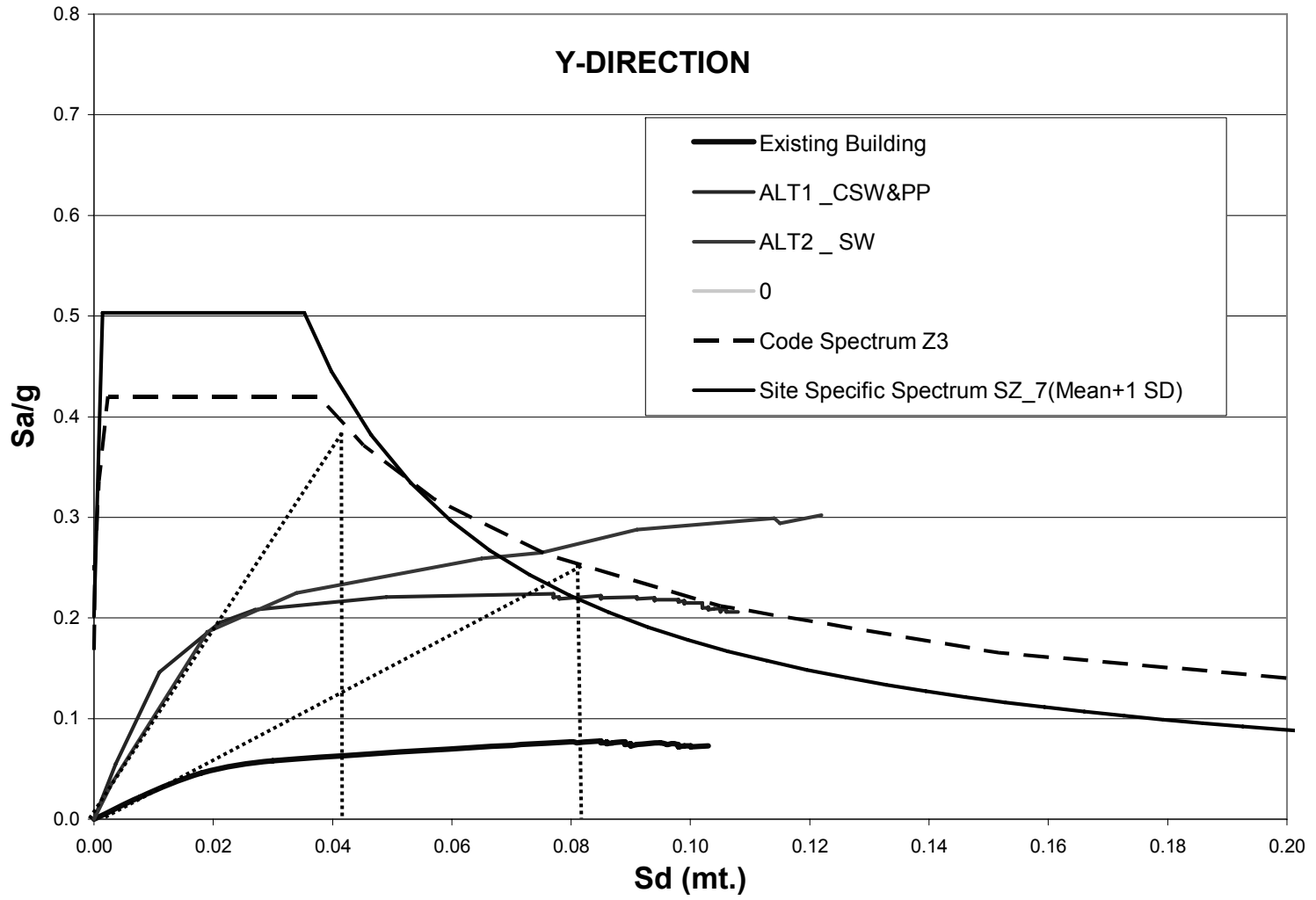
## Alternatif 2: Dıştan Güçlendirme





## Yığma Dolgu Duvarların Hasır Çelik Donatılı Sıva ile Güçlendirilmesi





## Güçlendirme maliyetinin yeniden yapım maliyetine oranı

- Alternatif 1- İçten çözüm: % **39** (4 ay boşaltma)
- Alternatif 2- Dıştan çözüm: % **19** (boşaltma yok)

**Güçlendirme projelerinde mutlaka  
alternatif çözüm çalışmaları ve  
karşılıklı ekonomik değerlendirme analizleri  
yapılmalıdır.**