

RİSKLİ YAPILARIN TESPİT EDİLMESİNE İLİŞKİN ESASLAR

2-Yönetmelik Altyapısı



Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
Altyapı ve Kentsel Dönüşüm Hizmetleri
Genel Müdürlüğü



Genel

- *Riskli Bina tespit esasları pratik ve mümkün olduğunca doğru sonuç verebilecek şekilde tasarlanmıştır.*
- *Yöntemin pratikliği binadan veri toplama adımlarının kritik kat ile sınırlandırılması ile sağlanmıştır.*
- *Ülkemizdeki bir çok konutta birinci katta yumuşak kat ya da zayıf kat olduğu göz önüne alındığında, bu yöntem yapı stokunun büyük kısmı için gerçekçidir.*

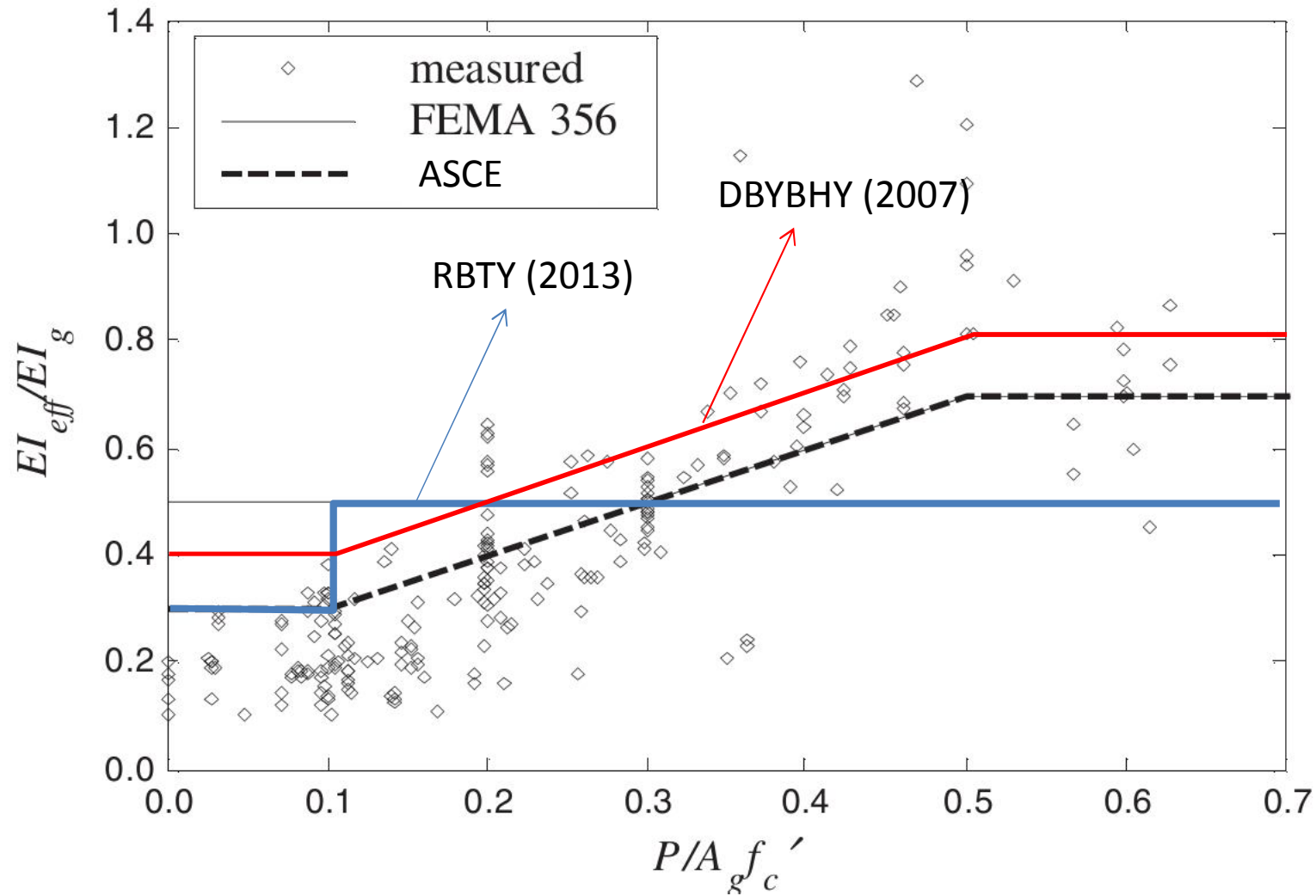
Bina Risk Değerlendirme Yaklaşımları

- *Bina modellemesine ihtiyaç duyulmayan yöntemler:*
(Hassan and Sozen 1997, Gulkan and Sozen 1999, Yakut et al. 2006, Durtes, P25, ATC-21, FEMA 310 vb.)
 - *Bu yöntemler genellikle bir bina stoku için hızlı ve güvenli istatistiksel veri sağlar.*
- *Doğrusal olmayan statik yöntemler :*
(FEMA 356, ASCE/SEI-41-06, ACI 562-13)
 - *Kullanımı zordur, sadece birinci modda davranan yapılar ile kullanımları sınırlıdır.*
 - *Ülkemizde yaygın kabul görmemiştir.*

Seçilen Yaklaşım

- *Hesap esaslarının kabul görmüş doğrusal elastik (eşdeğer yanal kuvvet veya mod birleştirme) yöntemlere dayandırılması*
- *Rölövenin kritik kat ile sınırlı tutulması*
- *Mevcut Türk Deprem Yönetmeliğı (TEC 2007) ve ASCE / SEI 41-06 göre riskli bina tespitine uygun yapılan değışiklikler ile daha gerçekçi hasar sınırlarının kullanılması*

Etkin Eğilme Rijitlikleri



Elastisite Modülü

- *TS-500 yaklaşımı özellikle düşük dayanımlı beton için deneylere göre oldukça yüksek E değerleri veriyor. Sebebi kuvvet tabalı tasarım yönetmeliği oluşudur.*
- *Deformasyon tahmini yaparken etkin rijitliğin mümkün olduğunca doğru kullanılması önemli*
- *Bu sebeple ACI 318-11 ve DBYBHY (2007) Ek 7B ile uyumlu olarak*
- $E = 5000 f_{cm}^{0.5}$

Değerlendirme

Kritik katta kolon ve duvarların İKO ile her katta KÖO belirlendikten sonra, kritik kata ve KÖO kritik kattan daha yüksek olan diğer katlara ait hesap değerleri sınır değerlerle karşılaştırılarak değerlendirme yapılmakta ve bina hakkında karar verilmektedir.

Böylece:

- Kuvvet tabanlı kontrol*
 - Deformasyon tabanlı kontrol*
- yapılabilmektedir.*

Riskli Bina Kararı

- Bir binanın depremde göçme olasılığı deformasyon istemlerinin deformasyon kapasitesine oranı ile ilintilidir.
- Deformasyon kapasitesi ise eksenel yük miktarı ile ters orantılıdır.
- Yüksek eksenel yükte göçme olasılığı artarken, düşük eksenel yüklerde risk azalmaktadır.
- Bu durumu dikkate alarak risk sınırını geçmesine izin verilen eleman sayısı eksenel yükün bir fonksiyonu olacak şekilde belirlenmektedir:

*Değerlendirme yapılan kata ortalama kolon eksenel yük oranı (N/N_o) **%65'den** fazla ise hiç bir elemanın performans limitini geçmesine izin verilmemektedir.*

Değerlendirme yapılan katta ortalama kolon eksenel yük oranının (N/N_o) %10'dan az olması durumunda, performans limitini aşan kolonların taşıdığı toplam kesme kuvvetinin o kata ait toplam kesme kuvvetinin %35'ini hiçbir şekilde aşmaması gerekmektedir. Ara durumlarda enterpolasyon yapılır.

RİSKLİ BİNA HEDEF PERFORMANSI

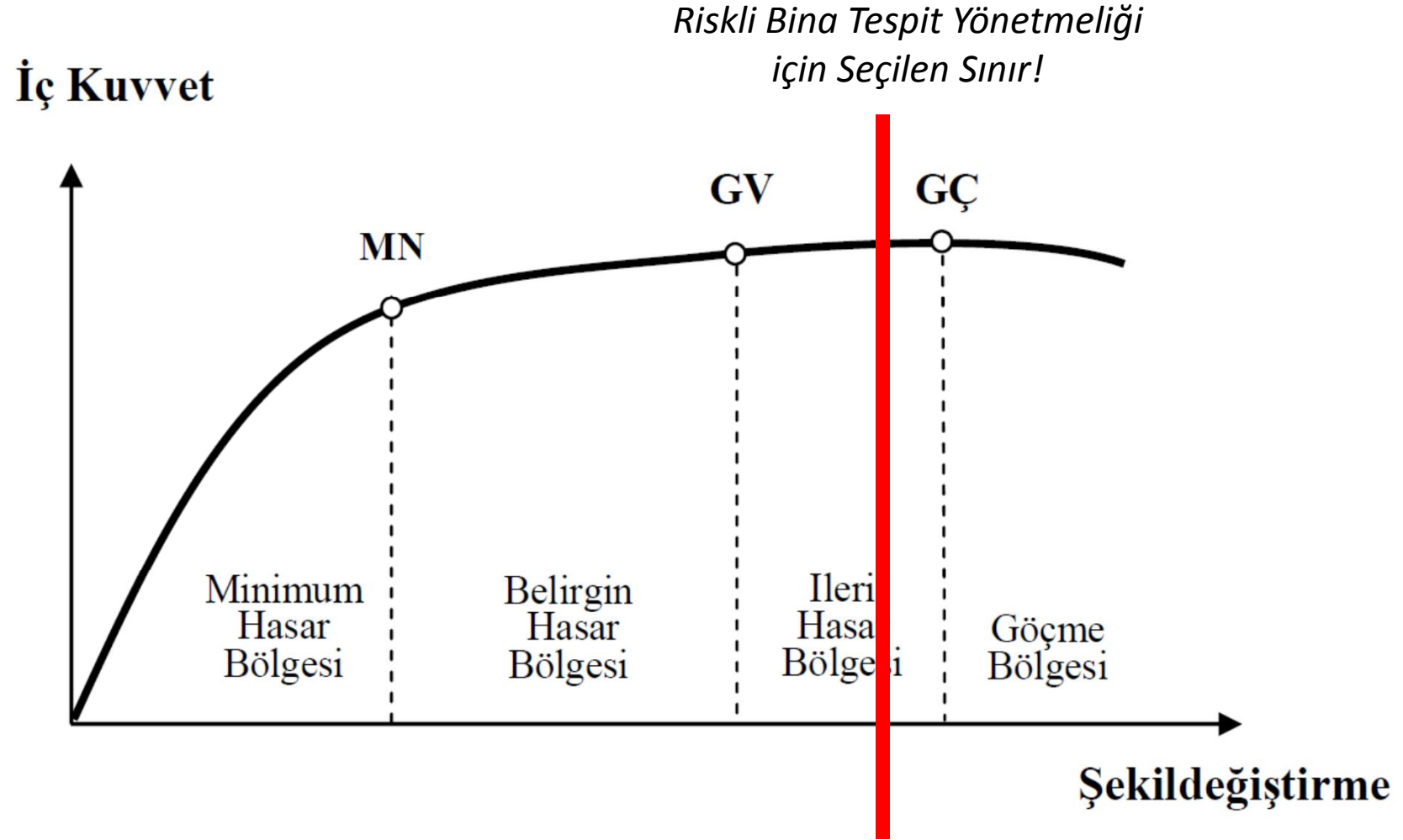
Bu yönetmelik depremde ağır hasar görme veya göçme olasılığı yüksek binaları belirlemeyi hedeflemektedir.

Göçme Tanımı: Yapıda bir veya birden fazla elemanın aksenel yük taşıma kapasitesini çeşitli sebeplerle kaybederek kırılması sonucu binanın yıkılması

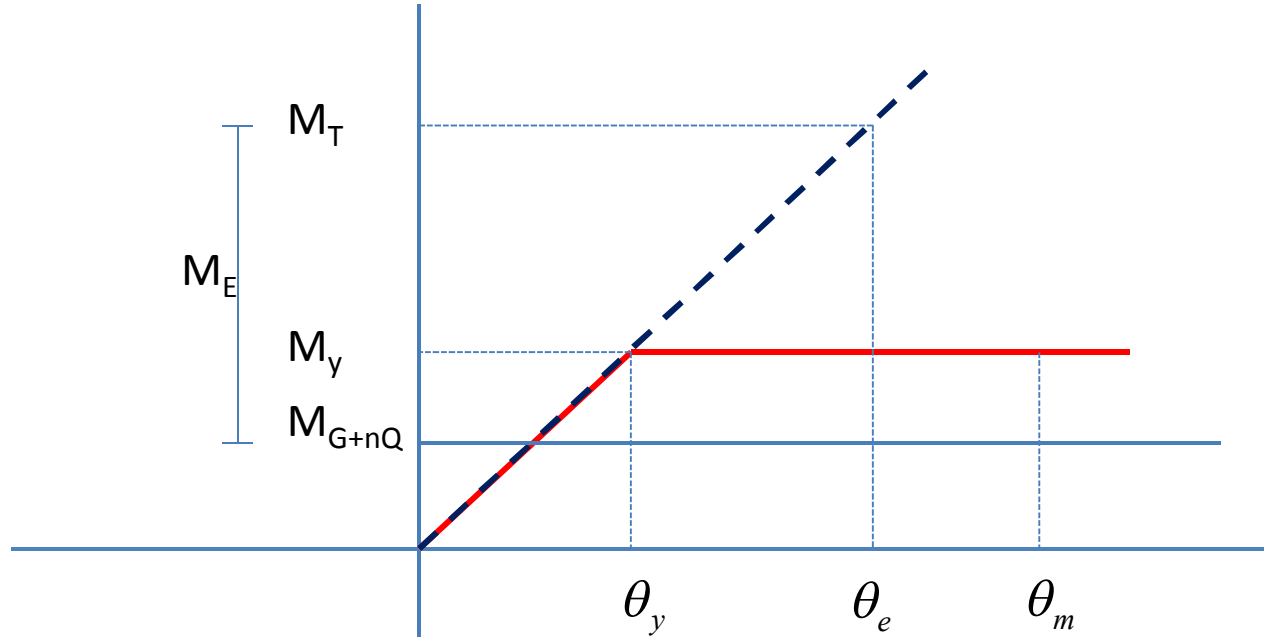
Can Güvenliği Tanımı: Yapıda can kaybına sebep olmayacak şekilde bir veya birkaç elemanda yatay yük taşıma kapasitesinde belli oranda (yaklaşık %15-30) düşüş meydana gelmesine karşılık gelen hasar seviyesi

- Bir binanın göçme noktasının tam olarak belirlenmesi mümkün değildir.
- Can Güvenliği performans seviyesi ise hangi güvenlik payı ile seçim yapıldığına göre değişim gösterebilir.
- Bu karmaşa sebebi ile RBTE (2013) riskli bina performansını “gerçek” göçme noktasının gerisinde ve DBYBHY (2007)’de tanımlanan can güvenliği seviyesinin ilerisinde bir noktada tanımlamaktadır.
- Riskli eleman hasar sınır olarak tanımlanan deformasyon seviyesi yatay yük taşıma kapasitesinde %20 dayanım düşüşüne karşılık gelen değerdir.

RİSKLİ BİNA HEDEF PERFORMANSI



İstem Kapasite Oranı Tanımı



$$\mu = \frac{\theta_m}{\theta_y}$$

$$r = M_E / (M_Y - M_{G+nQ})$$

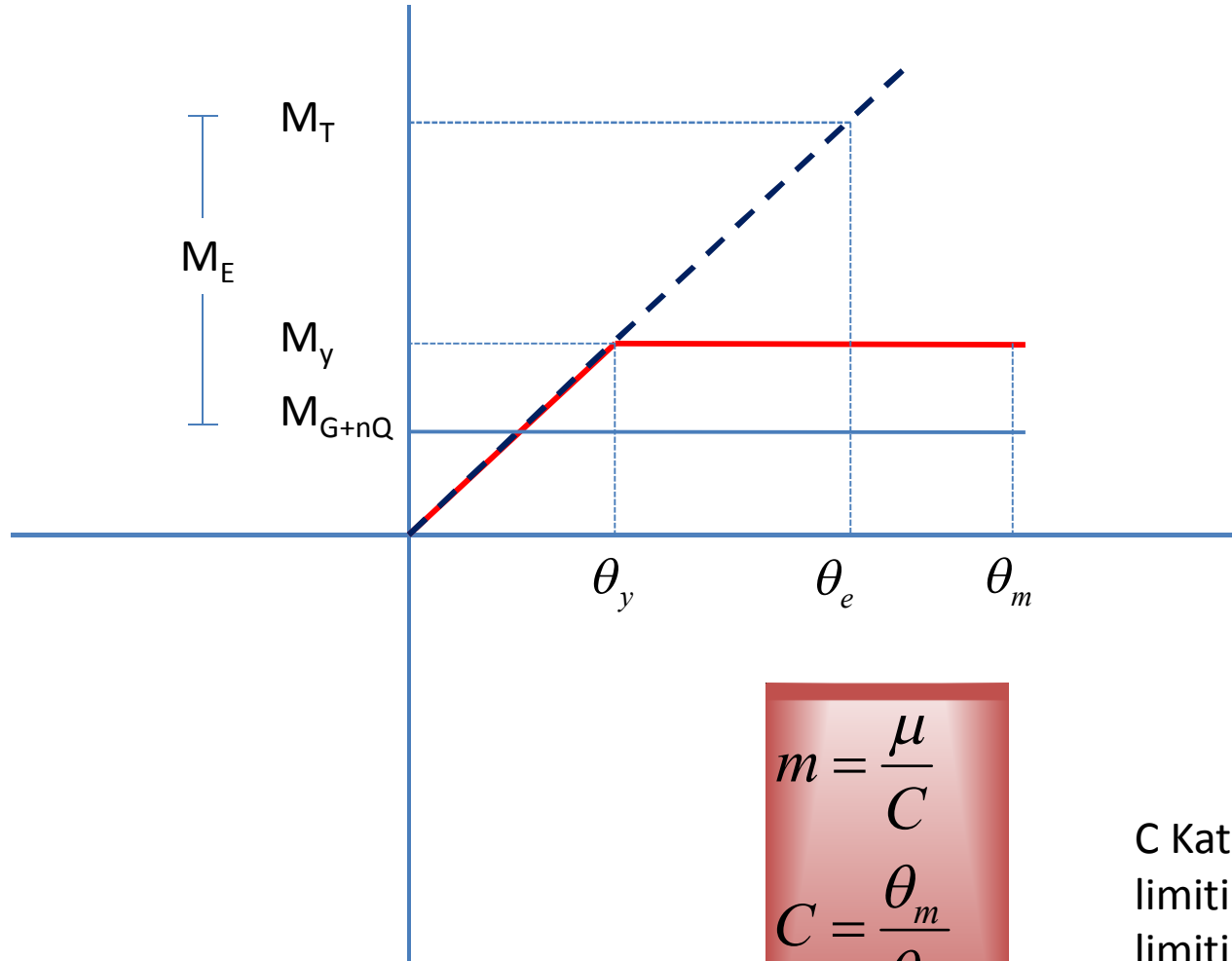
DBHBY'de verilen!

$$m = (M_E + M_{G+nQ}) / M_Y$$

RBTY'de önerilen!

M_G < M_y durumu için
aksi durumda göçme!

m - μ ilişkisi



$$m = \frac{\theta_e}{\theta_y} = \frac{M_E + M_{G+nQ}}{M_y} = \frac{M_T}{M_y}$$

$$\mu = \frac{\theta_m}{\theta_y}$$

$$\theta_e = \frac{M_T}{M_y} \theta_y = m \frac{\theta_m}{\mu}$$

$$C = \frac{\theta_m}{\theta_e} = \frac{\mu}{m}$$

$$m = \frac{\mu}{C}$$
$$C = \frac{\theta_m}{\theta_e}$$

C Katsayısı inelastik deplasman limitini elastik deplasman limitine dönüştürür!

R-μ-T ilişkileri

Newmark-Hall

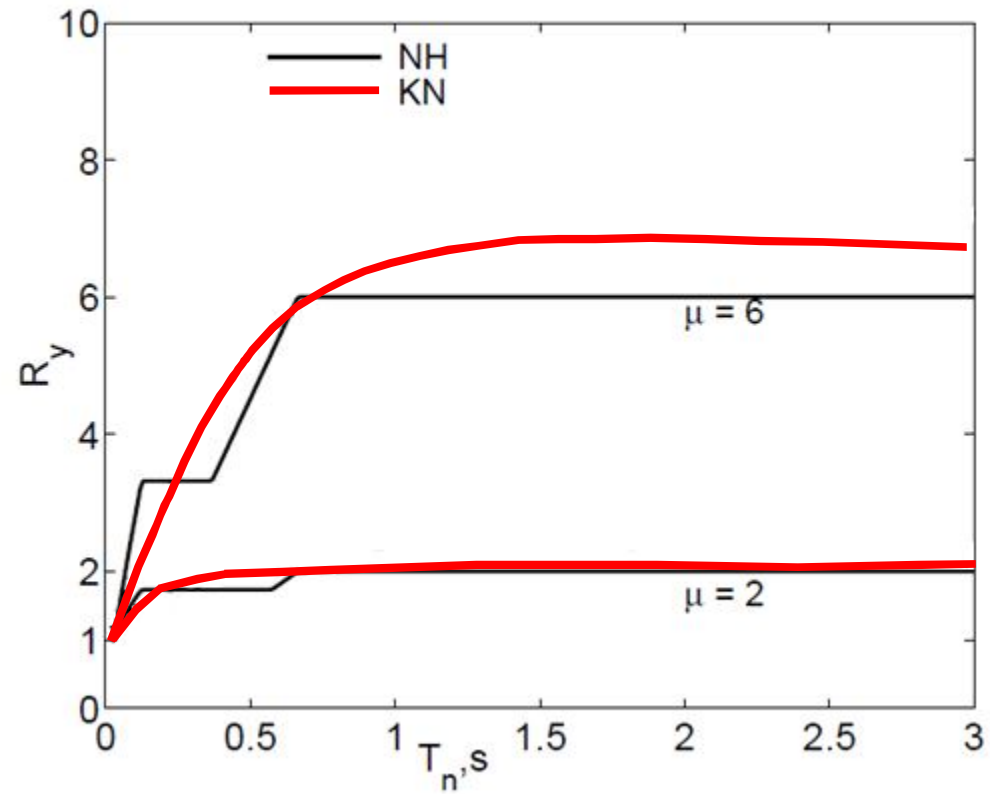
$$R_y = \begin{cases} 1 & T_n < T_a \\ (2\mu-1)^{\beta/2} & T_a < T_n < T_b \\ \sqrt{2\mu-1} & T_b < T_n < T_{c'} \\ \frac{T_n}{T_c} \mu & T_{c'} < T_n < T_c \\ \mu & T_n > T_c \end{cases}$$

$$\beta = \ln(T_n/T_a)/\ln(T_b/T_a)$$

Krawinkler-Nassar

$$R_y = [c(\mu-1)+1]^{1/c}$$

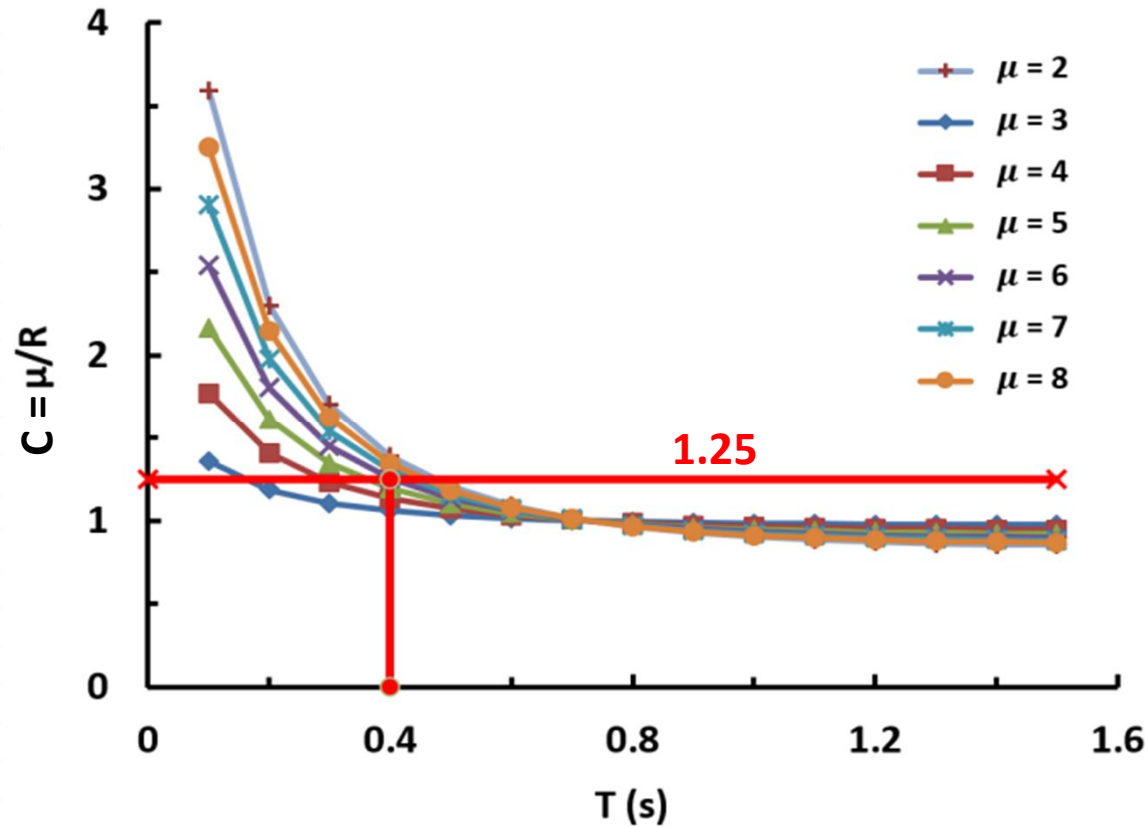
$$c(T_n, \alpha) = \frac{T_n^a}{1+T_n^a} + \frac{b}{T_n}$$



Krawinkler-Nassar'ın önerdiği denklemler sürekli fonksiyon şeklinde!

Spektrumdan bağımsız ve kullanımı daha kolay

Krawinkler-Nassar



$T \geq 0.4$ s olan yapılar için
ortalama “C” değeri $C=1.25$
olarak alınabilir.

4-8 katlı yapıların periyotları
 $T \geq 0.4$ s olacağından bu
yapılar için $C=1.25$ değeri
kullanmak uygun olacaktır.

R- μ -T ilişkisinin tek serbestlik dereceli sistem analizleri ile elde edildiği ve ayrıca İKO değerlerinin “R” ile benzer bir değişim sergileyeceği göz önüne alınacak olursa, deneysel olarak belirlenen deplasman sünekliliklerini 1.25’e bölerek “İKO_{sınır}” değerlerini ($m_{sınır}$ değerleri) yeterli yaklaşıklıkla hesaplamak mümkündür.

ASCE-SEI 41-06 İnelastik/Elastik Deplasman İstemi

$$V = C_1 C_2 C_m S_a W \quad C_1 = 1 + \frac{R - 1}{aT^2} \quad C_2 = 1 + \frac{1}{800} \left(\frac{R - 1}{T} \right)^2$$

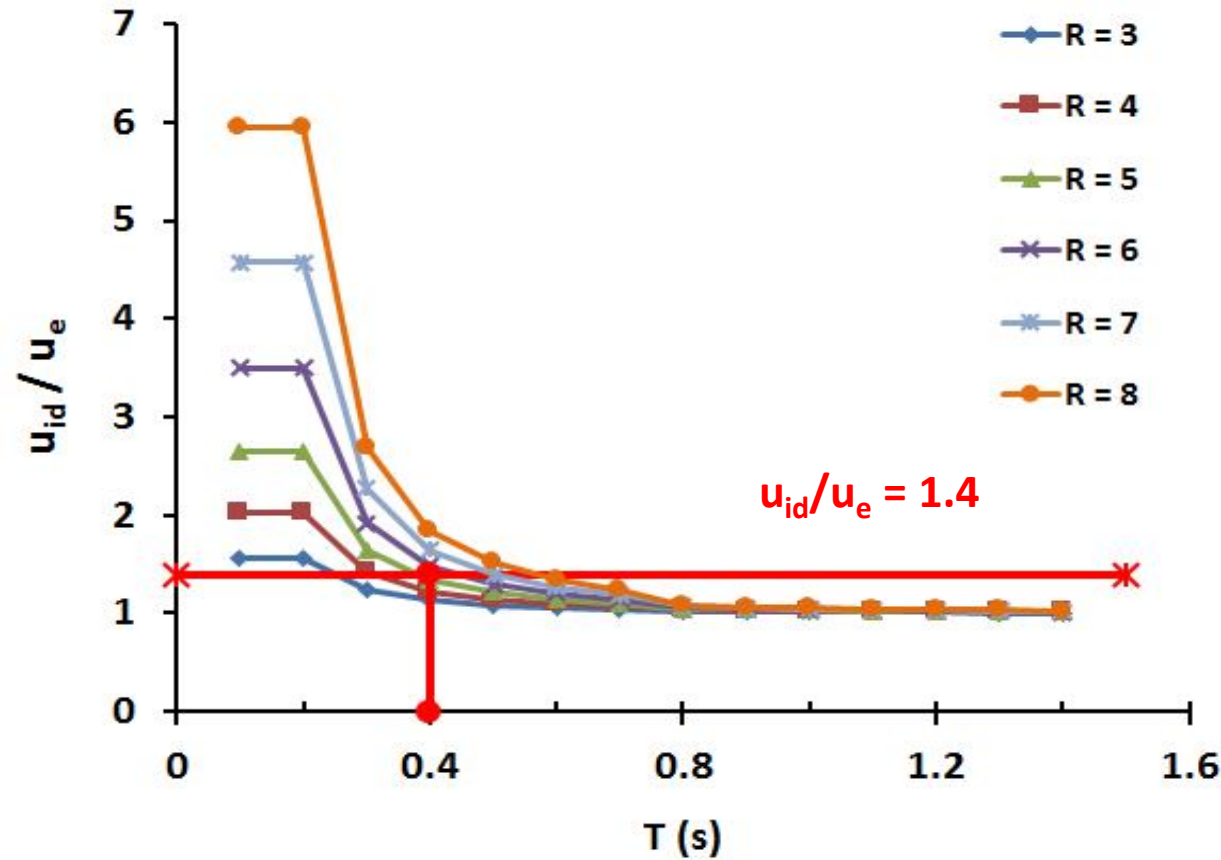
Table 3-1. Values for Effective Mass Factor C_m ¹

No. of Stories	Concrete Moment Frame	Concrete Shear Wall	Concrete Pier-Spandrel	Steel Moment Frame	Steel Concentric Braced Frame	Steel Eccentric Braced Frame	Other
1-2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3 or more	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0

C1xC2 : İnelastik Deplasman İstemi/Elastik Deplasman İstemi

ASCE-SEI-7/41 ve FEMA-440

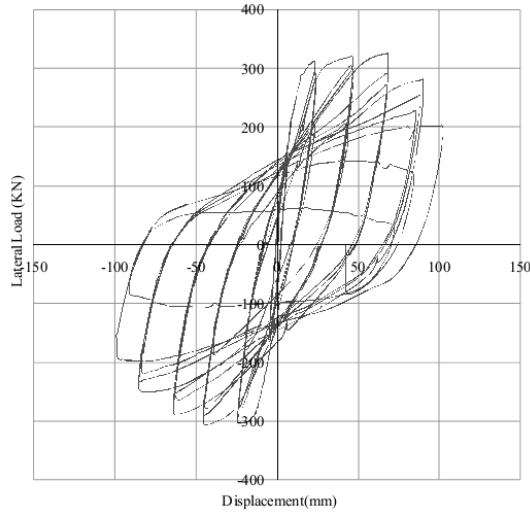
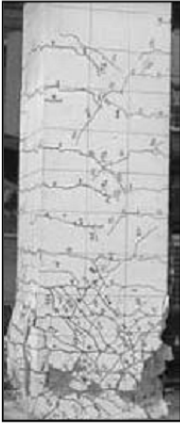
$$R-u_{id}/u_e-T$$



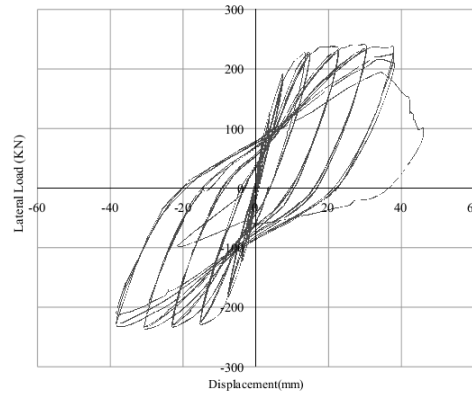
$T \geq 0.4$ s olan yapılar için ortalama " u_{id}/u_e " değeri 1.40 olarak alınabilir.

Dolayısıyla “ $R-u_{id}/u_e-T$ ” ilişkisinden hareketle nihai (en yüksek) inelastik deplasman değerini 1.40’a bölerek doğrusal analiz sonuçları ile birlikte kullanılabilen kat ötelenme ($KÖ_{sınır}$) değerlerini yeterli yaklaşıklıkla hesaplamak mümkündür.

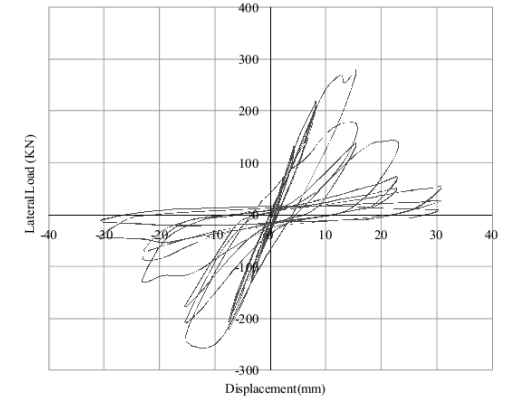
Kolonlar



Eğilme Göçmesi



Kesme-Eğilme Göçmesi



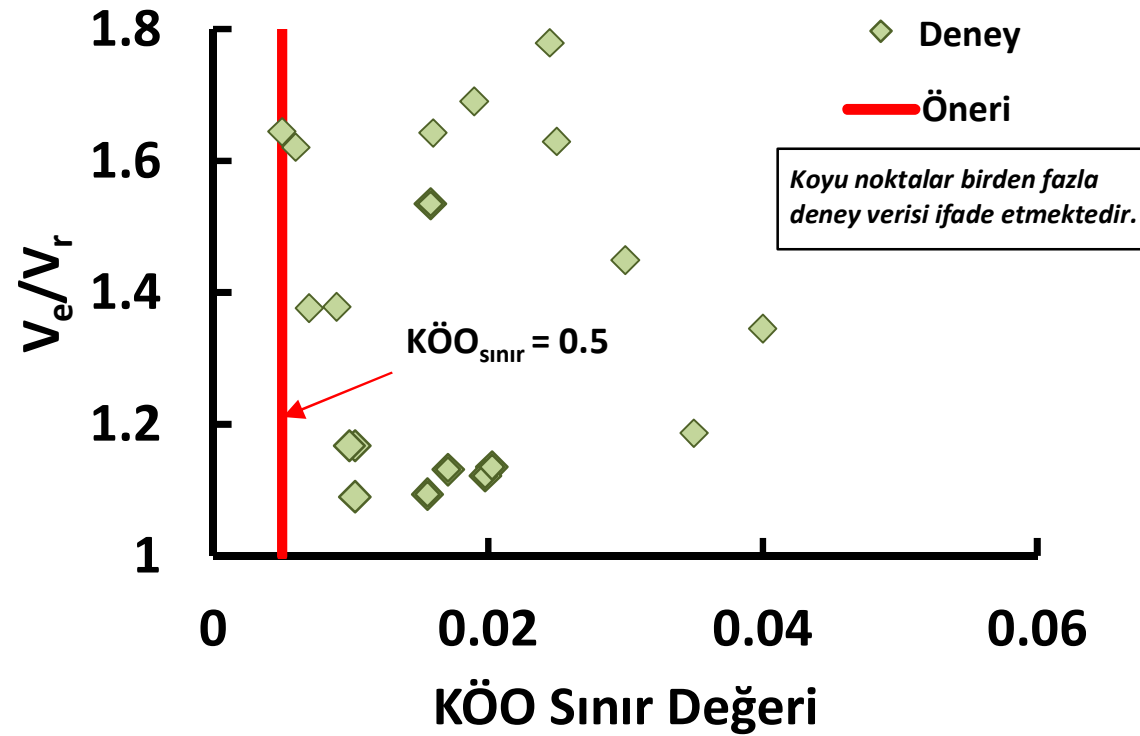
Kesme Göçmesi

Kolon Sınıflandırması

V_e/V_r	$s \leq 100 \text{ mm}^*$, 135° hooks $A_{sh} \geq 600 \times s \times b_k \times (f_{cm}/f_{ywm})^*$	All other cases
≤ 0.7	A	B
0.7-1.1	B	B
≥ 1.1	B	C

Kesme Göçmesi (C Grubu Kolonlar)

$V_e/V_r > 1.1$, Gevrek Davranış : $m=1$



Eğilme Göçmesi (A Grubu Kolonlar)

- $V_e/V_r \leq 0.7$, Sargı Donatısı var (1975-1998)

Sünek Davranış

Çalışma Kapsamında Değerlendirilen Yöntemler:

- Solmaz ve Yakut (2010) (%20 kapasite kaybı)
- Bae ve Bayrak (2009) (P- δ göçmesi)
- ASCE-SEI-41 Elastik
- ASCE-SEI-41 Nonlineer
(belli bir olasılıkla %20 kap. Kaybı)
- Eurocode

Eğilme Göçmesi (A Grubu Kolonlar)

Yöntem:

Yöntemler için kolon deplasman sünekliği (μ) ve en yüksek inelastik kat ötelenme değerleri belirlendi (çeşitli f_{cm} , f_{yk} , ρ_s ve L/H için).

En yüksek ötelenme değeri olarak %20 kapasite kaybına karşılık gelen inelastik (u_{id}) deplasman alındı.

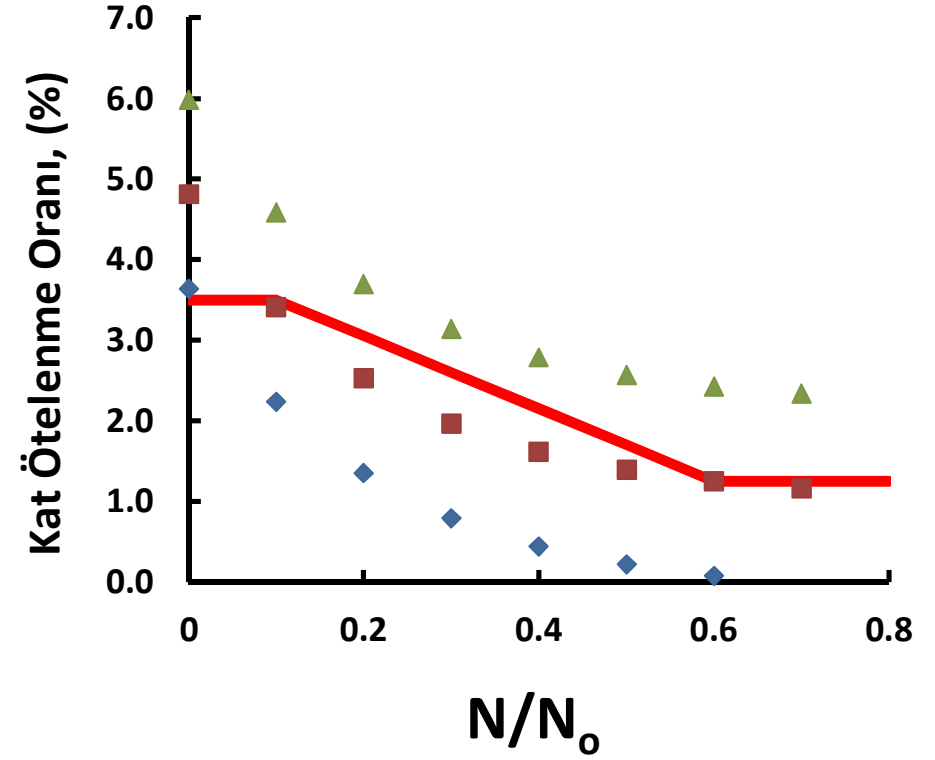
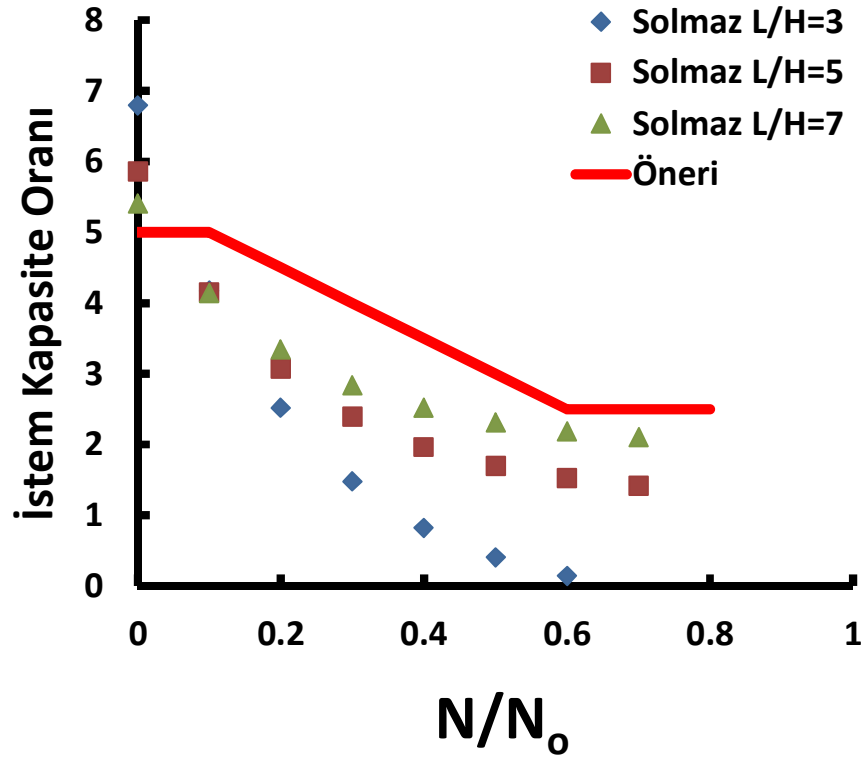
Eğilme Göçmesi (A Grubu Kolonlar)

Yöntem:

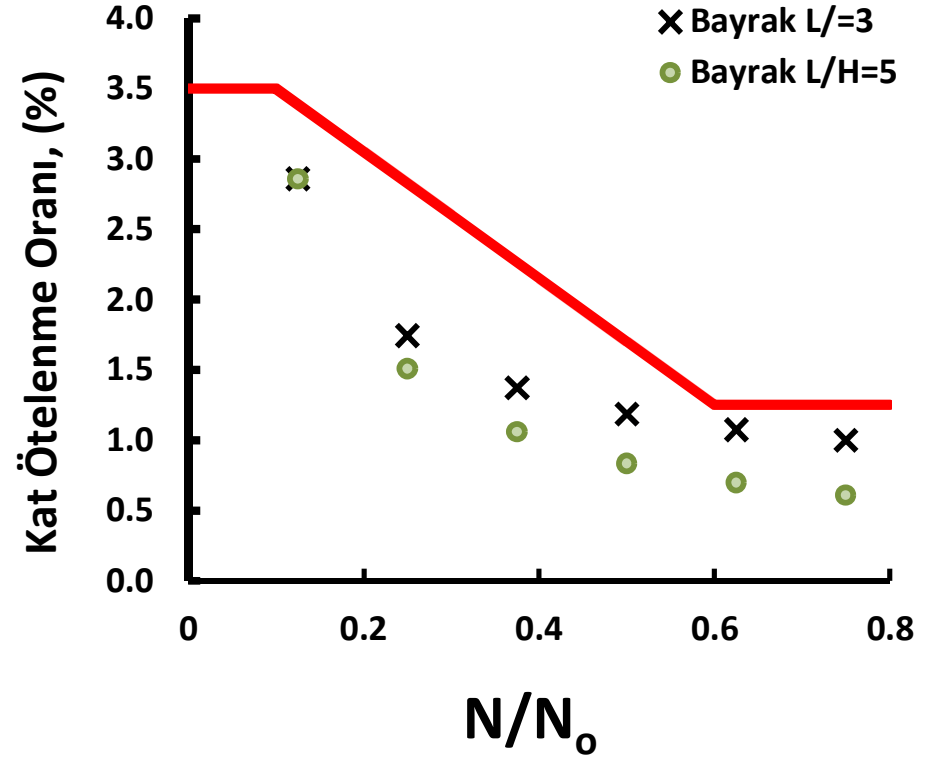
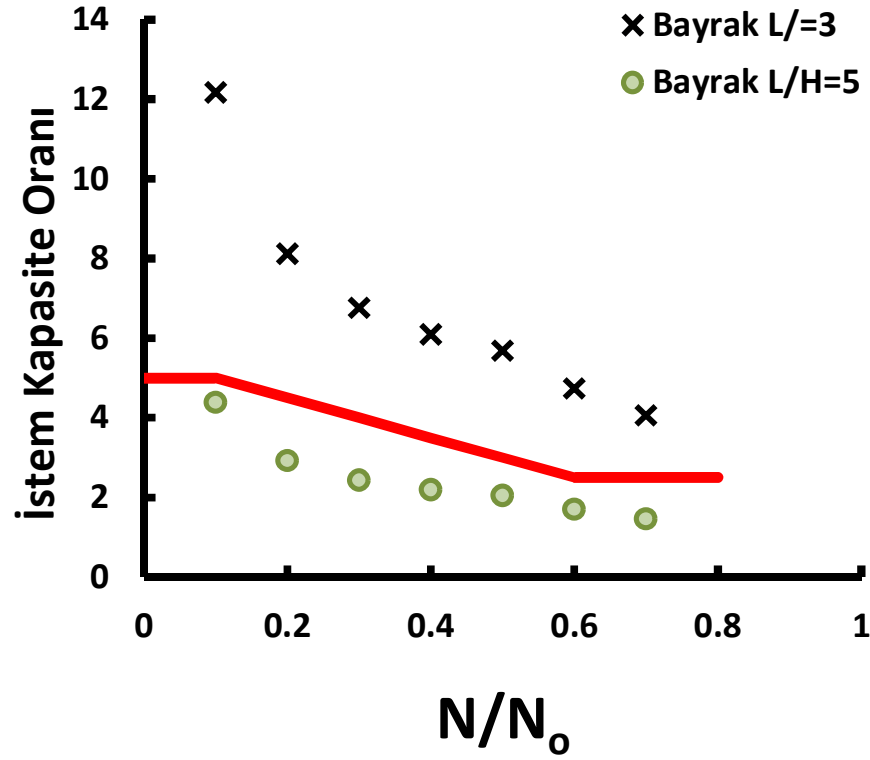
Deplasman sünekliği değerleri (μ) 1.25'e bölünerek istem-kapasite oranı sınırları ($m_{\text{sınır}}$ değerleri),

En yüksek ötelenme değerleri (u_{id}) 1.40'a bölünerek kat ötelenme sınır değerleri ($KÖ_{\text{sınır}}$ değerleri)

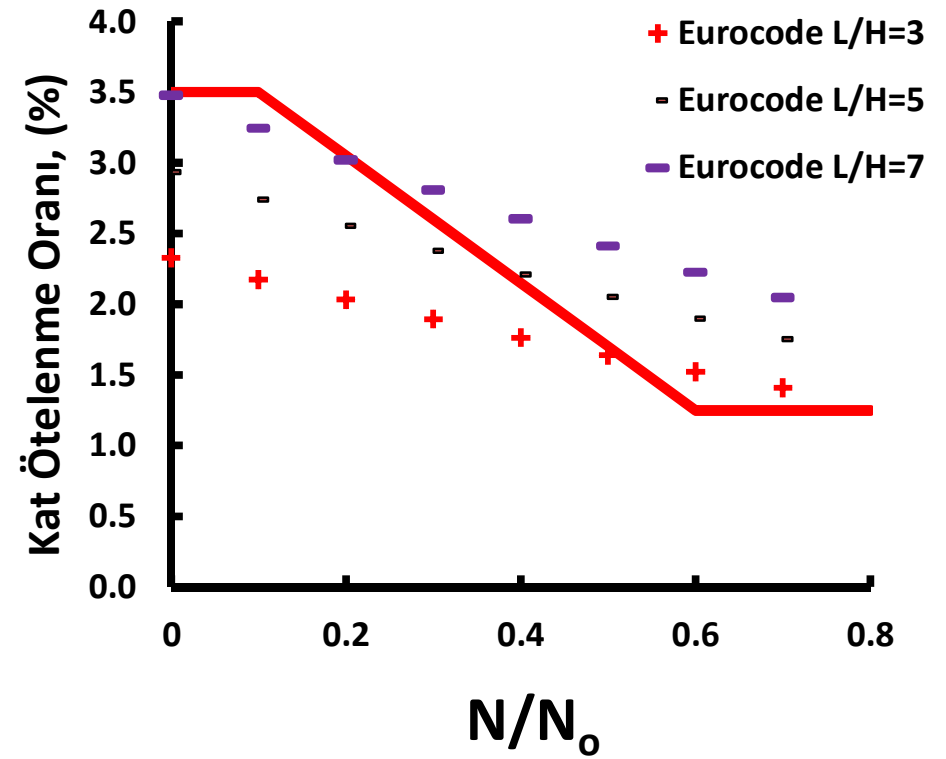
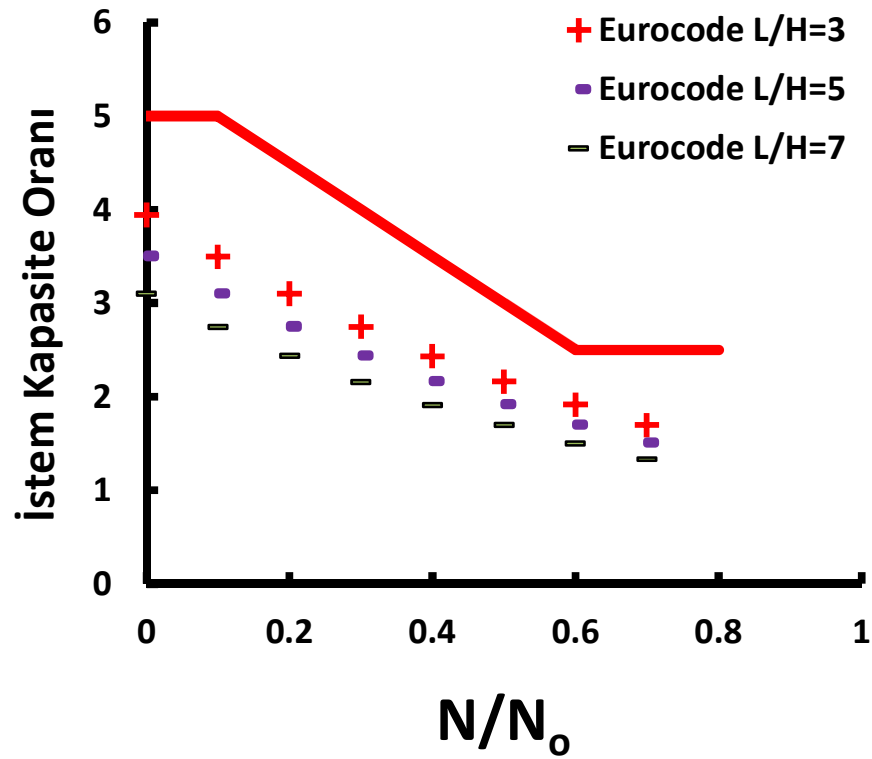
A Grubu



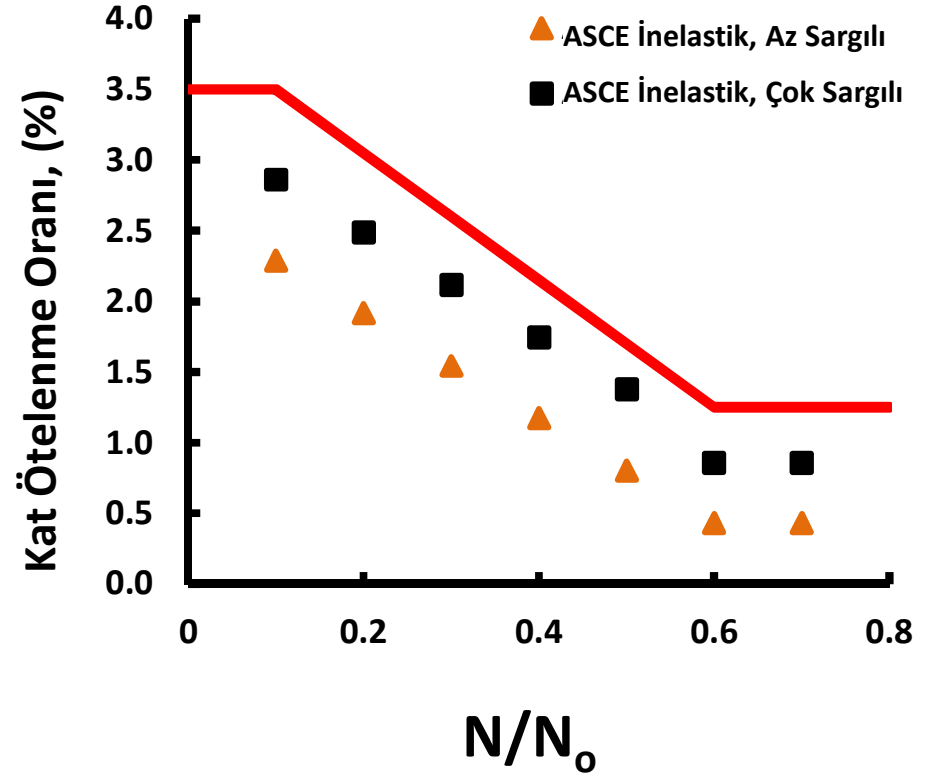
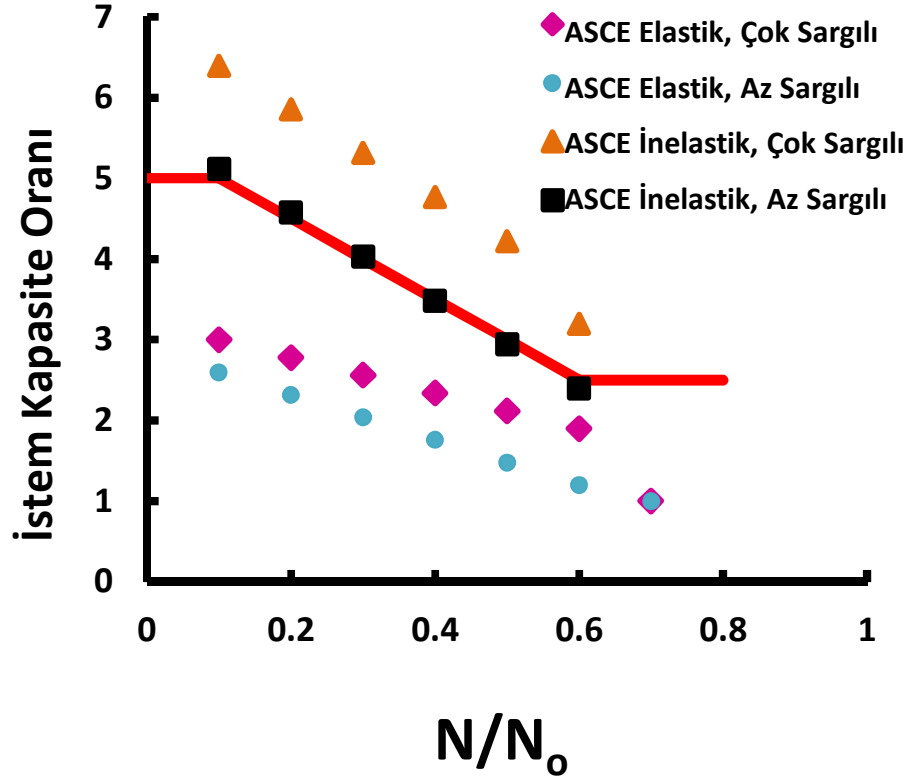
A Grubu



A Grubu



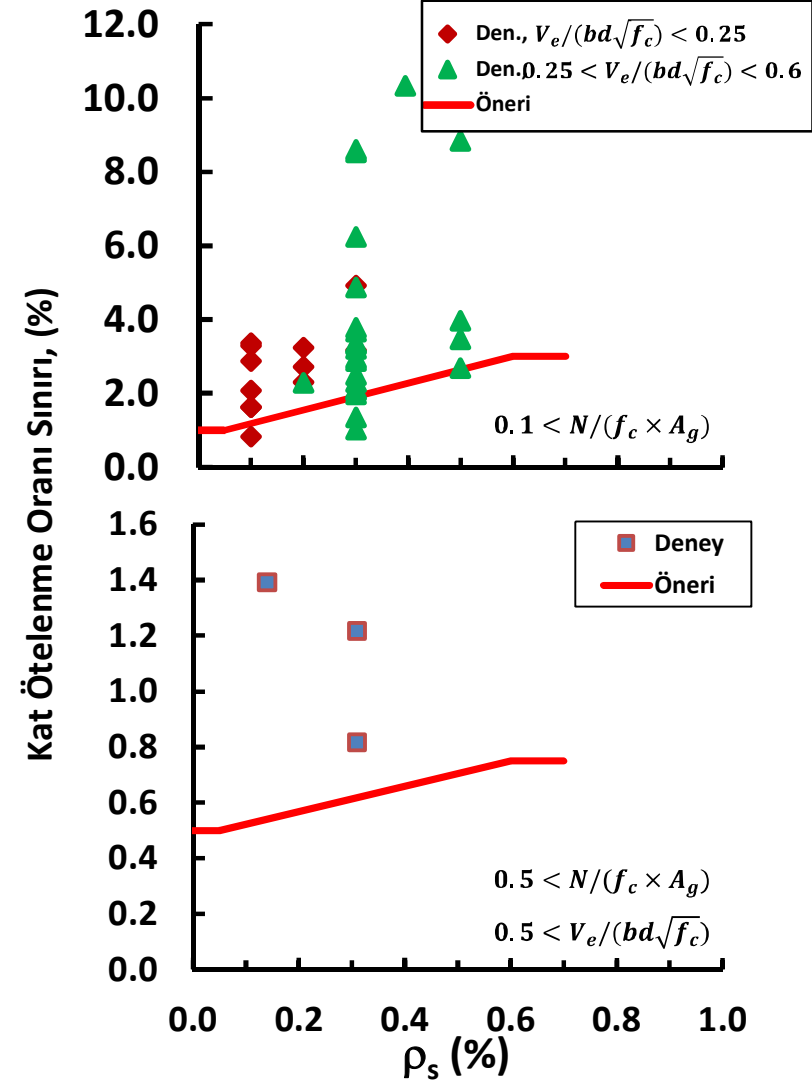
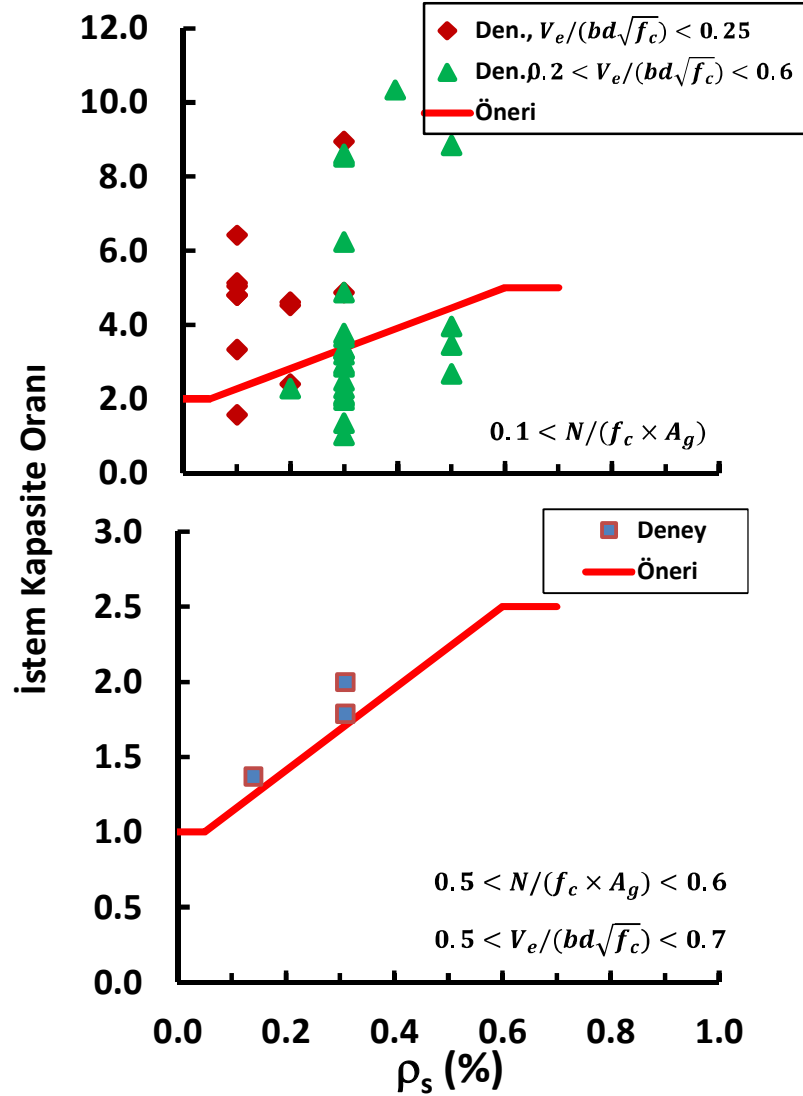
A Grubu



A-Grubu Kolonlar için Sınır Değerler

N/No	$m_{\text{sınır}}$	$K\ddot{O}O_{\text{sınır}}$
0.1	5.0	0.035
0.6	2.5	0.0125

B Grubu ($0.7 < V_e/V_r < 1.1$, yetersiz etriye)



Düşük Kesme: $V_e / (b_w d f_{ctm}) < 0.7$, Yüksek Kesme: $1.4 > V_e / (b_w d f_{ctm}) > 0.7$, $\rho_s = \text{Ash/sbk}$

B Gurubu Kolonlar için Sınır Değerler

$N_K / (f_{cm} \times A_g)$	$A_{sh} / (s \times b_k)$	$m_{sınır}$	$KÖÖ_{sınır}$
≤ 0.1	≤ 0.0005	2.0	0.01
	≥ 0.006	5.0	0.03
≥ 0.6	≤ 0.0005	1.0	0.005
	≥ 0.006	2.5	0.0075

Perde Sınıflandırması

H_w / ℓ_w	$V_e / V_r < 1.0$	$1.0 \leq V_e / V_r$
$2.0 \leq H_w / \ell_w$	A	B
$H_w / \ell_w < 2.0$	B	B

- Bu tabloda H_w / ℓ_w oranı ile V_e / V_r 'nin beraber dikkate alınması ile sünek ve yarı sünek perde ayrımı yapılmaktadır.
- A-Grubu duvarların eğilme kırılması, B-Grubu duvarların kesme-eğilme kırılması sergileyeceği düşünülmektedir.

Perdeler Üzerine Deneysel Çalışmalar

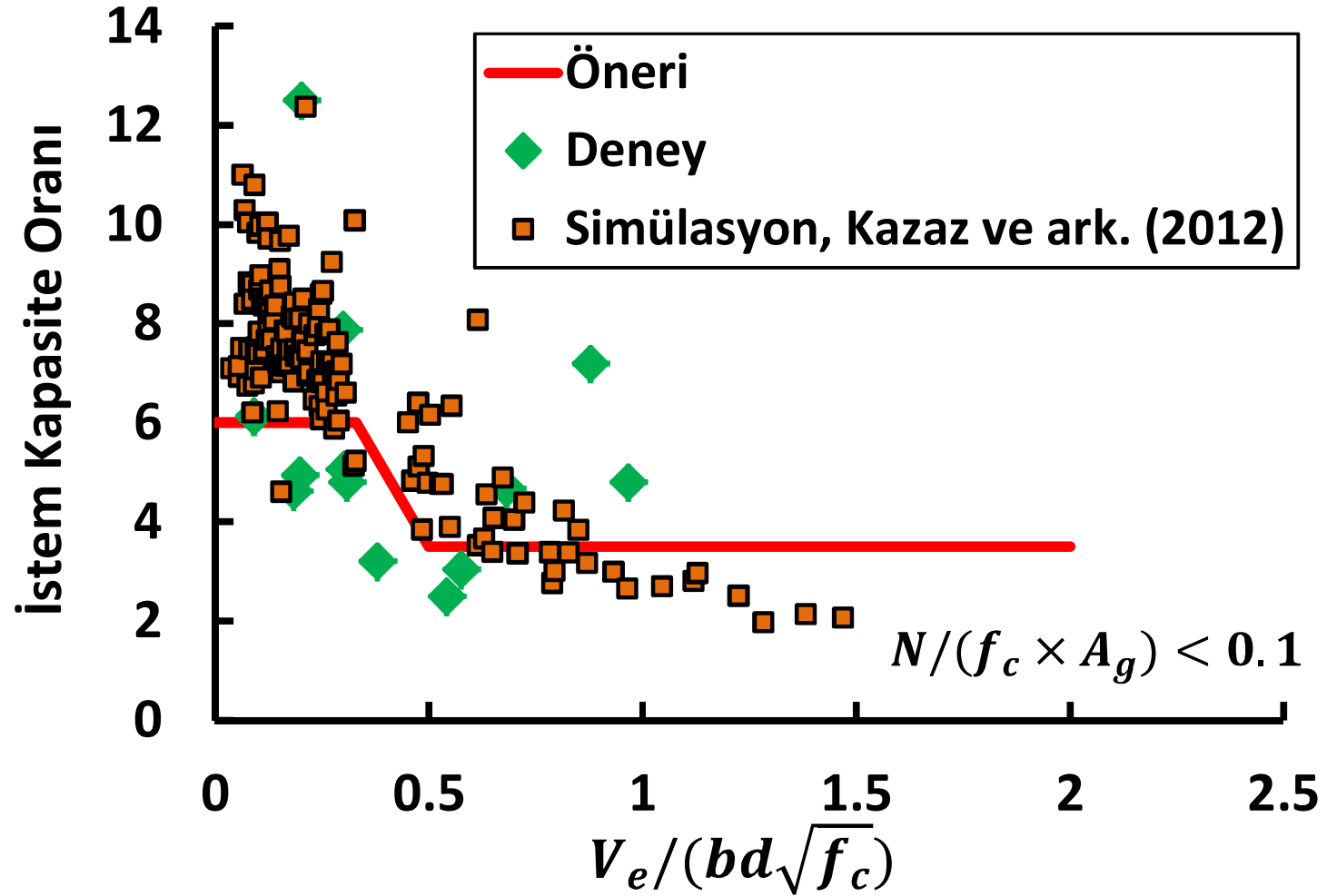
Çalışma Kapsamında Değerlendirilen Deneysel Veriler

- Carvajal ve Pollner (1983)
- Corley ve ark. (1981)
- Dazio ve ark. (2009)
- Han ve ark. (2002)
- Lefas ve ark. (1990)
- Oesterle (1986), (1978)
- Pilakoutas and Elnashai (1995)
- Shiu ve ark. (1981)
- Vallenias ve ark. (1979)
- Wang ve ark. (1975)

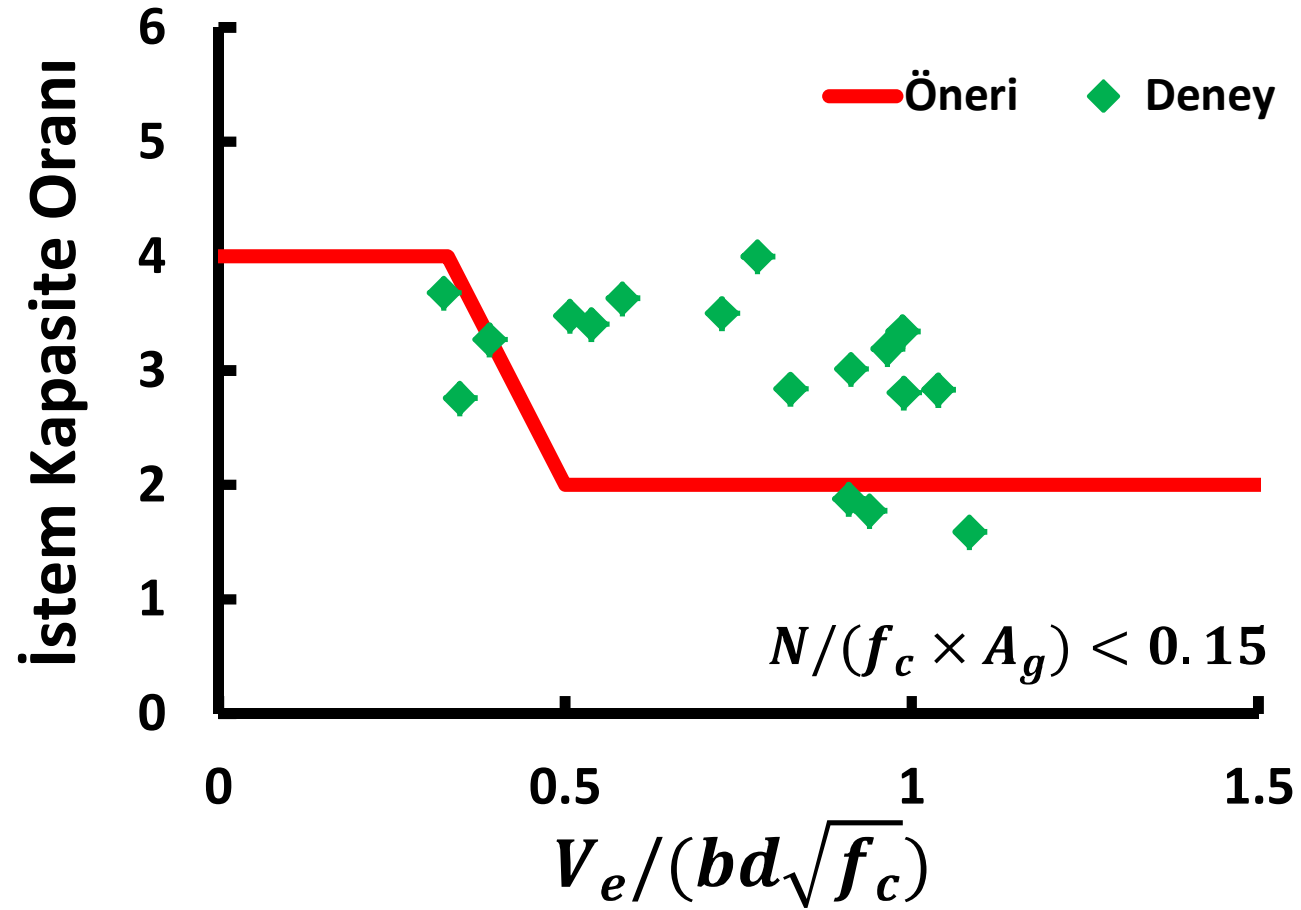
Perdeler Üzerine Simülasyon Çalışmaları

- Verilerin çoğu uç elemanı bulunduran perde deneylerinden toplanmıştır.
- Yüksek eksenel yük oranına sahip perde deneyi verisine ise ulaşamamıştır
- Bu nedenle olası durumları da göz önüne alabilmek amacıyla Kazaz ve ark. (2012) tarafından yapılan simülasyon çalışmaları ile üretilmiş veriler de çalışmaya dahil edilmiştir.

A-Grubu Perdeler Öneri



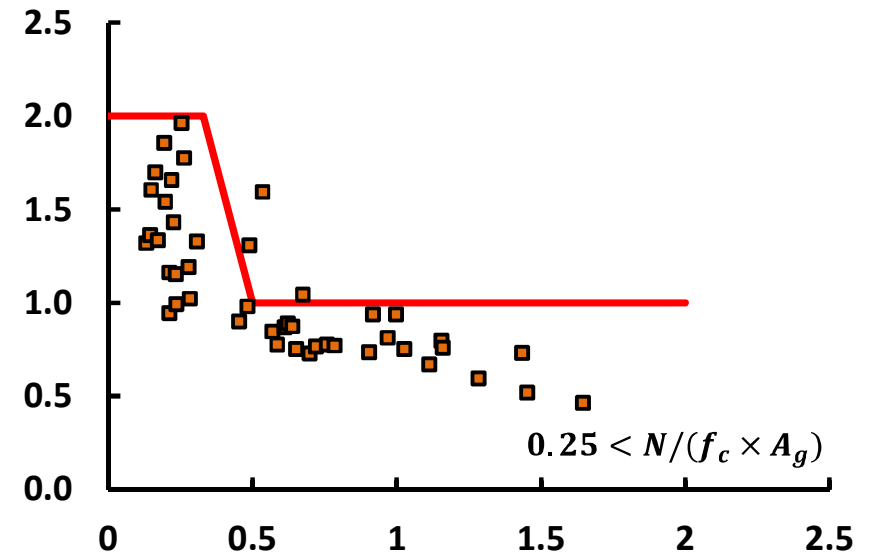
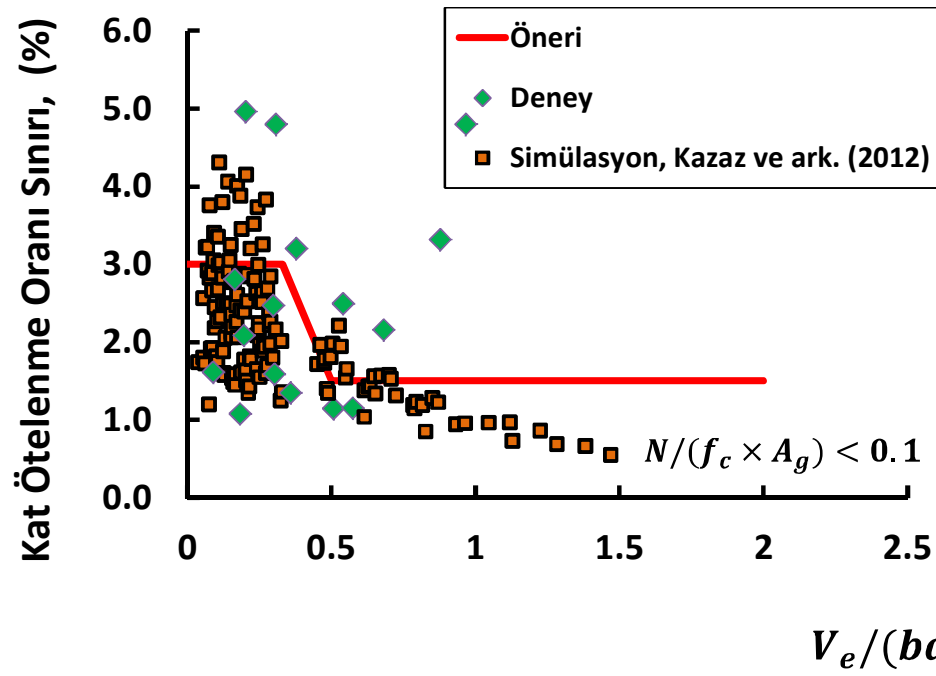
B-Grubu Perdeler Öneri



Kat Ötelenme Oranı Sınırları

A Gurubu

B Gurubu



A-Grubu Perdeler için Sınır Değerler

$\frac{N_K}{(f_{cm} \times A_g)}$	$\frac{V_e}{(b \times d \times f_{cm})}$	DBYBHY 2007'ye uygun uç bölgesi	$m_{sınır}$	$KÖÖ_{sınır}$
≤ 0.1	≤ 0.9	Var	6.0	0.030
	≥ 1.3	Yok	4.0	0.015
	≤ 0.9	Var	3.5	0.015
	≥ 1.3	Yok	2.0	0.0075
≥ 0.6	≤ 0.9	Var	3.5	0.020
	≥ 1.3	Yok	2.0	0.020
	≤ 0.9	Var	2.0	0.010
	≥ 1.3	Yok	1.5	0.0050

B-Grubu Perdeler için Sınır Değerler

$\frac{V_e}{(b \times d \times f_{cm})}$	$m_{\text{sınır}}$	$KÖO_{\text{sınır}}$
≤ 0.9	4.0	0.020
≥ 1.3	2.0	0.010

Dolgu Duvarlar

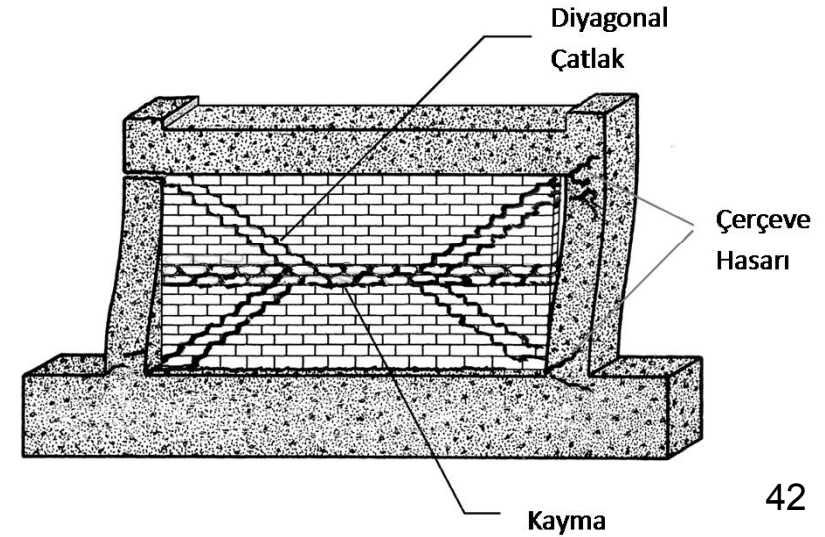
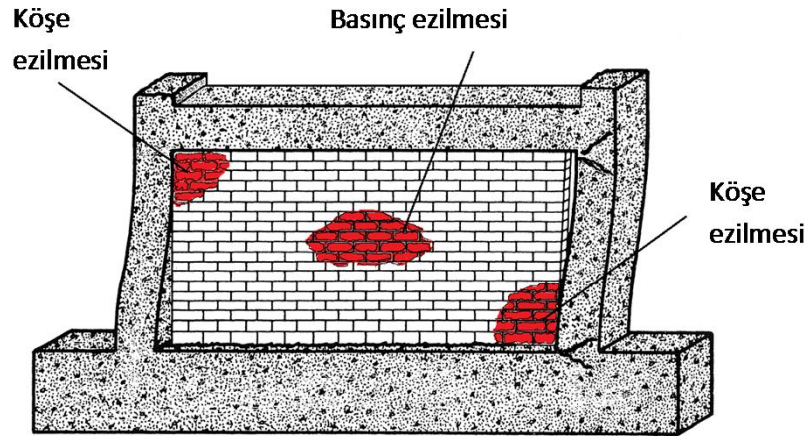
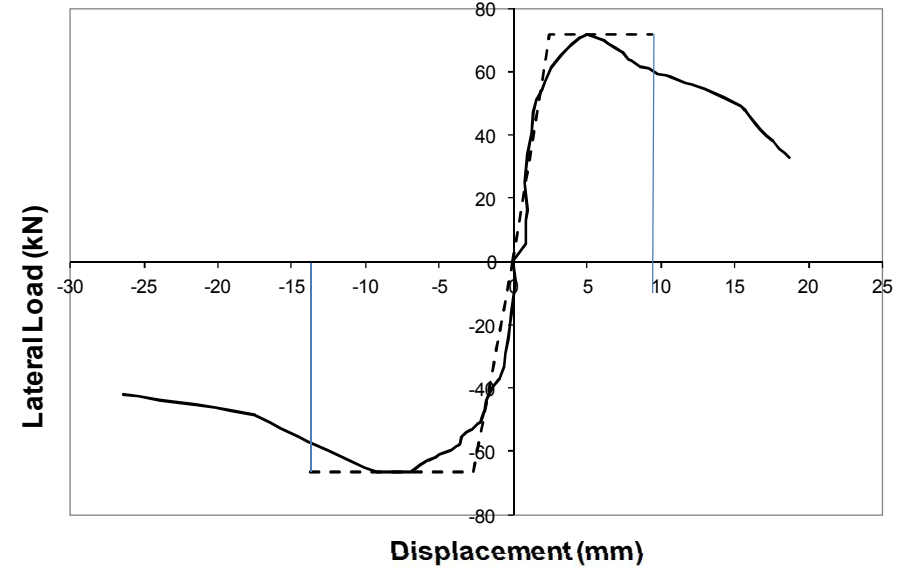
- Betonarme çerçevelerdeki dolgu duvarların sistem davranışını etkilediği bilinen bir gerçektir.
- Bu elemanlar tasarımda göz önüne alınmamalarına rağmen sisteme ilave bir rijitlik ve dayanım sağlamaktadırlar. Dolayısı ile çerçevelerin deprem davranışı açısından olumlu etkileri olmaktadır.

Dolgu Duvarlar

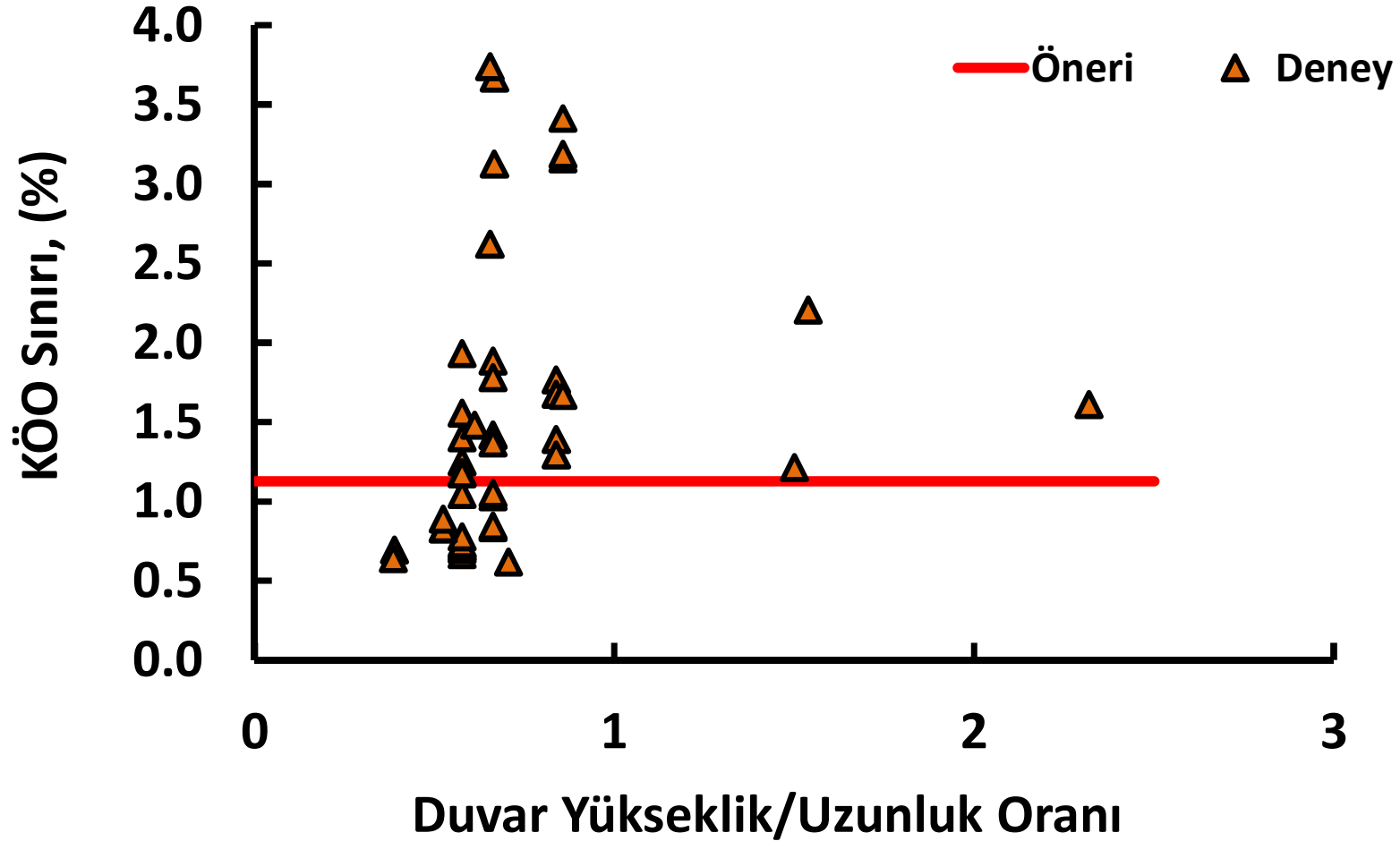
- Diğer taraftan, bu duvarların gevrek kırılma sergileyerek ya da düzlem dışı göçerek yapısal elemanlarda ani kuvvet değişimlerine ve ötelenme taleplerine neden olabilmektedirler.
- Ülkemizdeki mevcut yapıların birçoğu delikli bölme duvarlara sahiptir. Belirli yapısal özelliklere sahip binalarda bu duvarların deprem yükü taşımaya yardımcı olacağı düşünülmektedir.
- Bu durumları tespit edebilmek amacıyla bir literatür taraması ve akabinde bir dizi analitik bir çalışma yapılmıştır.

Dolgu Duvarlar

- 45adet dolgulu tersinir yüklemeye maruz kalmış çerçeve deneyi derlendi
- Azami deplasman kapasitesini zarf eğrilerinden belirledi
- Hasar sınıflaması yapıldı

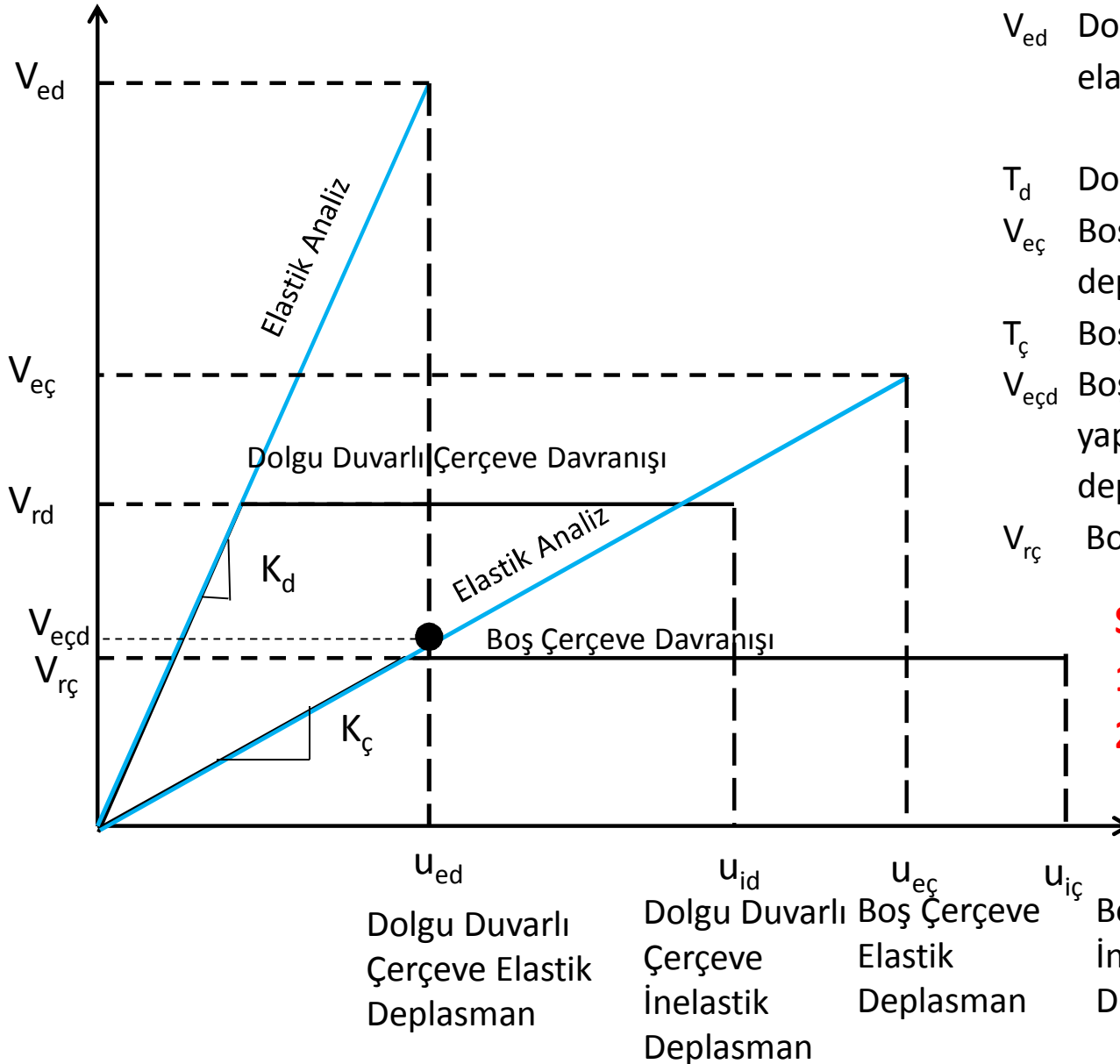


Deplasman Kapasitesi



(%15 kapasite kaybına karşılık gelen ötelenme oranı)

Çerçeve ve Dolgulu Çerçeve Davranışı



V_{ed} Dolgu duvarlı çerçeve üzerine gelen elastik deprem kuvveti;

$$V_{ed} = \text{Ağırlık} \times S_a(T_d)$$

T_d Dolgulu çerçeve periyodu

$V_{eç}$ Boş çerçeve üzerine gelen elastik deprem kuvveti; $V_{eç} = \text{Ağırlık} \times S_a(T_ç)$

$T_ç$ Boş çerçeve periyodu

$V_{eçd}$ Boş çerçeve rijitliği ile analiz yapıldığında dolgulu çerçeve elastik deplasmanına karşılık gelen kuvvet

$V_{rç}$ Boş çerçeve kapasitesi

Sorular:

1- $V_{eçd}$ değeri ne olmalı ?

2- Dolgulu çerçeve deplasman sınırı ne olmalı?

$V_{e\zeta d}$ - Azaltılmış Deprem Kuvveti

$$u_{ed} = \frac{V_{ed}}{K_d}$$

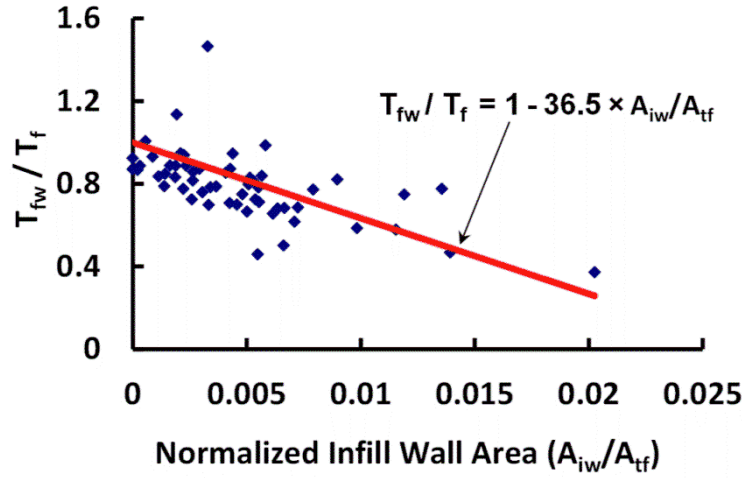
$$u_{e\zeta} = \frac{V_{e\zeta}}{K_\zeta}$$

$$V_{e\zeta d} = \frac{u_{ed}}{u_{e\zeta}} V_{e\zeta} = \frac{V_{ed}}{V_{e\zeta}} \frac{K_\zeta}{K_d} V_{e\zeta} = \frac{Sa(T_d)}{Sa(T_\zeta)} \frac{V_{e\zeta}}{\beta} = A_f V_{e\zeta}$$

“Boş çerçeve rijitliği” kullanarak dolgulu çerçeve deplasman istemini hesaplamak için uygulanması gereken kuvvet yukarıdaki denklem ile hesaplanır.

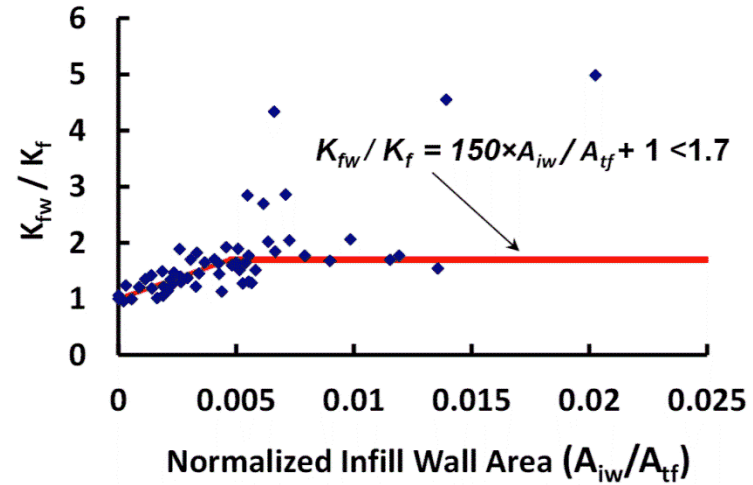
- A_f = Elastik deprem kuvvetini azaltma faktörü
- $\lambda = 0.85$ bu denklem ile çarpılabilir.

T_d/T_ζ ile K_d/K_ζ Oranları (Yakut 2004)



Yönetmelikte verilen basınç çubuğu yaklaşımı ile tamamı dolu olan dolgu duvarlar modellenmiştir.

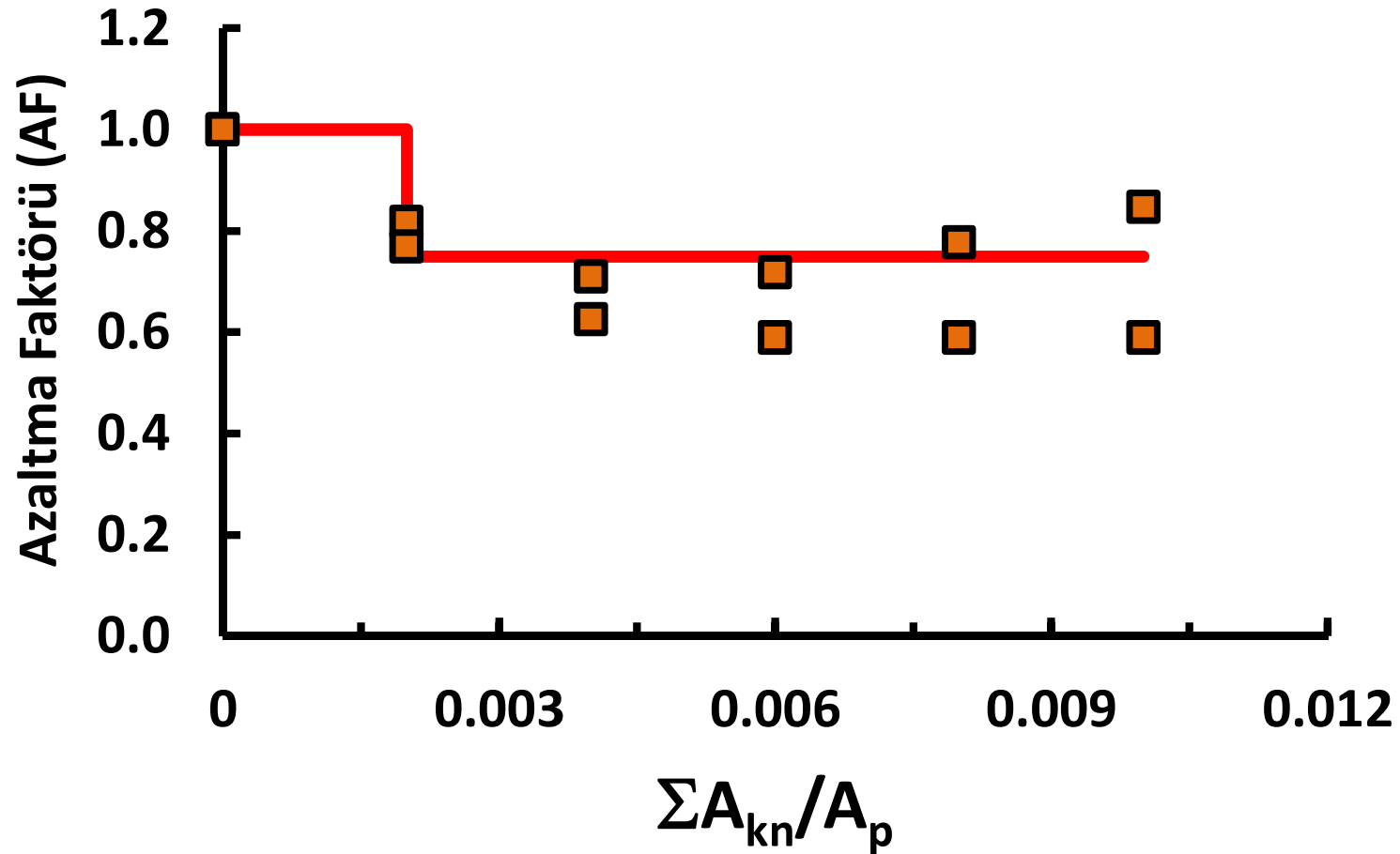
56 üç boyutlu gerçek bina modeli üzerinde gerçekleştirilen analizler neticesinde elde edilmiştir.



Dolgu Duvarlar

- Yakut (2004) tarafından önerilen K_d / K_ζ ve $T_{d\zeta} / T_\zeta$ tanımları kullanılarak ve yapı periyodunun spektrumun köşe periyodundan büyük ya da küçük olma durumu göz önüne alınarak çeşitli yapılar için “ A_f ” değerlerinin hesaplamak mümkündür.

Dolgu Duvarlarlı Yapılar için Önerilen Azaltma Faktörleri



Öneri

Deneyisel verilerden elde edilen kat öteleme oranı sınır değeri ($\sim \% 1.2$) rijitlik oranı (1.7) ile çarpılıp inelastik-elastik deplasman oranına (1.4) bölüldüğünde dolgu duvarsız binalar için kat öteleme oranı limiti $\%1.5$ olarak belirlenebilir.

Öneri: Dolgu Duvar Etkisi

Binanın kritik katında değerlendirmenin yapıldığı doğrultuda $\Sigma A_{kn}/A_p \geq 0.002 N$ ve en büyük kat öteleme oranı (δ/h) **0.015** den küçük ise hesaplanan elastik deprem kuvveti 0.75 katsayısı ile çarpılarak dolgu duvar etkisi dikkate alınabilir.

- ΣA_{kn} : Kritik katta değerlendirmenin yapıldığı doğrultudaki kapı ve pencere boşluk oranı %5'i geçmeyen ve köşegen uzunluğunun kalınlığına oranı 40'dan küçük olan dolgu duvarların kat planındaki toplam alanı
- A_p : Kritik katın plan alanı
- N : Kat sayısı

Son Söz

- Yönetmelik gerçekçi risk sınırı tespiti için aksenel yük miktarını önemli bir parametre olarak kabul etmiştir.
- Riskli eleman sınırları deneysel veri kullanılarak belirlenmiştir.
- Dolgu duvarların hesaba katılması için basit bir yöntem kullanılmıştır.