

RİSKLİ YAPILARIN TESPİT EDİLMESİNE İLİŞKİN ESASLAR

Az Katlı Betonarme Yapılar



**Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
Altyapı ve Kentsel Dönüşüm Hizmetleri
Genel Müdürlüğü**



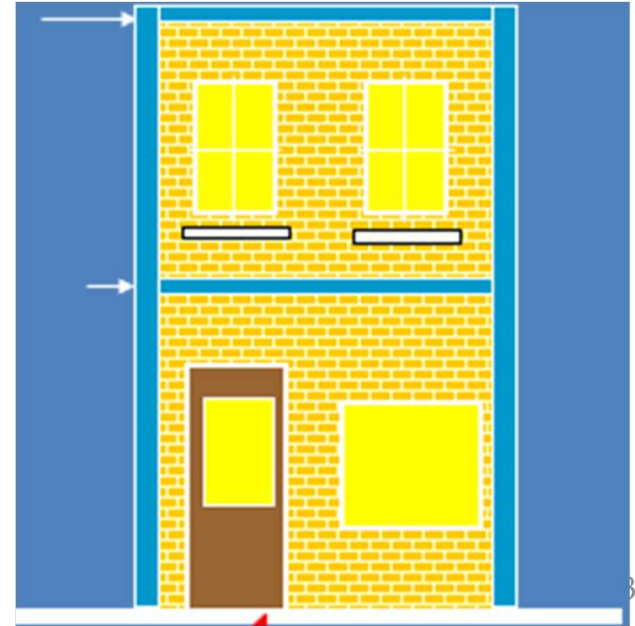
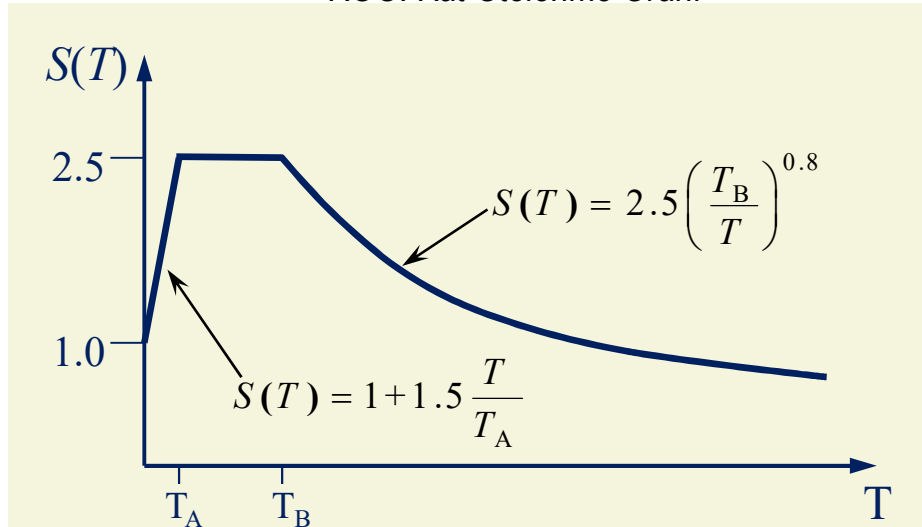
Özet

- Genel Yaklaşım
- Altyapı ve Açıklamalar
 - *Rölöve ve Bilgi Toplama*
 - *Modelleme*
 - *Hesap Yöntemi*
 - *Güçlendirme Elemanları*
 - *Risk Tespiti*
 - *Detaylı Eleman Hesap Yöntemi*

RYTEİE'e (2013) göre Risk Tespiti

- Elastik analiz ($R=1$, $G_n+Q\pm E$) deformasyon tabanlı riskli eleman tespiti yapılır.
- Kolon ve perde duvarların İKO değerleri ile her katta KÖO değerleri belirlenir.
- İKO ve KÖO değerleri sınır değerlerle karşılaştırılarak değerlendirme yapılır.
- Değerlendirme yapılan katta ortalama kolon aksenal yük oranına bağlı olarak kat kesme kuvveti sınırı belirlenir.
- Riskli tespit edilen elemanların taşıdığı kat kesme kuvveti oranı sınır değer ile karşılaştırılır.

İKO: İstem kapasite oranı
KÖO: Kat Ötelenme Oranı



Riskli Bina Hedef Performansı

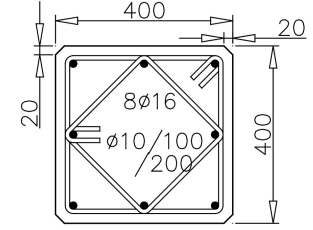
RYTEİE (2019) depremde ağır hasar görme veya göçme olasılığı yüksek olan binaları belirlemeyi hedeflemektedir.

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

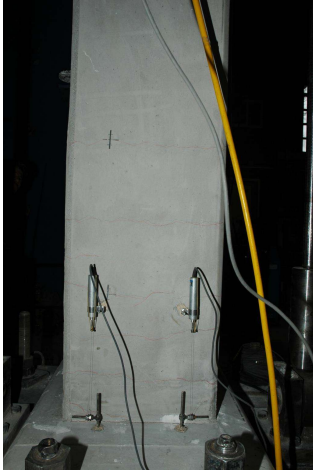
- Bir binanın göçme noktasının tam olarak belirlenmesi mümkün değildir.
- Can Güvenliği performans seviyesi hangi güvenlik payı ile seçim yapıldığına göre değişim gösterebilir.
- RYTEİE riskli bina performansını “gerçek” göçme noktasının gerisinde ve can güvenliği seviyesinin ilerisinde bir noktada tanımlamaktadır.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



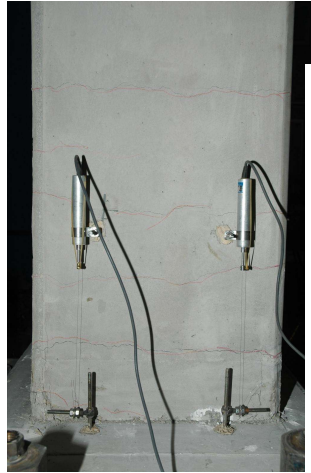
Ötelenme-Hasar-Göçme



1%



1.5%



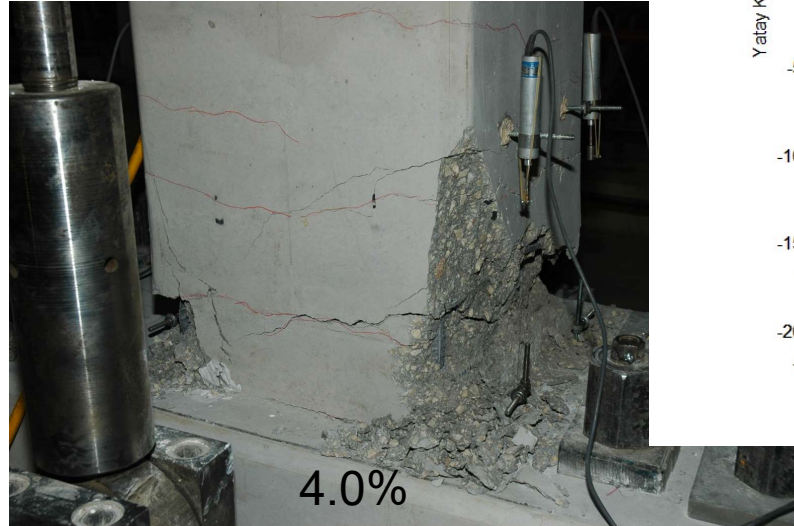
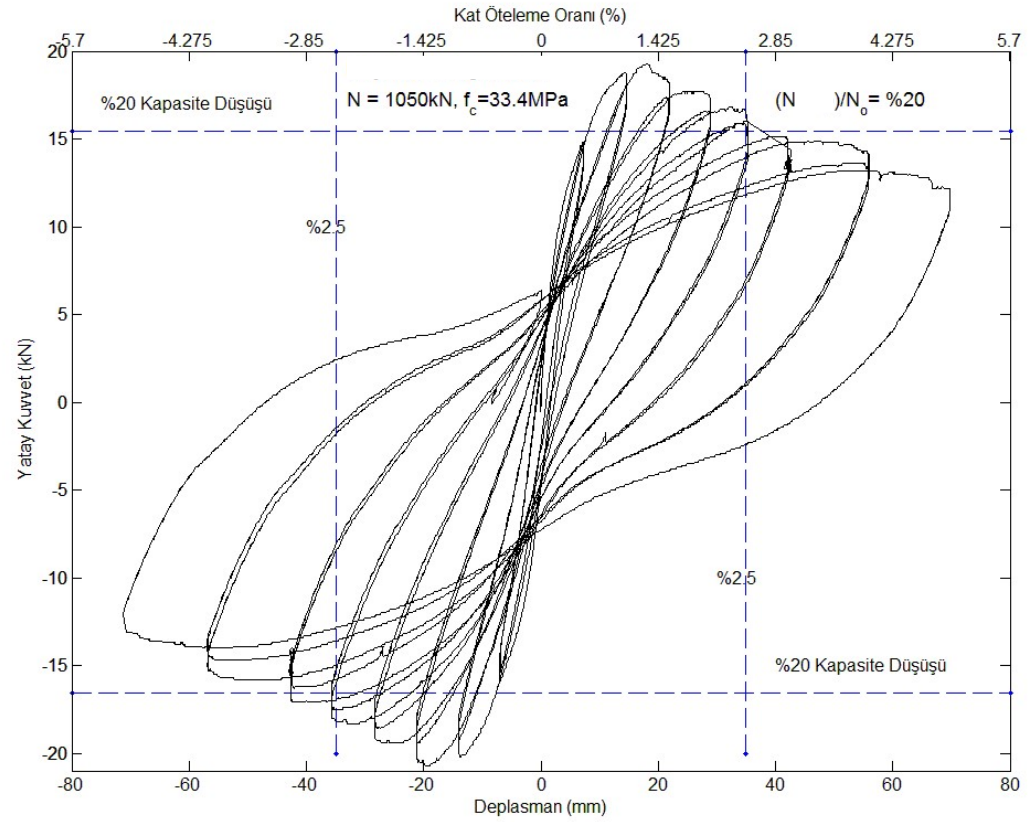
2.0%



2.5%

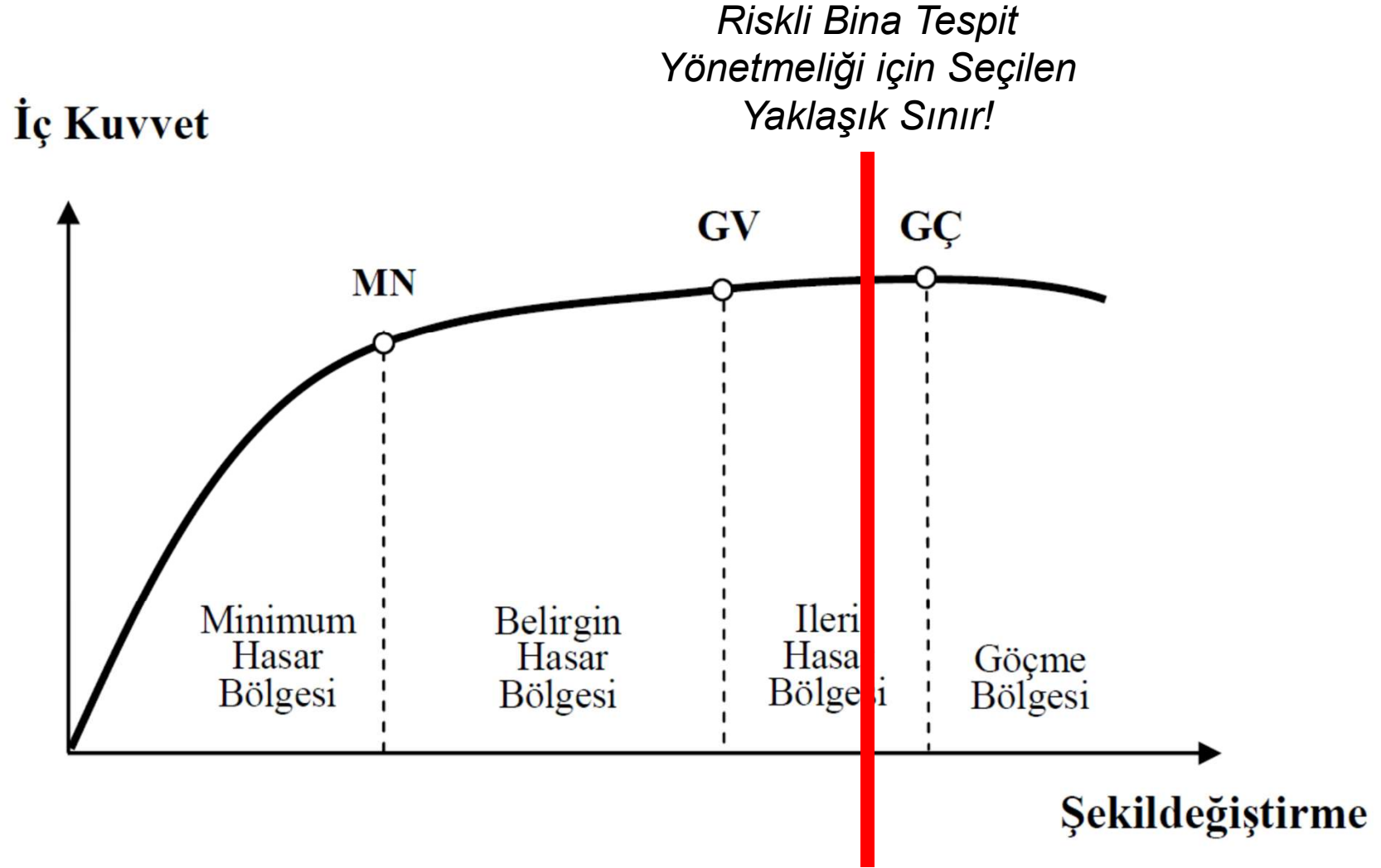


3.0%



- Göçme= Ötelenme + Eksenel Yük

Riskli Bina Hedef Performansı



Riskli Bina Kararı

- Göçme= Eksenel Yük + Kesme Kuvveti + Ötelenme
- 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'ten** 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...”

Perde ve kolon eksenel basınç gerilme ortalaması (=Perde ve kolon gerilmelerinin toplamı / Perde ve kolon sayısı)	Kat kesme kuvveti oranı sınır değerleri
$\geq 0.65 f_{cm}$	0
$0.1 f_{cm} \geq$	0.35

Rölöve ve Bilgi Toplama

İNCELEME KATI

RYTEİE
(2019)

- Bina taşıyıcı sistem özellikleri, inceleme katında ve tüm bodrum katlarda alınacak rölöveler ile belirlenecektir.
- İnceleme Katı, kat yüksekliği boyunca tüm cepheleri açıkta olan en alt bina katıdır.
- Taşıyıcı sistem düşey eleman (kolon veya perdelerin) süreksizliği bulunan veya düşey taşıyıcı elemanları kirişlerin veya guseli kolonların üzerine oturan katlardan da rölöve alınacaktır.

Rölöve ve Bilgi Toplama

DONATI TESPİTİ

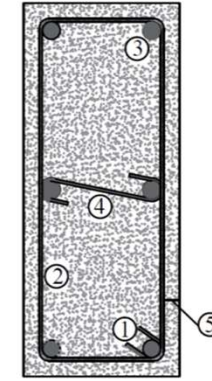
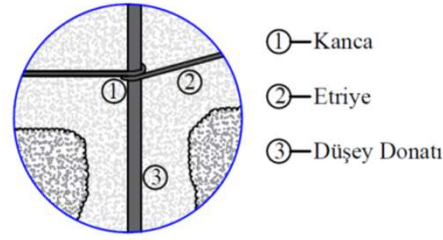
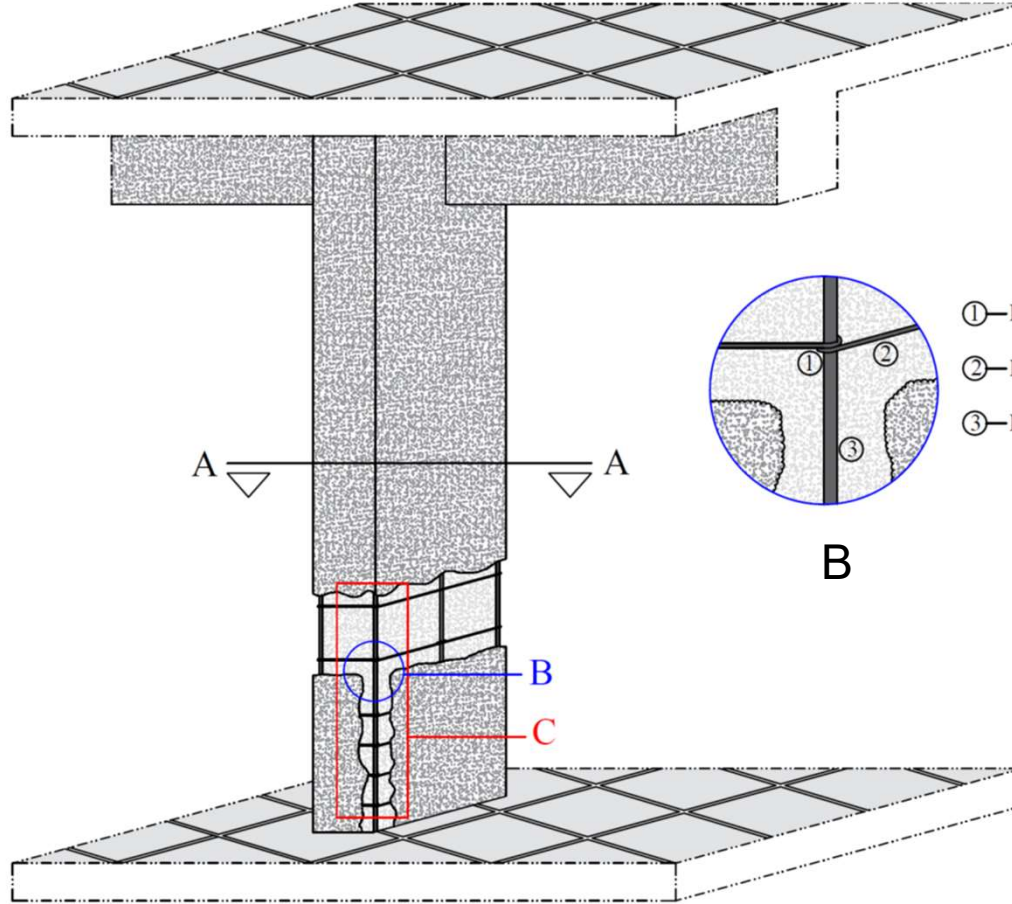


RYTEİE
(2019)

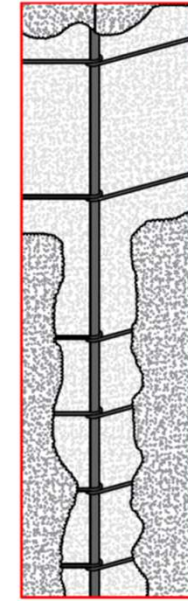


- Rölöve alınan tüm katlarda yapılacak.
- Her kat için toplam kolon/perde sayısının en az %20'sinde 6/2 adetten az olmamak üzere tespit
- Toplam kolon/perde sayısının 6/1'den az olması durumunda mevcut kolon/perde sayısı kadar tespit yapılacaktır. Bu işlem, tespit yapılan perde ve kolonların en az yarısında kabuk betonu sıyrılarak yapılacaktır.
- Sıyırma yapılmadan donatı tespiti yapılan elemanlarda donatı düzeni tahribatsız yöntemler kullanılarak belirlenecektir.
- Kabuk betonu sıyrılan perdelerde başlık bölgesinin bulunup bulunmadığı tespit edilecektir. Perdelerde boyuna donatı türü, çapı, yerleşimi, enine donatı türü, çapı, aralığı ve detayları belirlenecektir.
- Kolonlarda ise orta ve sarılma bölgelerinde enine donatı türü, çapı, kanca durumu, boyuna donatı yerleşimi, enine donatı aralıkları ve detayları belirlenecektir.
- Tespiti yapılan kolonlar ve perdelerden elde edilen donatı oranı ortalama değerleri rölöve alınan her kat için ayrı ayrı hesaplanacaktır. Donatı tespiti yapılmayan kolonlar ve perdelerde donatı oranları, incelenen kolonlar ve perdeler için ayrı ayrı hesaplanan ortalama değerler olarak alınacaktır.
- Donatı tespiti yapılmayan elemanlarda boyuna donatı yerleşimi, sıyırma işlemi ile tespit edilen düzene uyumlu olarak kolon ve perdelerde ayrı ayrı yapılacaktır.

Sıyırma İşlemi



A-A



C

- ①-Kanca
- ②-Etriye
- ③-Düşey Donatı
- ④-Çiroz
- ⑤-Pas payı

Kolon Orta Bölgesi

Kolon Sarılma Bölgesi

Rölöve ve Bilgi Toplama

DONATI TİPİ/KOROZYON

RYTEİE
(2019)

- Sıyırma işlemi neticesinde donatısında korozyon gözlenen elemanlar ve korozyon sebebi ile meydana gelen donatı çapındaki azalma miktarı belirlenecektir.
- Sıyırma işlemi ile belirlenen ortalama donatı çap azalma miktarı rölöve alınan her kat için ayrı ayrı hesaplanacaktır. Bu azaltma miktarları, rölöve alınan katlarda tüm elemanların kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.



Rölöve ve Bilgi Toplama

KİRİŞ DONATISI

RYTEİE
(2019)

Binanın kirişlerinde açıklıkta alt ve mesnetlerde üst donatı olarak, taşıyıcı sistem çözümünde TS500'de tanımlanan (1.4G+1.6Q) yüklemesinden hesap edilen donatının bulunduğu kabul edilebilir. Kiriş mesnet alt donatısı, üst mesnet donatısının 1/3'ü olarak kabul edilebilir. Kapsamlı bilgi düzeyi durumunda kirişlerde donatı mevcut projeden alınacaktır.

Rölöve ve Bilgi Toplama

KAROT SAYISI



RYTEİE
(2019)

- İnceleme katında mevcut beton dayanımını belirlemek için toplam kolon/perde sayısının herbirinin en az %20'sinde, kolonlarda 12 adet ve perdelerde de 6 adetten az olmamak üzere tahribatsız yöntemler kullanılacaktır.
- Toplam kolon sayısının 12'den az olması durumunda mevcut kolon sayısı kadar, toplam perde sayısının 6'dan az olması durumunda mevcut perde sayısı kadar tahribatsız inceleme yapılacaktır.
- En düşük değerlerin tespit edildiği kolonların ve perdelerin yarısından beton numunesi alınacaktır. Bu işlem kolonlar ve perdeler için ayrı ayrı yapılacaktır.
- Mevcut beton dayanımı, düzeltme sonrası elde edilen beton dayanımlarının ortalama değerinin %85'i olarak alınır.
- Güçlendirme beton dayanımı, güçlendirilmiş elemanlardan alınan beton numunelerden elde edilen ortalama beton dayanımının %85'i olarak alınacaktır.

Karot Düzeltme Faktörleri

B.1 Binalardan alınan beton numunelerin dayanımları (f_{karot}) tek eksenli basınç deneyleri ile belirlenecektir. Belirlenen dayanım değerleri her numune için ayrı ayrı Denklem B.1'e göre karot boy/çap oranı, karot çapı, karot nem muhtevası ve hasar durumuna göre Tablo B.1'de verilen faktörler ile çarpılarak düzeltilecektir. Tablo B.1'de karot çapı düzeltme faktörü ara değerler için doğrusal enterpolasyon ile hesaplanacaktır.

$$f_{kd} = F_{l/d} F_{\text{çap}} F_{nem} F_{hasar} f_{karot} \quad (B.1)$$

B.2 Betonarme elemanlarda sıyırma işlemlerinin nasıl yapılacağına dair bir örnek, Şekil B.1'de verilmiştir.

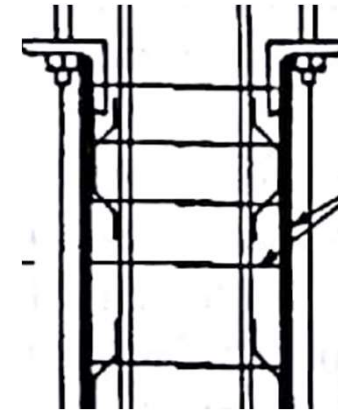
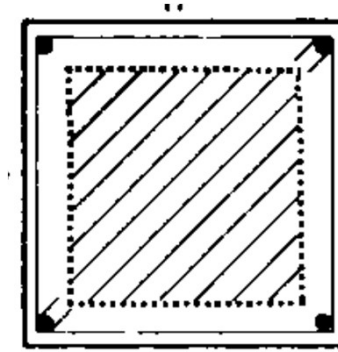
Tablo B.1 Dayanım Düzeltme Faktörleri

Faktör tanımı	Düzeltilme katsayısı
$F_{l/d}$ (Karot boy/çap oranı)	
Olduğu gibi	$1 - (0.130 - 4.3 \times 10^{-4} f_{karot})(2 - l/d)^2$
48 saat su içerisinde bekletilmiş	$1 - (0.117 - 4.3 \times 10^{-4} f_{karot})(2 - l/d)^2$
Havada kurutulmuş	$1 - (0.144 - 4.3 \times 10^{-4} f_{karot})(2 - l/d)^2$
$F_{\text{çap}}$ (Karot çapı)	
50 mm	1.06
100 mm	1.00
150 mm	0.98
F_{nem} (Karot nem muhtevası)	
Olduğu gibi	1.00
48 saat su içerisinde bekletilmiş	1.09
Havada kurutulmuş	0.96
F_{hasar} (Karot alma işleminde verilen hasar)	1.06

Güçlendirme Elemanlarında Bilgi Toplama

Betonarme Manto

- Tüm kenarları betonarme manto ile güçlendirilmiş kolonlar, mantolu kolon olarak dikkate alınacaktır.
- Bunun dışındaki durumlarda, manto ihmal edilerek mevcut betonarme eleman için rölöve işlemleri gerçekleştirilecektir.
- Betonarme mantolu kolonların manto kalınlığı, manto bölgesindeki boyuna donatı türü, çapı, düzeni ile enine donatı türü, çapı, aralığı ve kanca durumu belirlenecektir.
- Betonarme mantolu kolonlar içerisinde manto bölgesinde olmak üzere toplam mantolu kolon sayısının, 3 adetten az olmamak üzere, en az %10'unda beton numunesi alınacaktır.
- Mantolu kolon sayısının 3 adetten az olması durumunda tüm mantolu kolonlardan beton numunesi alınacaktır.



Güçlendirme Elemanlarında Bilgi Toplama

Çelik Manto

Çelik mantolu kolonların çelik manto kalınlığı ve akma dayanımı, çelik manto yerleştirme aralığı ve düzeni belirlenecektir.

Lifli Polimer Sargı

Lifli polimer sargılı kolonların lifli polimer kalınlığı ve kopma dayanımı, yerleştirme aralığı belirlenecektir.

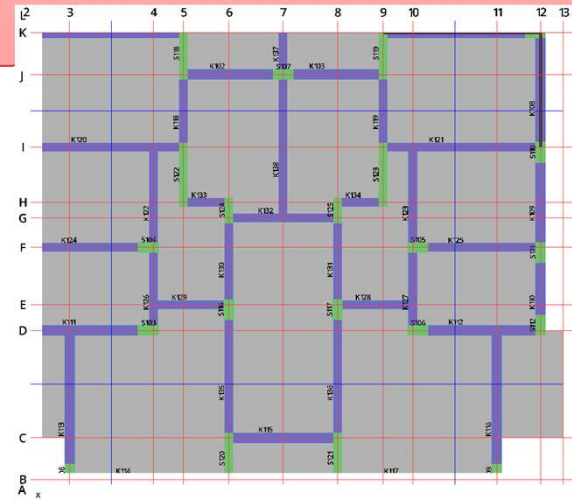
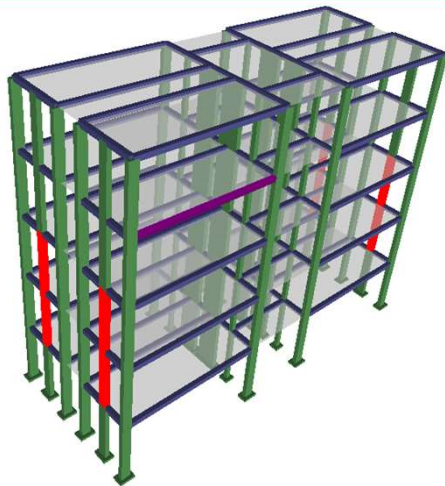


Bina Modellemesi

Modelleme Açıklamaları

RYTEİE
(2019)

- Yapının 3-Boyutlu analizi için sonlu elemanlar modeli hazırlanacaktır. Kirişler ve kolonlar çubuk elemanlar, perdeler ise çubuk veya kabuk sonlu elemanlar kullanılarak modellenenecektir.
- Perdelerin çubuk elemanlar ile modellemesi durumunda, her bir perde kolu orta kolon çubuk elemanı olarak tanımlanacaktır. Tanımlanan çubuk elemanlar, perde kolu sonlarına rijit çubuklar ile bağlanacaktır. Bu rijit çubukların burulma rijitliği ihmal edilecektir.
- Kolonlar ve perdeler temele ankastre mesnetlenecektir.
- Döşemelerden kiriş ve kolonlara yük aktarımı kabuk sonlu eleman modeli kullanılarak gerçekleştirilecektir.



Bina Modellemesi

Modelleme Açıklamaları

RYTEİE
(2019)

- Binanın taşıyıcı sistem modeli oluşturulurken rölövesi alınan tüm katlar ayrı ayrı modele yansıtılacaktır. Rölövesi alınmayan katlar, rölövesi alınan en üst katın tüm özelliklerinin, kat adedi ve kat yükseklikleri ile uyumlu olarak üst katlara çoğaltılması ile modele dâhil edilecektir. Bu çoğaltmada binada bulunan konsollar modelde göz önüne alınacaktır. Taşıyıcı sistem elemanlarının süreksizliğinin tespit edilmesi durumunda düzensizlik hesap modeline yansıtılacaktır.

Hesap Yöntemi

Analiz	
<u>RYTEİE</u> <u>(2013)</u>	<ul style="list-style-type: none">• Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi• Eşdeğer Deprem Yüğü ve Mod Birleştirme• Dolgu duvar etkisi dikkate alınabilir• X ve Y yönlerinde iki doğrultuda analiz• Risk değerlendirmesi kritik kat için yapılacaktır.
<u>RYTEİE</u> <u>(2019)</u>	<ul style="list-style-type: none">• Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi• <u>Sadece</u> Mod Birleştirme• Dolgu duvar etkisi dikkate <u>alınmayacak</u>• X ve Y yönlerinde iki doğrultuda analiz• Risk değerlendirmesi <u>her kat</u> için yapılacaktır.

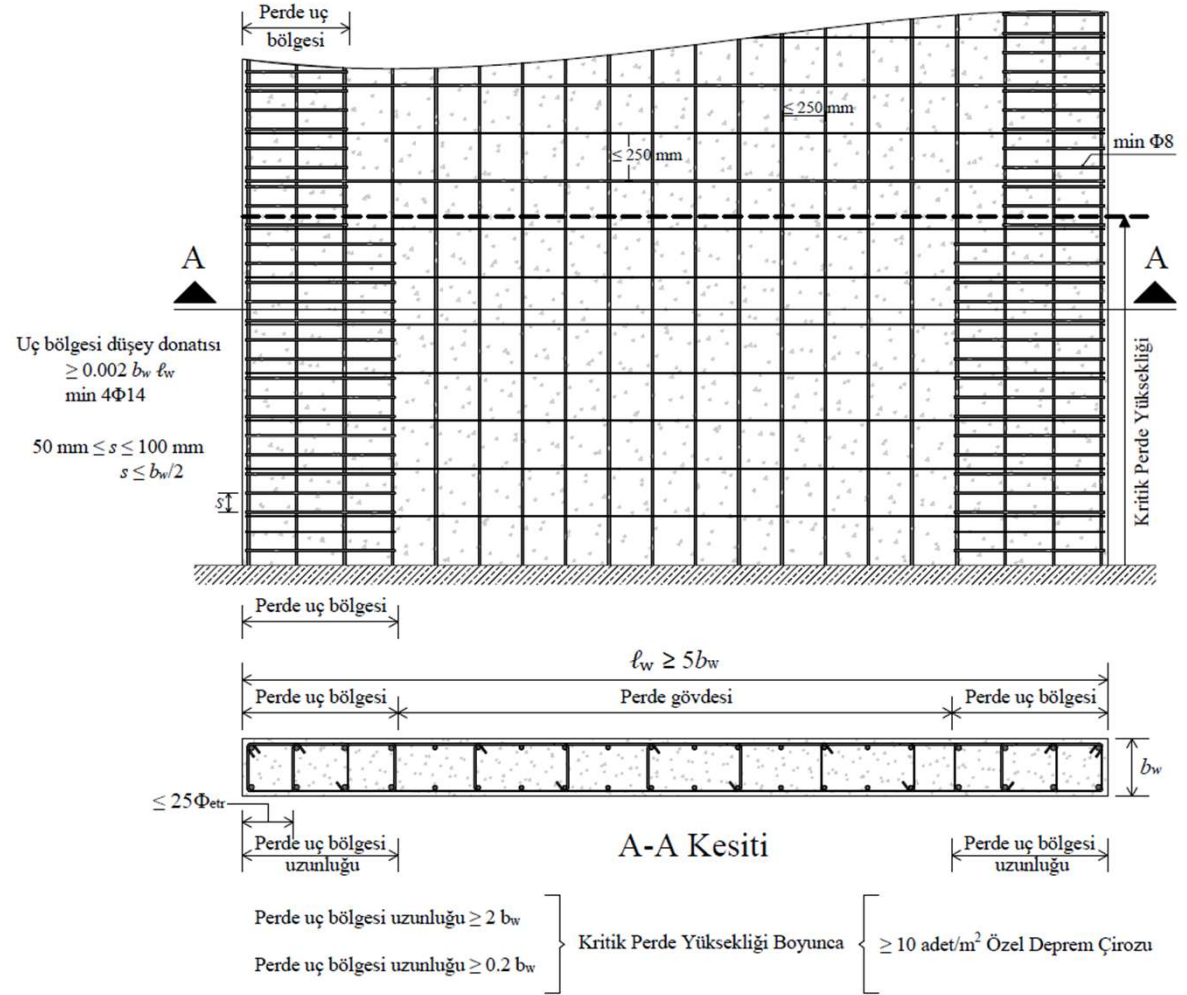
Perde Başlık Bölgesi Var Kabulü

- $H_w/\ell_w > 2.0$ olan perdelerin kritik perde yüksekliği boyunca kontrol yapılacaktır. Kritik perde yüksekliği perde toplam yüksekliğinin 1/6'sından veya perde boyundan kısa olmayacaktır.
- Perde başlık bölgeleri kritik perde yüksekliği boyunca devam edecek ve her birinin plandaki uzunluğu, perdenin plandaki toplam uzunluğunun %20'sinden ve perde kalınlığının iki katından daha az olmayacaktır (Şekil E.2). Perde başlık bölgelerindeki perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/15'inden ve 200 mm'den az olmayacaktır.

Perde Başlık Bölgesi Var Kabulü

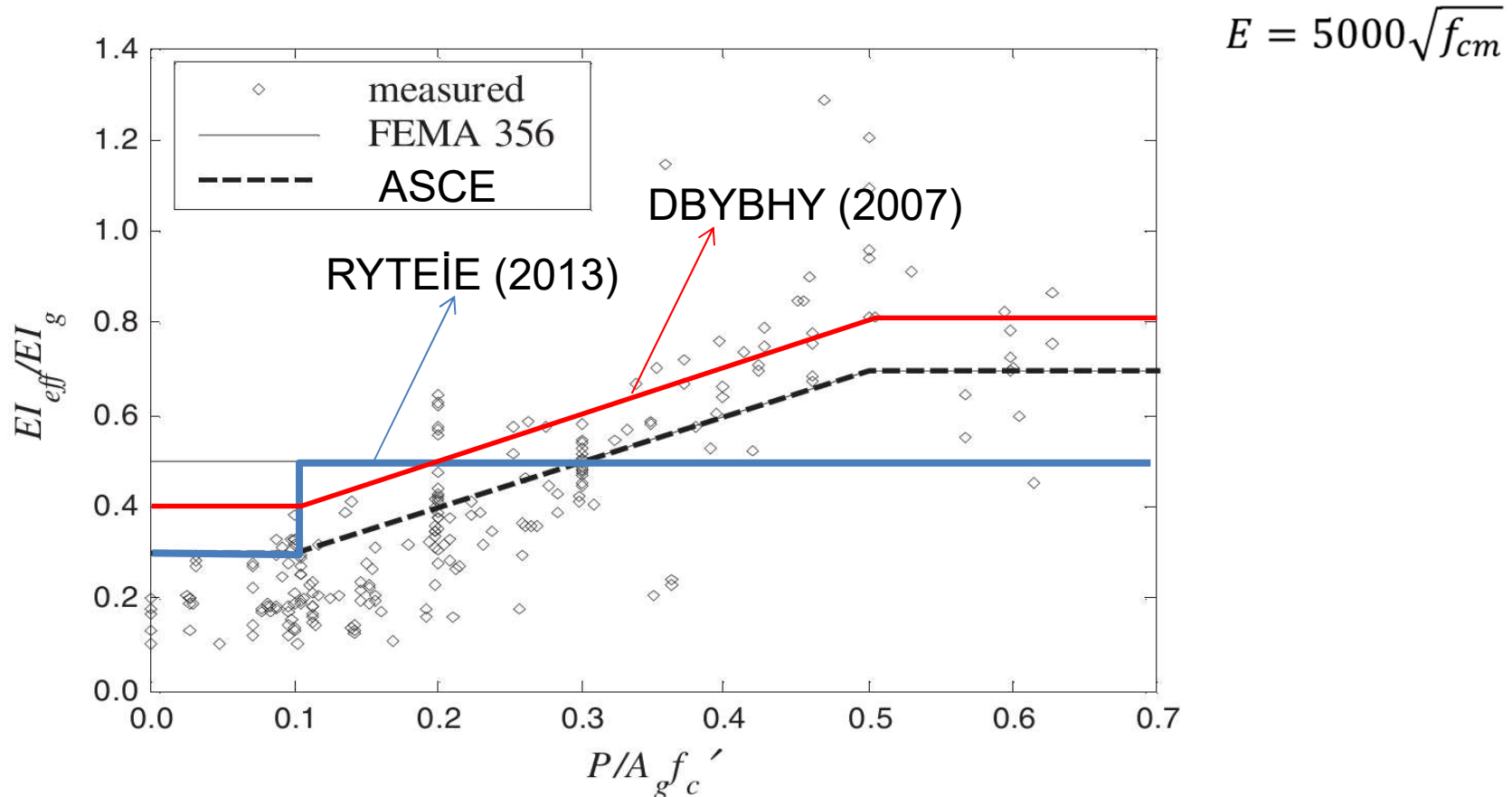
Düşey doğrultuda etriye ve/veya çiroz aralığı perde kalınlığının yarısından ve 100 mm'den daha fazla, 50 mm'den daha az olmayacaktır.

$$\frac{A_{sh}}{sb_k} \geq 0.075 f_{cm} / f_{ywm}$$

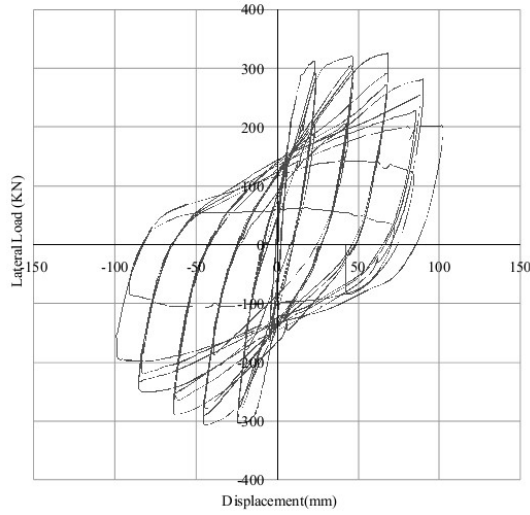
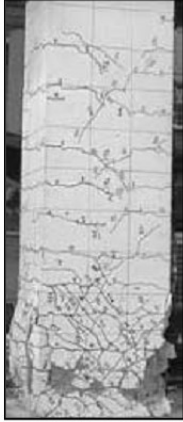


RYTEİE'e (2013) göre Rijitlik

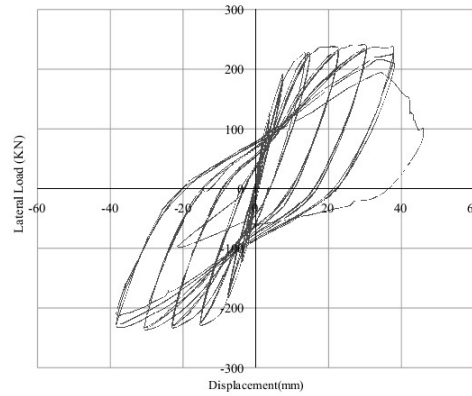
- Elastik (Eş değer deprem yükü veya mod birleştirme) analizi
- Basitleştirilmiş eğilme rijitlikleri: $EI_{\text{kolon}} = 0.5EI$, $EI_{\text{kiriş,perde}} = 0.3EI$



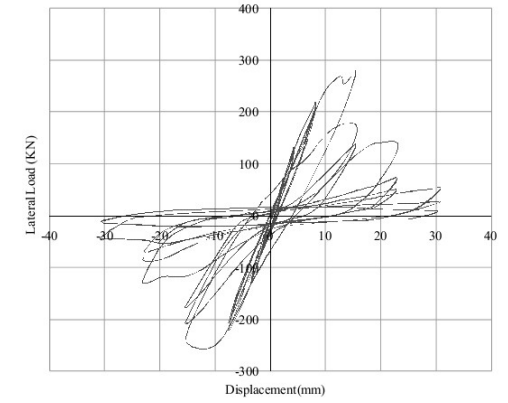
Eleman Risk Sınırları: Kolonlar



Eğilme Göçmesi



**Kesme-Eğilme
Göçmesi**



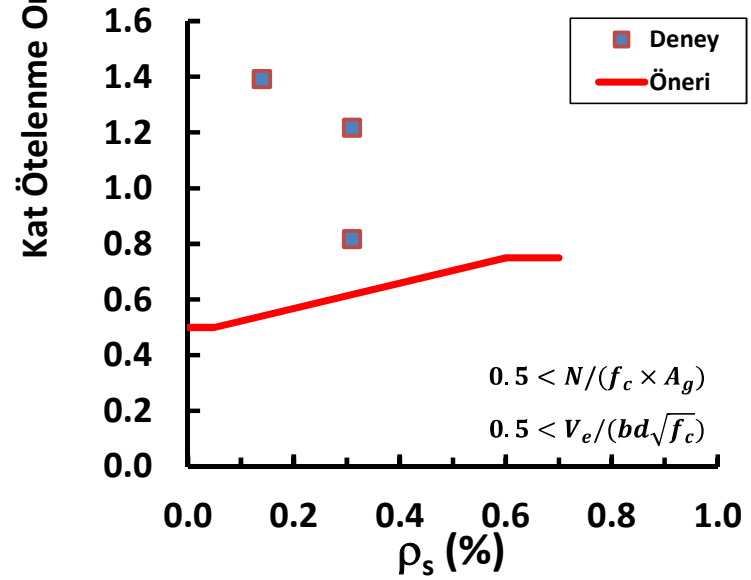
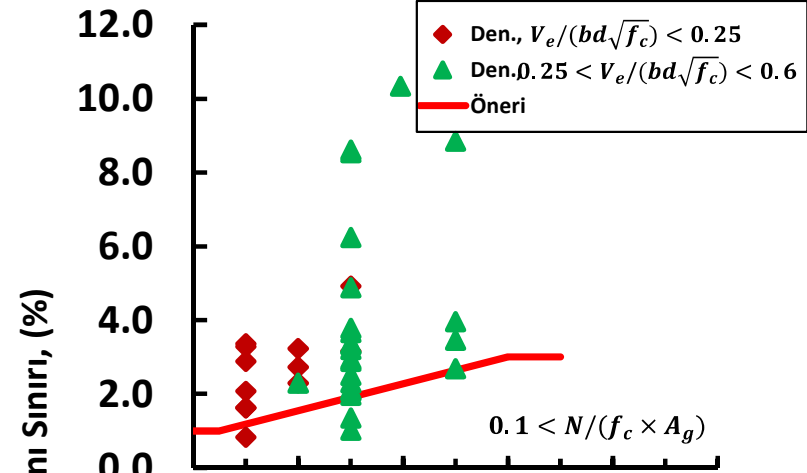
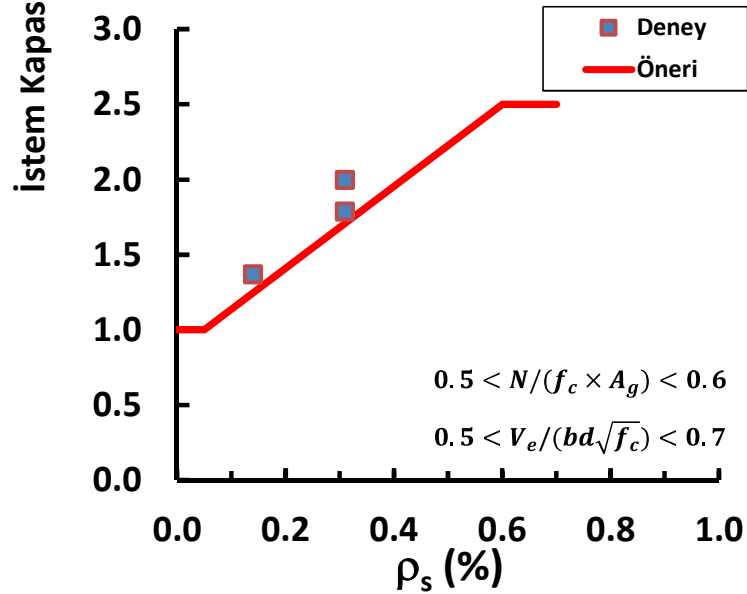
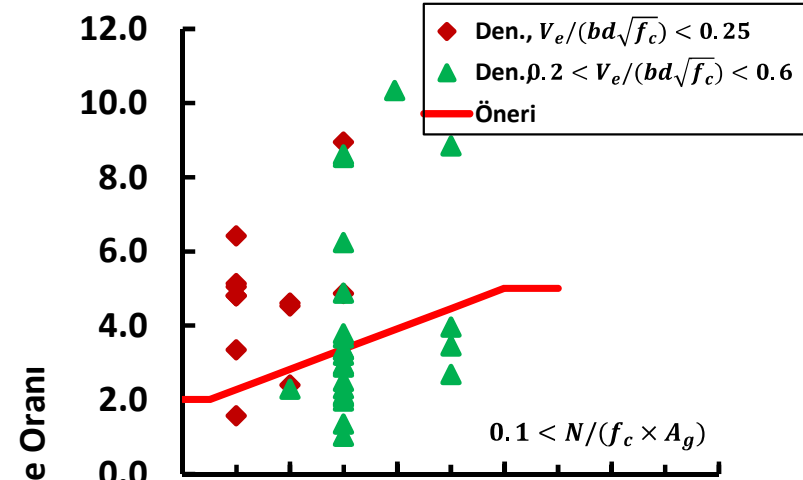
Kesme Göçmesi

Kolon Sınıflandırması

$\frac{V_e}{V_r}$	Aralığı $s \leq 100$ mm olan, her iki ucunda 135° kancalı etriyesi bulunan ve toplam enine donatı alanı $A_{sh} \geq 0.06sb_k(f_{cm}/f_{ywm})$ denklemini sağlayan kolonlar	Diğer durumlar
$V_e/V_r \leq 0.7$	A	B
$0.7 < V_e/V_r \leq 1.1$	B	B
$1.1 < V_e/V_r$	B	C

- Kolon sınıflandırması sonrasında eleman İKO ve KÖO sınır değerlerinin belirlenmesi gereklidir.
- İKO sınır değerleri eleman sünekliğinden, KÖO sınır değerleri ise eleman deformasyon kapasitesinden belirlenir.
- Bu amaçla deneysel veri tabanı oluşturulmuş ve elde edilen değerler belli katsayılarla çarpılarak elastik analiz için sınır değerlere dönüştürülmüştür.

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: $1.4 > V_e / (b_w d f_{ctm}) > 0.7$, $\rho_s = A_{sh}/sbk$

A/B/C Grubu Kolonlar için Sınır Değerler

A grubu kolonlar

$N_K / (f_{cm} A_c)$	$m_{sınır}$	$(\delta/h)_{sınır}$
≤ 0.1	5.0	0.035
≥ 0.6	2.5	0.0125

B grubu kolonlar

$N_K / (f_{cm} A_c)$	$A_{sh} / (s b_k)$	$m_{sınır}$	$(\delta/h)_{sınır}$
≤ 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

C grubu kolonlar

$m_{sınır}$	$(\delta/h)_{sınır}$
1.0	0.005

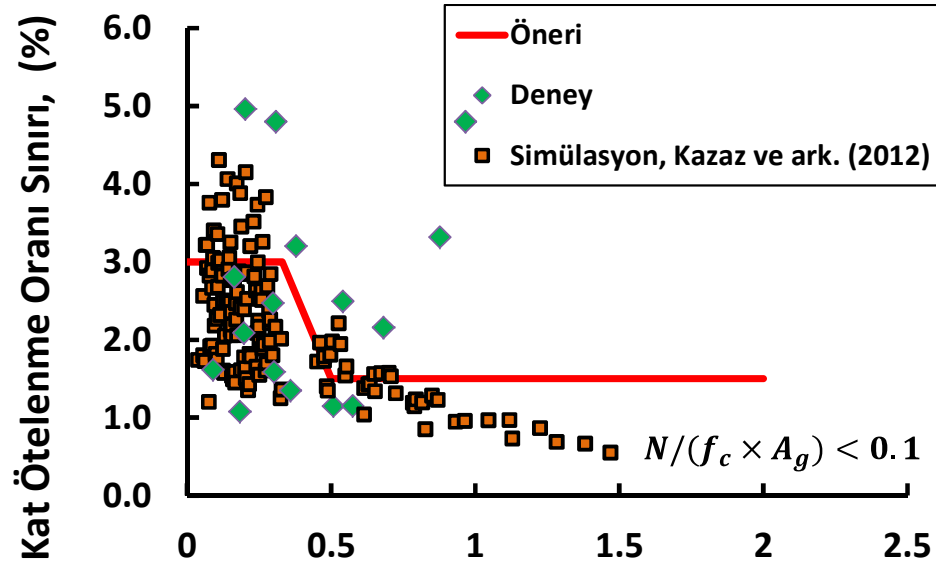
Perde Sınıflandırması

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

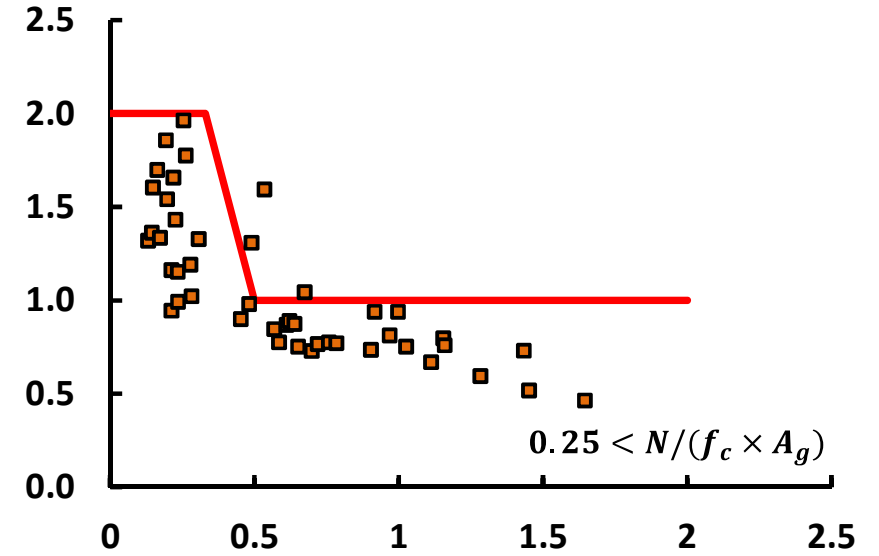
- Bu tabloda H_w/ℓ_w oranı ile V_e/V_r 'nin beraber dikkate alınması ile sünek ve yarı sünek perde ayrımı yapılmaktadır.
- A-Grubu duvarların eğilme kırılması, B-Grubu duvarların kesme-eğilme kırılması sergileyeceği düşünülmektedir.

Kat Ötelenme Oranı Sınırları

A Grubu



B Grubu



$$V_e/(bd\sqrt{f_c})$$

b, d : Deney elemanı genişlik ve etkin derinliği
 f_c : Deney elemanı beton basınç dayanımı

A/B Grubu Perdeler için Sınır Değerler

A grubu perdeler

$N_K / (f_{cm} A_c)$	$V_e / (b_w d f_{ctm})$	Başlık Bölgesi	$m_{sınır}$	$(\delta/h)_{sınır}$
<0.1	≤ 0.9	Var	6.0	0.0300
		Yok	4.0	0.0150
	≥ 1.3	Var	3.5	0.0150
		Yok	2.0	0.0075
>0.25	≤ 0.9	Var	3.5	0.0200
		Yok	2.0	0.0100
	≥ 1.3	Var	2.0	0.0100
		Yok	1.5	0.0050

B grubu perdeler

$V_e / (b_w d f_{ctm})$	$m_{sınır}$	$(\delta/h)_{sınır}$
≤ 0.9	4.0	0.0200
≥ 1.3	2.0	0.0100

Güçlendirilmiş Kolonlarda Sınır Değerler

A ve B Grubu güçlendirilmiş kolonlar: (δ/h) ve m değerleri, betonarme mevcut kolonlar için verilen sınır değerlerinin 0.75 ile çarpılması sonucu elde edilen değerler ile kıyaslanacaktır.

C grubu güçlendirilmiş kolonlar: Betonarme kolonlar ile aynı alınacak.

Nasıl Belirlendi?

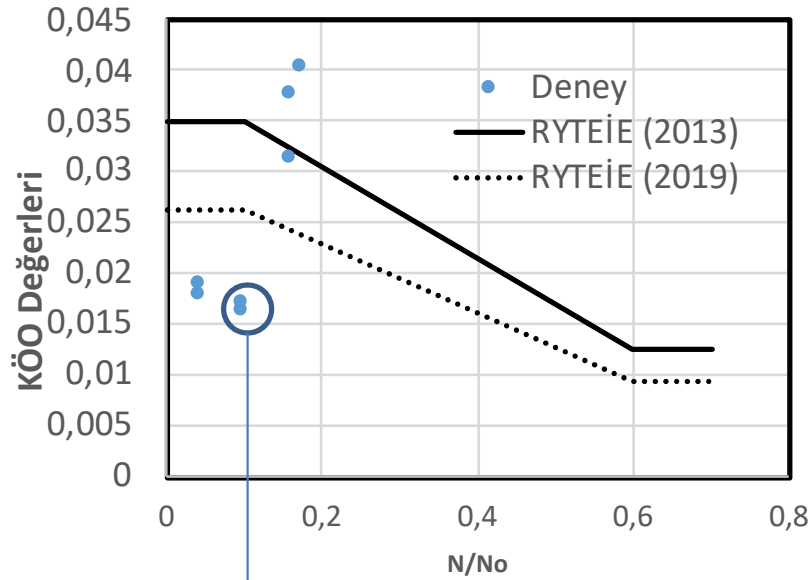
1- Veri tabanı derlenmesi

- Betonarme Manto
- Çelik Manto
- Lifli Polimer Sargı

2- RYTEİE (2013) sınır değerlerinin incelenmesi

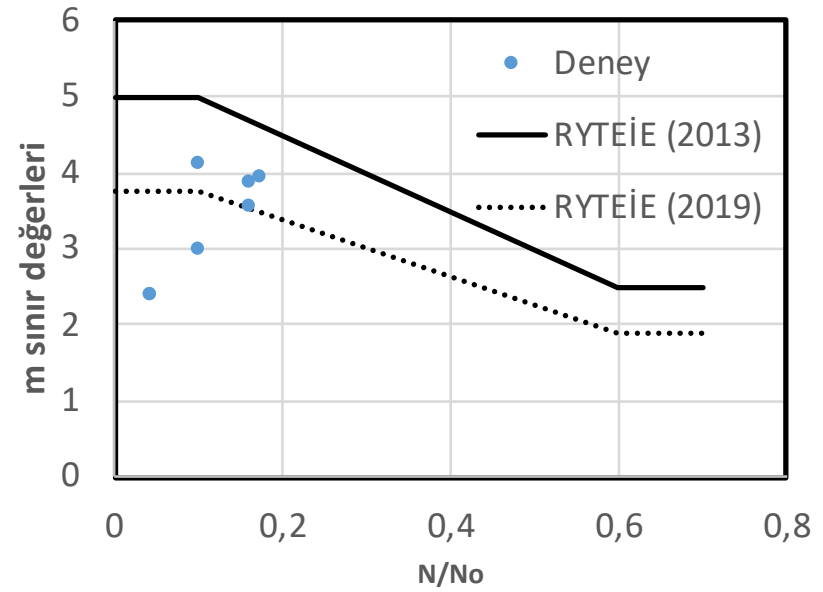
3- Güvenli öneri geliştirilmesi

Güçlendirilmiş Kolonlarda Sınır Değerler

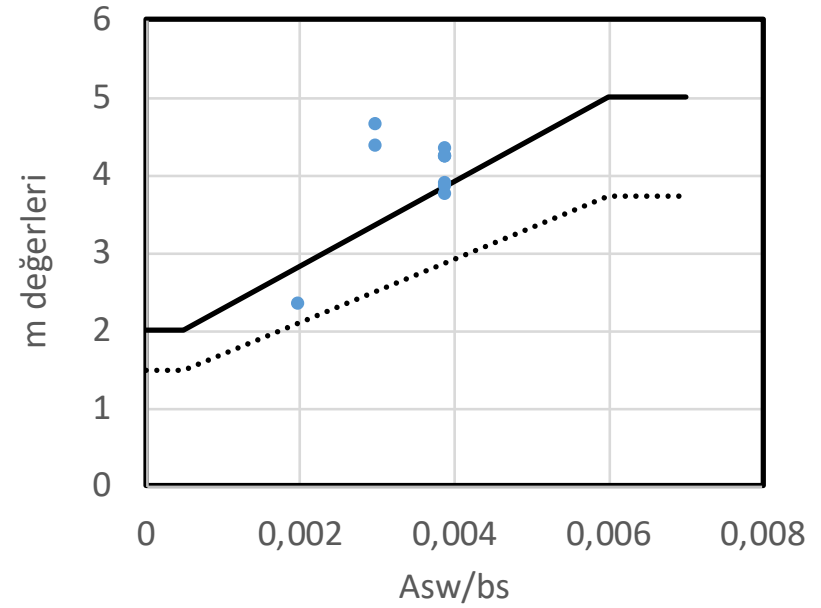
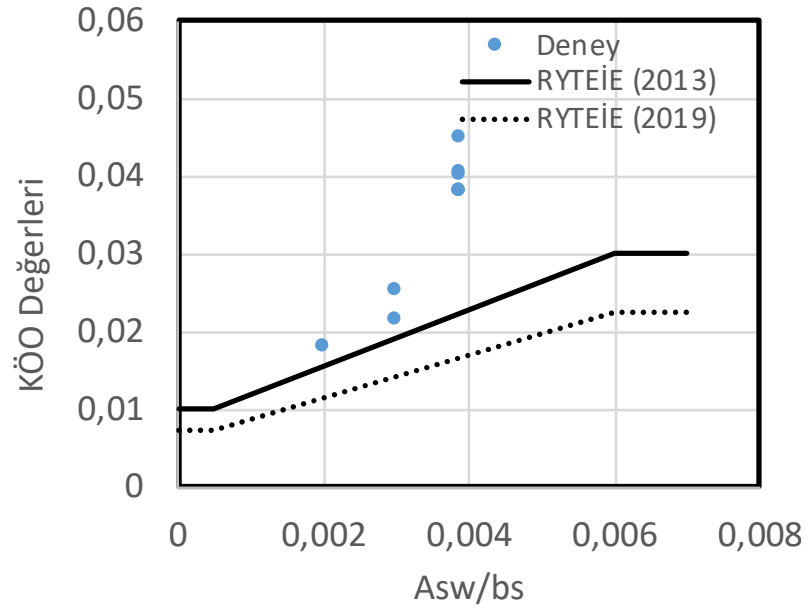


Deney erken bitirilmiş!

A Grubu – Betonarme Manto

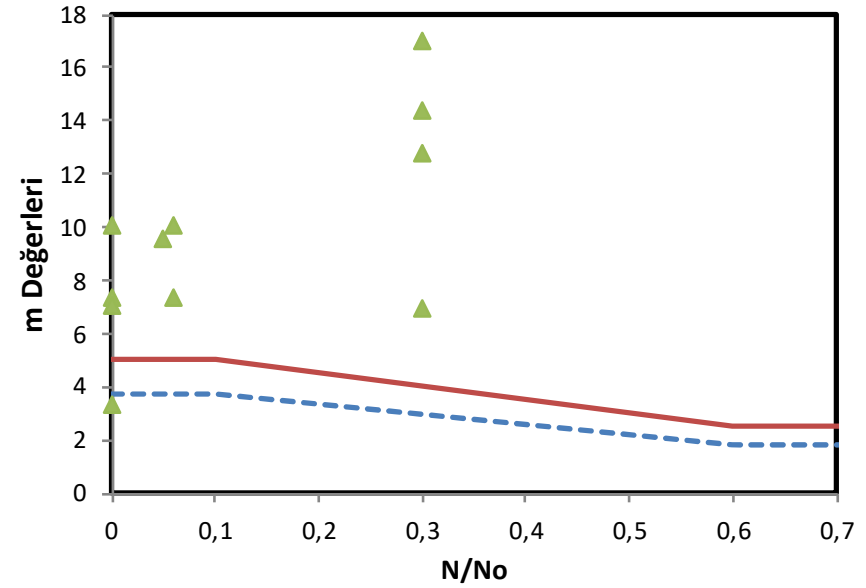
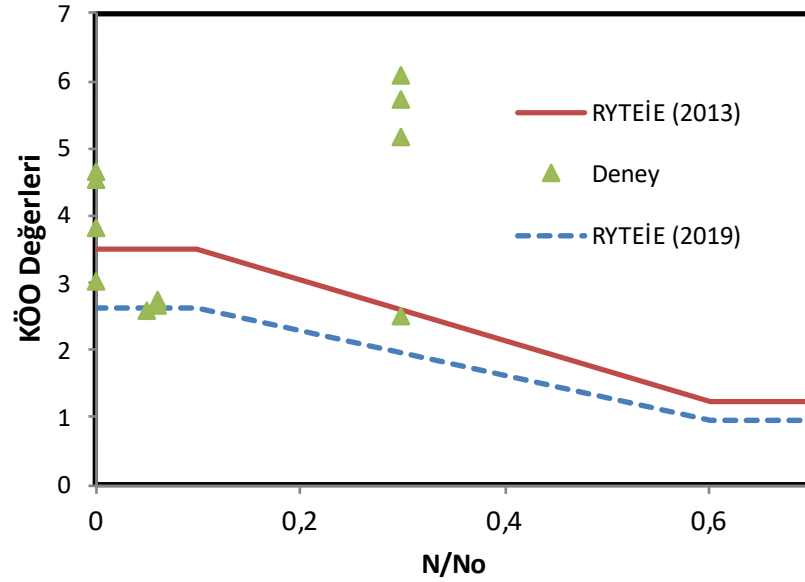


Güçlendirilmiş Kolonlarda Sınır Değerler



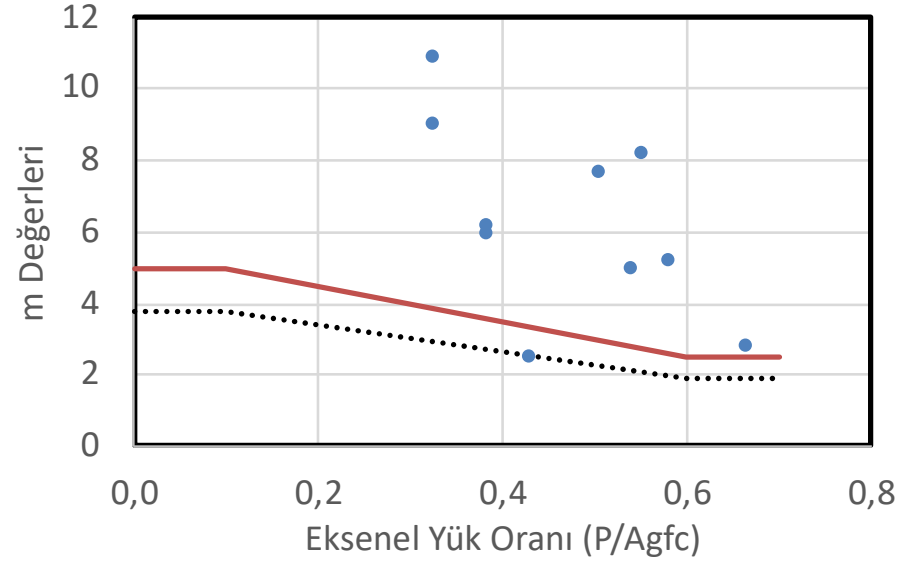
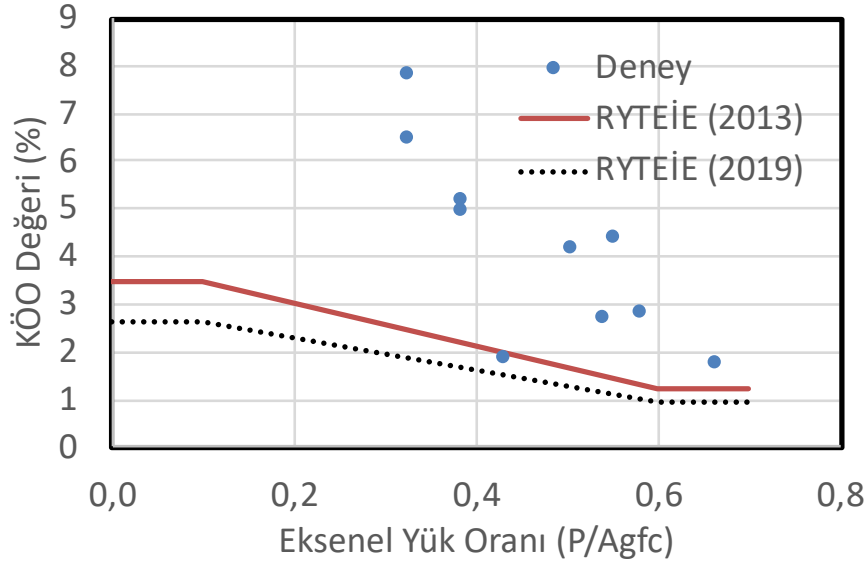
B Grubu – Betonarme Manto

Güçlendirilmiş Kolonlarda Sınır Değerler



A Grubu – Çelik Manto

Güçlendirilmiş Kolonlarda Sınır Değerler



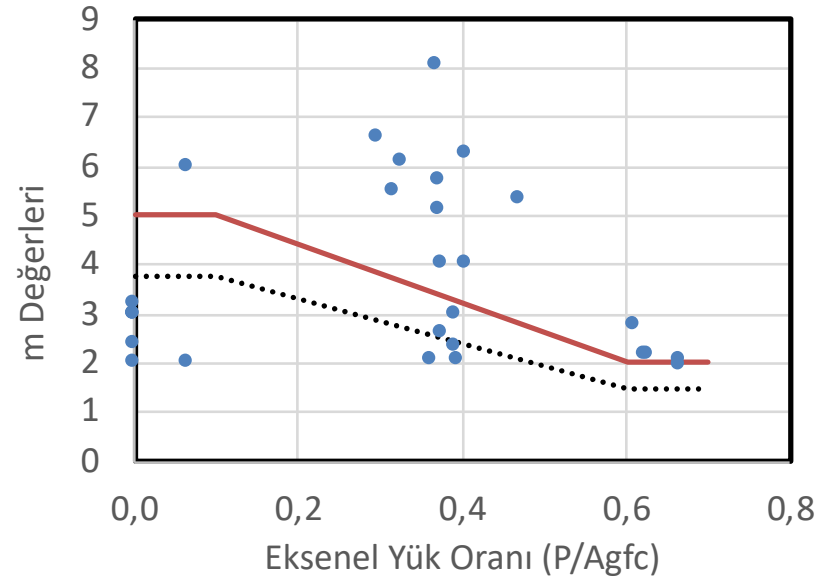
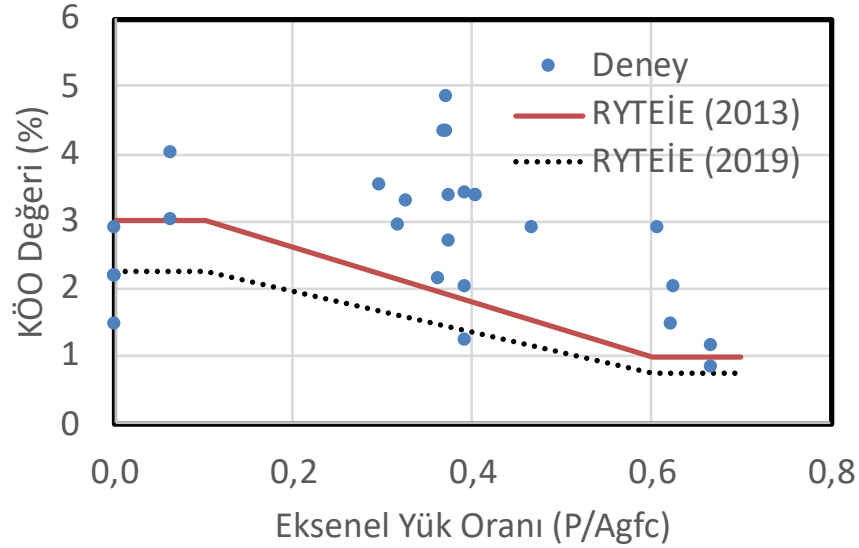
A Grubu – Lifli Polimer Sargı

P: Eksenel yük

Ag: Deney elemanı kesit alanı

fc: Deney elemanı beton basınç dayanımı

Güçlendirilmiş Kolonlarda Sınır Değerler



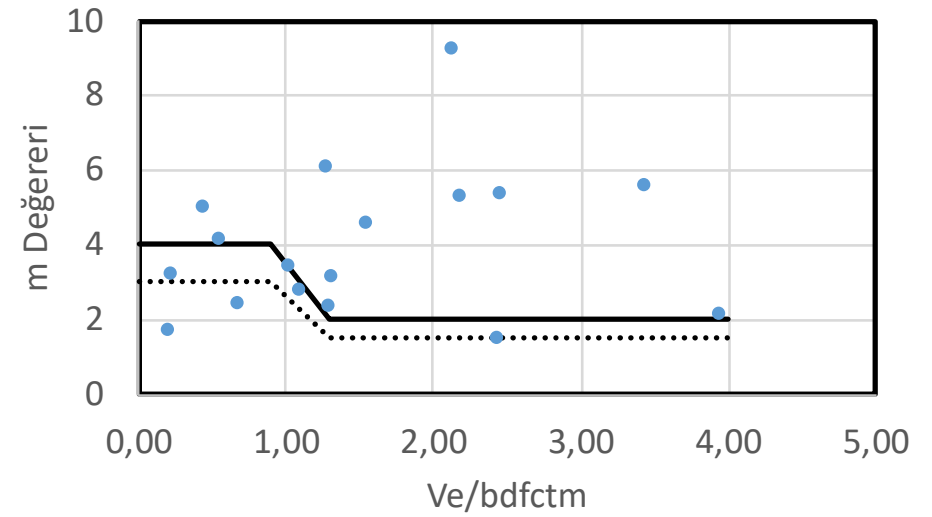
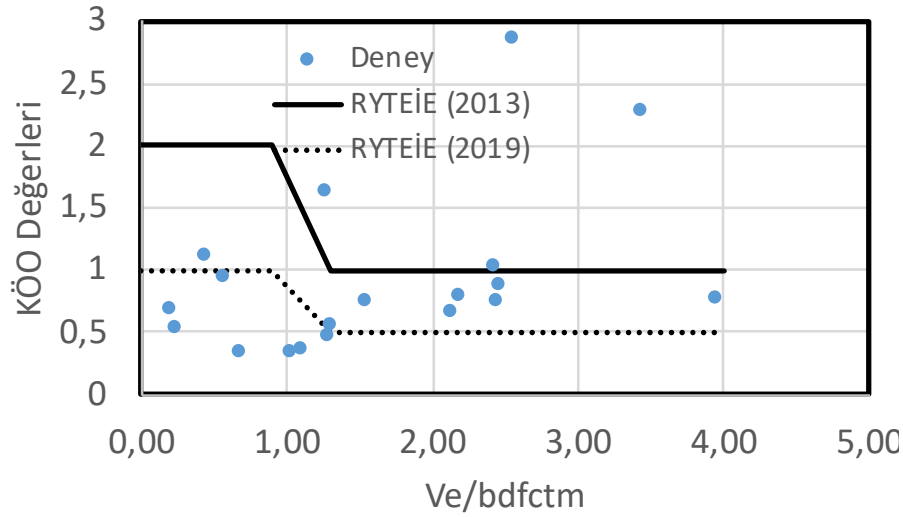
B Grubu – Lifli Polimer Sargı

P: Eksenel yük
Ag: Deney elemanı kesit alanı
fc: Deney elemanı beton basınç dayanımı

Güçlendirme Perdelerinde Sınır Değerler

- İncelenen katlardaki güçlendirme perdelerinin kat ötelenme oranları (δ/h) ve m değerleri, bu perdelerin A grubu olarak belirlenmesi durumunda Tablo'da verilen sınır değerler ile kıyaslanacaktır.
- B grubu olarak sınıflandırılan güçlendirme perdelerinin, başlık bölgesi ve donatı detaylarının uygun olması durumunda risk sınır değerleri Tablo'daki değerlere göre hesaplanacaktır.
- Diğer B grubu güçlendirme perdeleri için sınır değerler 0.5 ile çarpılması ile elde edilen değerler kullanılacaktır.

Güçlendirilme Perdelerinde Sınır Değerler



Güçlendirme Perdeleri (Başlık Yok)

V_e : Deney elemanında göçme anındaki kesme kuvveti

b, d : Deney elemanı genişlik ve etkin derinliği

f_{ctm} : Deney elemanı beton çekme dayanımı

Eleman Moment Kapasitesi

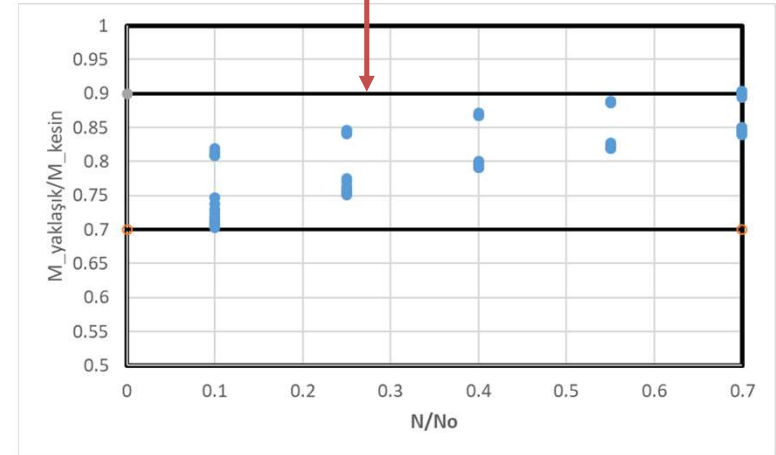
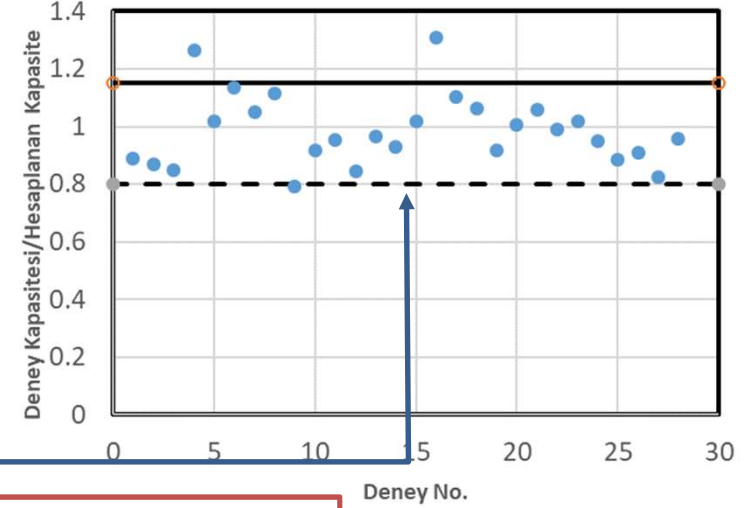
Betonarme elemanların moment kapasiteleri TS 500'de verilen kurallar kullanılarak, mevcut malzeme dayanımları ve bilgi düzeyi katsayısı dikkate alınarak hesaplanacaktır. Güçlendirilmiş elemanların moment kapasiteleri ilave olarak RYTEİE 2019'da verilen kurallar ile hesaplanacaktır.

- Betonarme manto
- Çelik manto
- Lifli Polimer

Eleman Moment Kapasitesi

Betonarme mantolu kolonlar:

- Mevcut kolon donatıları ihmal edilecek,
- Manto bölgesinde tespiti yapılan donatılar hesaplarda dikkate alınacak,
- Mantolu kolon beton dayanımı manto dayanımına eşit alınacak Mantolu kolon moment kapasitesi 0.9 ($\approx 0.8/0.9$) ile çarpılacak,
- Kesme kapasitesi hesabında ise, mantolu kolon kesiti ve manto bölgesinde tespiti yapılan enine donatı özellikleri kullanılacak,
- Mantolu kolonların V_e değeri hesabında kullanılan kolon plastik momentleri, sadece mantoda bulunan boyuna donatı kullanılarak hesaplanacak ve 1.6 ile çarpılarak kullanılacaktır.



Eleman Moment Kapasitesi

Çelik mantolu kolonlar:

- Betonarme kesit dikkate alınacak
- Çelik mantonun eğilme kapasitesine etkisi ihmal edilecek,
- Çelik mantonun kesme kapasitesine katkısı aşağıdaki denklem ile hesaplanacaktır.

Lifli polimer ile plastik mafsal bölgeleri sargılanmış kolonlar:

- Lifli polimer ihmal edilerek eğilme kapasitesi hesaplanacak,
- Lifli polimerin kesme kapasitesine katkısı aşağıdaki denklem ile hesaplanacaktır.

$$V_{manto} = \frac{2t_{manto}w_{manto}h_{manto}}{S_{manto}} f_{manto}$$

Bu denklemde f_{manto} değeri çelik manto için akma dayanımı olarak, lifli polimer için ise 0.004 birim şekil değiştirmeye karşılık gelen çekme dayanımı olarak alınacaktır.

Hesap Yöntemi

- Ölü ve azaltılmış hareketli yükler altında statik analiz
- Özdeğer probleminin çözümü (tüm durumlarda)
 - Doğal titreşim periyodu
 - Yüksek mod periyodları
 - Mod şekilleri
 - Kütle katılım oranları
 - Modlar ile uyumlu etkin statik yatay yükler
 - Mod Birleştirme (SRSS, CQC)
 - **Sonucun yönü analiz yönünde kütle katılım oranı en yüksek olan modun şekli alınır**

RYTEİE 2013 ve RYTEİE (2019) için aynı adımlar kullanılmaktadır. RYTEİE (2019)' da açık bir şekilde uygulama adımları verilmiştir.

Kolon Risk Tespiti

Girdi: Kolon boyut ve donatılar
Tüm yük kombinasyonlarında iç kuvvetler

Çıktı: Eleman Risk Durumu

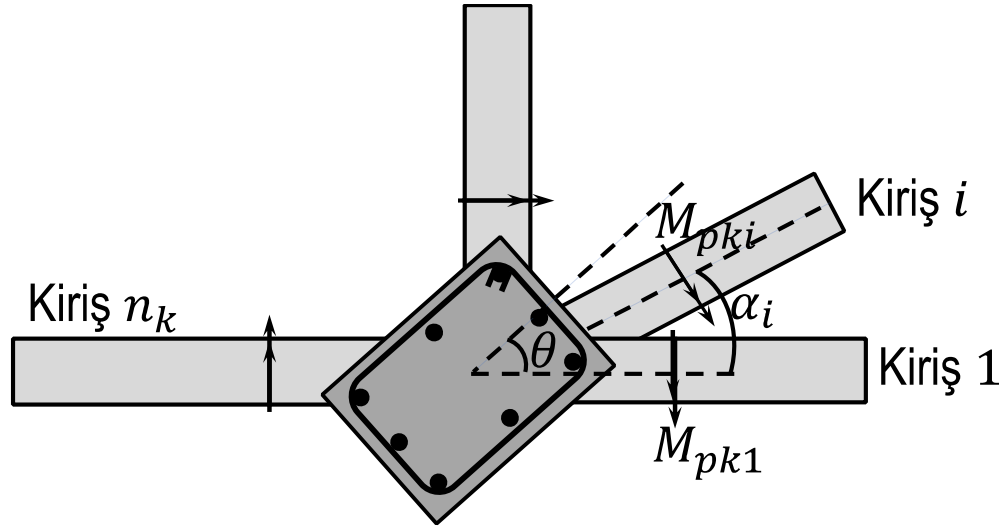
Yöntem

- Deprem Kesme Kuvveti-Kesme Kapasitesi Oranı Hesabı (V_e/V_r)
- Eğilme, Eğilme-Kesme, Kesme durumuna göre Sınıflandırma (A/B/C)
- Etki Kapasite Oranı Hesabı (m)
- Sınır Değerler (m_{SINIR} , $(\delta/h)_{\text{SINIR}}$)
- Riskli Eleman Tespiti

Kolon Risk Tespiti

En Genel Durum: İki Eksenli Eğilme ve Kesme Etkileri Altında Döndürülmüş Kolonun Risk Tespitinin Yapılması durumudur.

V_e : Kolona gelmesi muhtemel azami kesme kuvveti:

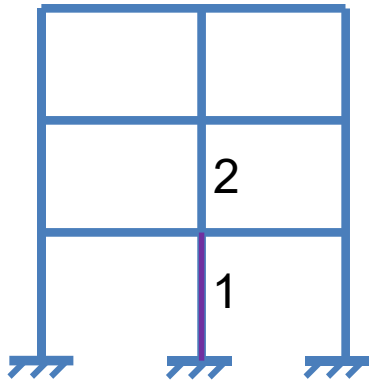


Durum 1- E/2 analizi sonuçları ile hesap ($G+nQ\pm E/2$)

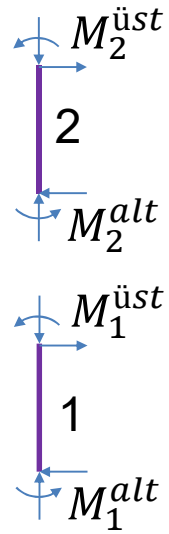
Durum 2- Mafsallaşma Durumuna göre:

- Kolonların mafsallaşması (KoM)
- Kirişlerin mafsallaşması (KiM)
- Mafsallaşma Tespiti

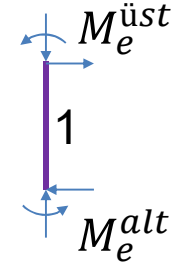
Kolon Risk Tespiti (Basitleştirilmiş 2 Boyut)



E Analizi Sonuçları



G+nQ+E Analizi Sonuçları

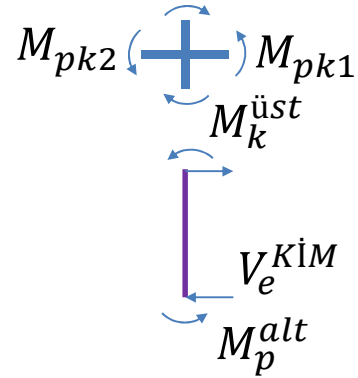
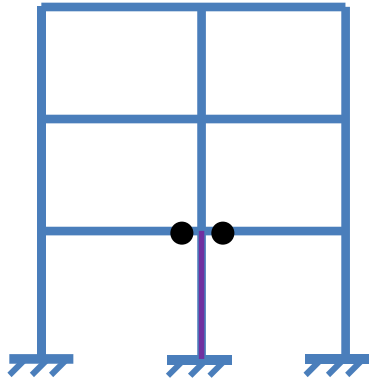


Durum 1- E/2 analizi sonuçları ile hesap ($G+nQ \pm E/2$)

Kolon Kesme Kuvveti Üst Sınırı: $V_e^{G+nQ+} / 2$

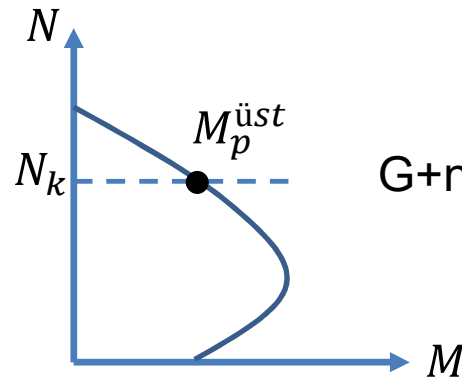
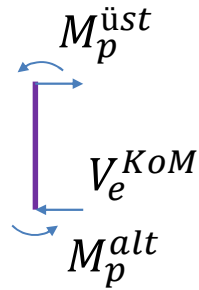
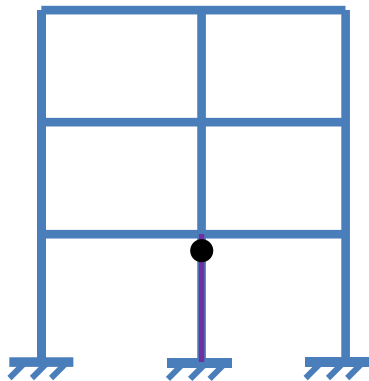
Kolon Risk Tespiti (KiM/KoM)

Durum 2.a- Kiriş Mafsallaşması



$$M_k^{üst} = (M_{pk1} + M_{pk2}) \frac{M_1^{üst}}{M_1^{üst} + M_2^{alt}}$$

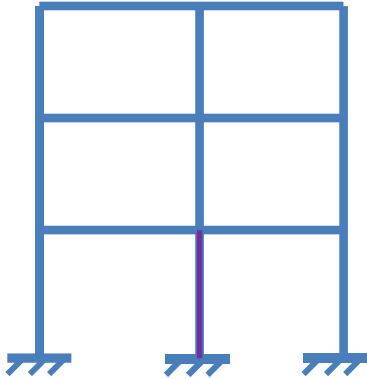
Durum 2.b KOLON Mafsallaşması



G+nQ+E/6 analizi

Kolon Risk Tespiti (KiM/KoM)

Durum 2.c V_e Hesabı



$M_k^{üst} < M_p^{üst}$ ise KiM

$$V_e^{mafsal} = V_e^{KiM} = \frac{M_k^{üst} + M_p^{alt}}{L}$$

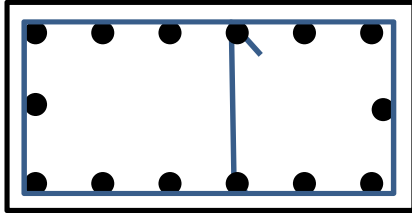
$M_k^{üst} \geq M_p^{üst}$ ise KoM

$$V_e^{mafsal} = V_e^{KoM} = \frac{M_p^{üst} + M_p^{alt}}{L}$$

$$V_e = \text{Min} (V_e^{mafsal}, V_e^{G+nQ+ / 2})$$

Kolon Risk Tespiti (KiM/KoM)

Kolon Sınıflandırma, Sınır Değerler: (→ Analiz Yönü)



$$V_r = V_c + V_s = 0.5f_{ctm}\zeta b d + A_{sw} f_{ym} \frac{d}{s}$$

$$\zeta = 1 + 0.07N_k/A_c \text{ (Basınç)}$$

TS-500

$$\zeta = 1 - 0.3N_k/A_c \text{ (Çekme)}$$

$$\frac{V_e}{V_r}, \frac{A_{sh} f_{yw} m}{s b_k f_{cm}} \rightarrow \text{Kolon Sınıfı A, B, C}$$

$$m = \frac{M_{G+nQ+E}}{M_p}, \left(\frac{\delta}{h}\right): \text{Analiz}$$

$$\frac{N_k}{f_{cm} A_c}, \frac{A_{sh}}{s b_k} \rightarrow m_{sınır} \text{ ve } \left(\frac{\delta}{h}\right)_{sınır}$$

Kolon Risk Tespiti: $m_{sınır} < m$ ve $\left(\frac{\delta}{h}\right)_{sınır} < \left(\frac{\delta}{h}\right)$ **RİSKLİ**

Perde Risk Tespiti

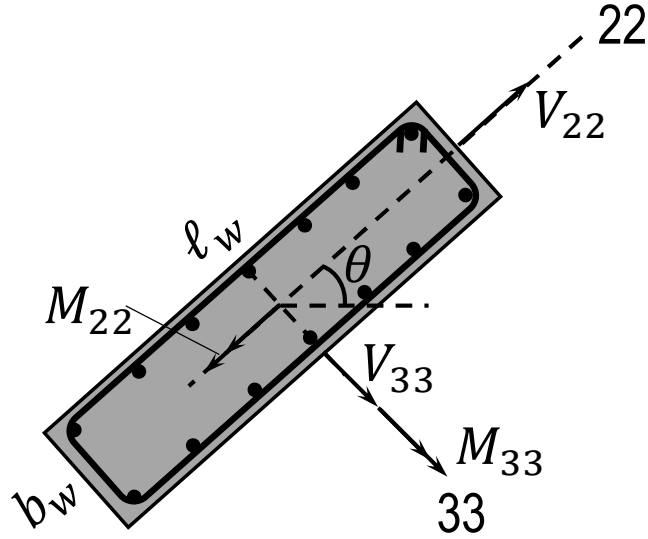
Girdi: Perde boyut ve donatılar
Tüm yük kombinasyonlarında iç kuvvetler

Çıktı: Eleman Risk Durumu

Yöntem

- Deprem Kesme Kuvveti-Kesme Kapasitesi Oranı Hesabı (V_e/V_r)
- Eğilme, Kesme durumuna göre Sınıflandırma (A/B)
- Etki Kapasite Oranı Hesabı (m)
- Sınır Değerler (m_{SINIR} , $(\delta/h)_{\text{SINIR}}$)
- Riskli Eleman Tespiti

Perde Risk Tespiti



X-Y düzlemine göre döndürülmüş perde için risk tespiti yapılması en genel durumu teşkil etmektedir.

Durum 1: R=2 analiz sonuçları ile hesap

Durum 2: Perde tabanında mafsallaşma

Durum 1: R=2 Hesabı

G+nQ+E/2 Yük Birleşimi sonuçları kullanılarak V_e/V_r değeri hesaplanır.

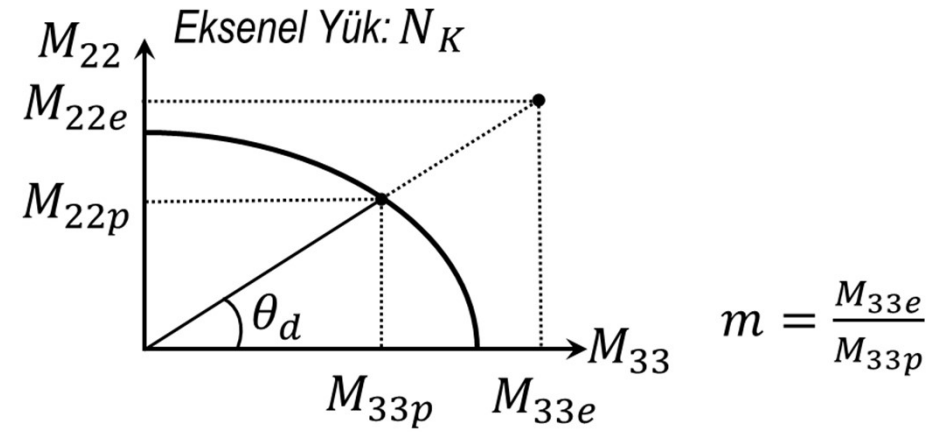
Adımlar:

- 1- Perde tabanına etki eden kesme kuvveti bileşenleri (V_{22e}, V_{33e}) analiz sonuçlarından elde edilir.
- 2- Perde kesme kapasitesi bileşenleri (V_{22r}, V_{33r}) hesaplanır.
- 3- V_e/V_r değeri aşağıdaki şekilde elde edilecektir.

$$\frac{V_e}{V_r} = \frac{\sqrt{(V_{22e})^2 + (V_{33e})^2}}{\sqrt{(V_{22r})^2 + (V_{33r})^2}}$$

Durum 2: Perde Alt Uç Mafsallaşması

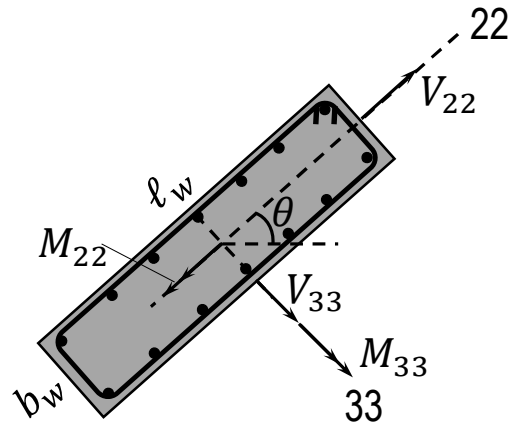
- Perde alt ucu için eksenel yük bul ($G+nQ+E/6$)
- $G+nQ+E$ analizinden (M_{22e}, M_{33e}) ve (V_{22e}, V_{33e}) bul
- 3B Etkileşim diyagramının N_k kesitinde alt ve üst uç kapasiteleri belirle
- Hesaplanan kapasitelere göre m değerini bul
- (V_{22e}, V_{33e}) kesme kuvvetini m değerine bölerek deprem kesme kuvvetini hesapla



$$\frac{V_e}{V_r} = \frac{\sqrt{V_{22e}^2 + V_{33e}^2}}{\sqrt{V_{22r}^2 + V_{33r}^2}}$$

V_r Hesabı (Kolonlara Benzer)

V_e doğrultusunda V_r hesabı:

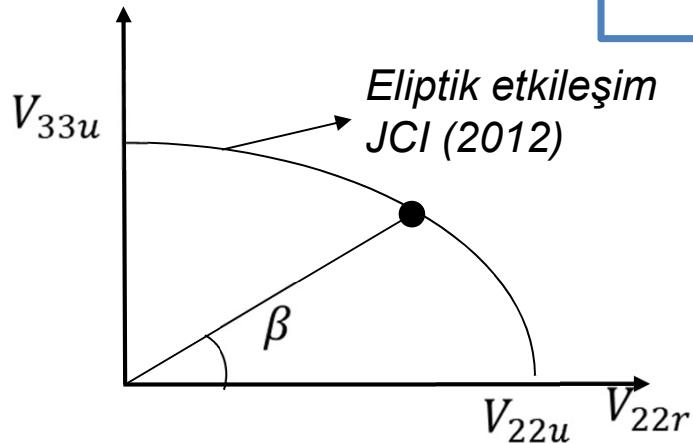


$$\left(\frac{V_{33r}}{V_{33u}}\right)^2 + \left(\frac{V_{22r}}{V_{22u}}\right)^2 = 1$$

$$V_{22u} = 0.65 f_{ctm} b_w (\ell_w - c_c) + A_{s22} f_{ywm} \frac{(\ell_w - c_c)}{s_{22}} \leq 0.22 f_{cm} b_w \ell_w$$

$$V_{33u} = 0.65 f_{ctm} \ell_w (b_w - c_c) + A_{s33} f_{ywm} \frac{(b_w - c_c)}{s_{33}} \leq 0.22 f_{cm} b_w \ell_w$$

$$f_{ctm} = 0.35 \sqrt{f_{cm}}$$



$$V_r = V_{22u} V_{33u} \sqrt{\frac{(V_{22e})^2 + (V_{33e})^2}{(V_{33u} V_{22e})^2 + (V_{33e} V_{22u})^2}}$$

Perde Sınıflandırması

R=2 Analizi

$$V_{22e}^1, V_{33e}^1$$

$$V_e^1 = \sqrt{(V_{33e}^1)^2 + (V_{22e}^1)^2}$$

$$V_{22r}^1, V_{33r}^1$$

$$V_r^1 = \sqrt{(V_{33r}^1)^2 + (V_{22r}^1)^2}$$

$$V_e^1 / V_r^1$$

Perde alt uç mafsallaşma

$$V_{22e}^2, V_{33e}^2$$

$$V_e^2 = \sqrt{(V_{33e}^2)^2 + (V_{22e}^2)^2}$$

$$V_{22r}^2, V_{33r}^2$$

$$V_r^2 = \sqrt{(V_{33r}^2)^2 + (V_{22r}^2)^2}$$

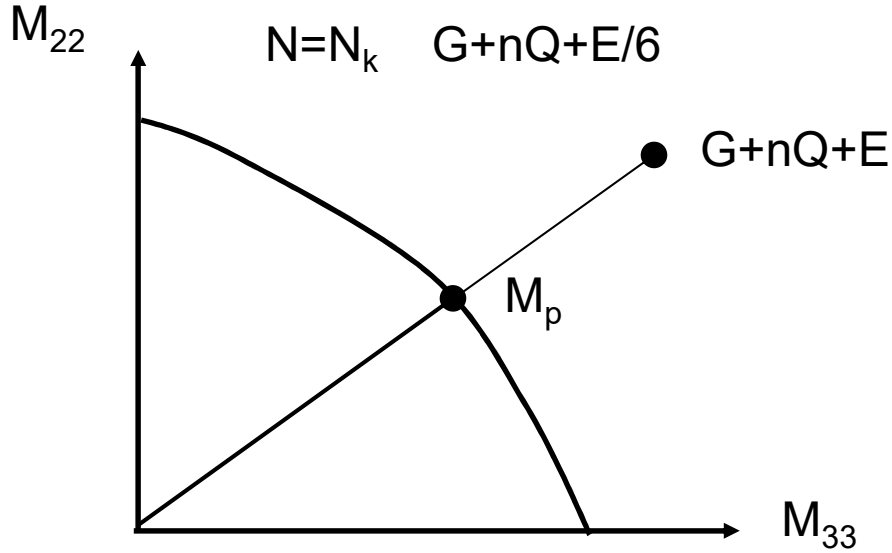
$$V_e^2 / V_r^2$$

$$\frac{V_e}{V_r} = \text{Min} \left(\frac{V_e^1}{V_r^1}, \frac{V_e^2}{V_r^2} \right)$$

Perde Risk Tespiti

$\frac{V_e}{V_r}$, $\frac{H_w}{L_w}$ \longrightarrow Perde Tipi A, B seçimi yap.

$\frac{V_e}{f_{ct} bd}$, $\frac{N_k}{f_c}$ ve Uç bölge \longrightarrow Sınır değerleri (KÖO, İKO) hesapla



Kolon üst ve alt uç için:

$$m = \frac{\sqrt{((M_{33})^2 + (M_{22})^2)}}{\sqrt{((M_{33p})^2 + (M_{22p})^2)}}$$

$$\frac{\delta}{h} = \sqrt{\left(\frac{\delta}{h}\right)_x^2 + \left(\frac{\delta}{h}\right)_y^2}$$

Perde Risk Tespiti

$$m < m_{sınır} \text{ ve } \frac{\delta}{h} < \left(\frac{\delta}{h}\right)_{sınır} \longrightarrow \text{Risksiz}$$

Diğer Durumlarda RİSKLİ!

Riskli elemanların taşıdığı kat kesme kuvveti kayıt edilerek kat risk değerlendirmesinde kullanılır.

Yeterli Perdeli Yapılarda Özel Durum

α_s : İncelenen katta perde toplam kesme kuvvetinin kat kesme kuvvetine oranı

$0.75 \geq \alpha_s \geq 0.40$ durumunun sağlandığı katlarda, incelenen perdelerin eleman kat ötelenme oranının 0.0075'den küçük ve $V_e/V_r < 1.0$ olması halinde, $m_{sınır}$ değerinin aşılması durumuna bakılmayacaktır. Bu perdelerde hesaplanan (δ/h) değerlerinin $(\delta/h)_{sınır}$ değerlerini aşması durumunda elemanın *Risk Sınırını* aştığı kabul edilecektir.

Son Söz

- Risk Tespitlerinde;
 - Saha bilgilerinin eksiksiz toplanması
 - Tahribatsız ve tahribatlı numune sayılarına riayet edilmesi
 - Yapı dinamik özelliklerinin doğru belirlenmesi (T)
 - Eleman aksenal yük seviyelerinin kontrol edilmesi (N/No)
 - Eleman istem kapasite oranlarının doğru hesaplanması (m)
 - Kat ötelenme oranı hesaplarının genel kontrolü (δ/h)
dikkat edilmesi gereken hususlardır.