RİSKLİ YAPILARIN TESPİT EDİLMESİNE İLİŞKİN ESASLAR

Orta ve Yüksek Katlı Betonarme Binalar

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
Altyapı ve Kentsel Dönüşüm Hizmetleri Genel Müdürlüğü

ODTÜ

Özet

- Kapsam
- Rölöve ve Bilgi Toplama
- Modelleme
- Hesap Yöntemi
- Risk Tespiti

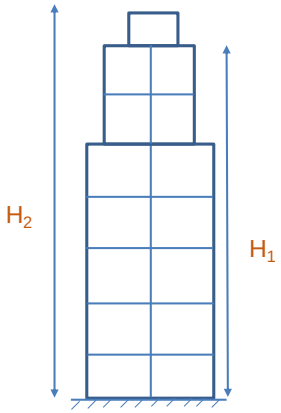
Kapsam

- Orta Katlı Betonarme Binalar

($30 < H_T \leq 50m$ veya $10 < n_s \leq 17$): <u>Bölüm 5</u>

- Yüksek Katlı Betonarme Binalar

($50 < H_T$ veya $17 < n_s$): <u>Bölüm 6</u>



H_T ve n_s Hesabı:

H_T: Bodrum katlar dahil temelden en tepeye bina toplam yüksekliği

n_s: Bodrum katlar dahil temelden en tepeye bina toplam kat sayısı

ORTA KATLI BETONARME YAPILAR
BÖLÜM 5

Gerekçe

- Kat sayısı Az Katlı Betonarme Yapılara göre daha fazla olduğundan rölöve, eleman boyutları ve malzeme dayanımlarında katlar arası farklılık daha fazla önem taşımaktadır.
- Dinamik davranış sebebi ile yüksek mod etkileri ile elastik ötesi davranış etkileşimi daha önemlidir.

Rölöve ve Bilgi Toplama

- Rölöve tüm katlarda alınacaktır.
- Tüm katlarda kolon ve perde donatılarında tespit yapılacaktır.
- Ayrıca kirişlerde her katta donatı tespiti yapılacaktır.
- Bilgi düzeyi, donatı tipi, korozyon miktarı Az Katlı Betonarme Binalar ile aynı şekilde yapılacaktır.

Kirişlerde Donatı Tespiti

- Her katta kirişlerde 6 adetten az olmamak üzere kattaki toplam kiriş sayısının %20'sinde tespit yapılacaktır. Bu işlem, tespit yapılan kirişlerin en az %20'sinde kabuk betonu sıyırılarak yapılacaktır.
- Tespiti yapılan kirişlerden elde edilen donatı oranı ortalama değerleri rölöve alınan her kat için ayrı ayrı hesaplanacaktır. Donatı tespiti yapılmayan kirişlerde donatı oranları, hesaplanan ortalama değer olarak alınacaktır.

Beton Dayanımı

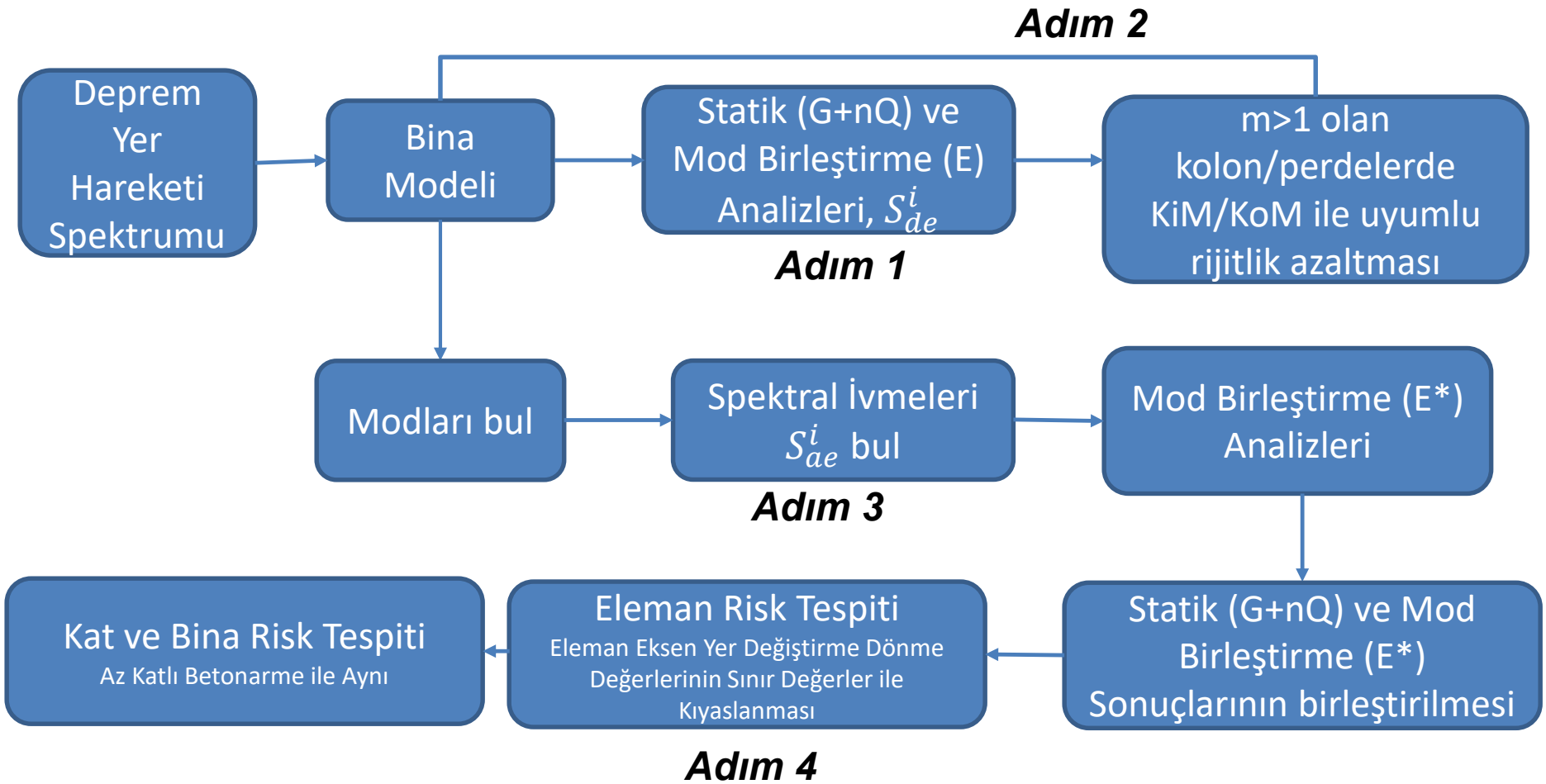
- Tüm katlarda mevcut beton dayanımını belirlemek için toplam kolon sayısının en az %10'unda ve toplam perde sayısının en az % 10'unda, kolonlarda 6 adetten ve perdelerde 2 adetten az olmamak üzere tahribatsız yöntemler kullanılacaktır.
- Toplam kolon sayısının 6 adetten az olması durumunda mevcut kolon sayısı kadar, 1 perde olması durumunda ise bu perdede tahribatsız yöntemler kullanılacaktır. Tahribatsız inceleme sonucunda en düşük değerlerin elde edildiği kolon ve perdelerin yarısından beton numunesi alınacaktır.
- Mevcut beton basınç dayanımı 4.1.11'e göre tüm katlarda elde edilen beton numunesi sonuçlarına göre tek bir değer olarak hesaplanacaktır.

Modelleme

Az Katlı Betonarme Binalar ile Aynı Esaslar

- Sonlu elemanlar ile modelleme
- Rijit diyafram kullanımı
- Çatlamış rijitlik
- Orta kolon perde modeli
- Katlar ayrı ayrı modele yansıtılacak
- Güçlendirilmiş elemanlar için benzer modelleme

Yöntemin Özeti (2 Analiz-4 Adım)



Hesap Yöntemi: Adım 1

- *Deprem spektrumu belirlenir.*
- *Yapı Modeli oluşturulur.*
- *Doğrusal elastik statik hesap* $(G + nQ)$ *ve mod birleştirme ile deprem hesabı* $(\pm E)$ *yapılır.*
- *Eleman kesit kapasiteleri hesaplanır.*
- ***Tüm modlar için spektral deplasman değerleri hesaplanır.***

$$\boldsymbol{S_{de}^{i} = \frac{T_i^2}{4\pi^2} S_{ae}(T_i) g}$$

- *Eleman iç kuvvetleri* $G + nQ \pm E$ *yükleme birleşimi için hesaplanır.*

Hesap Yöntemi: Adım 1

- *Kolonlar ve perdeler için Az Katlı Betonarme yapılar ile aynı yöntem kullanılarak m değerleri ve V_e/V_r oranları hesaplanır.*
- *V_e hesaplanırken kolonlar için KiM/KoM durumu belirlenir.*
- *V_e/V_r ve donatı detayları kullanılarak kolon ve perde Sınıfları belirlenir.*

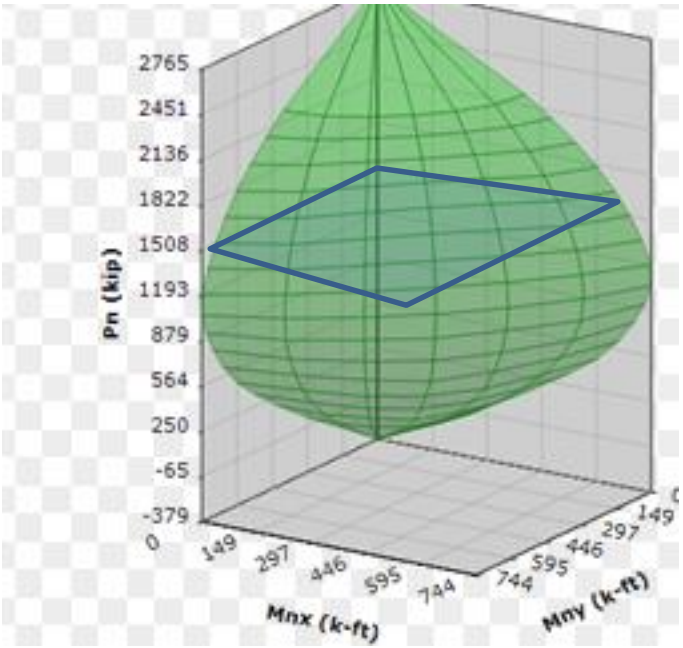
  Kolonlar: A, B, C ; Perdeler: A, B

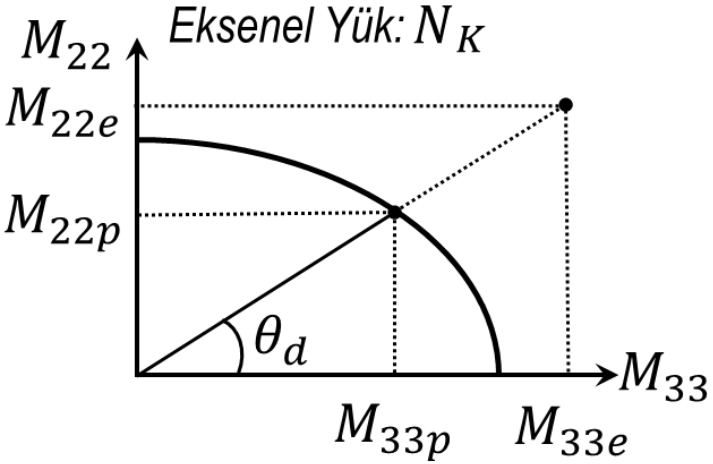
Hesap Yöntemi: Adım 2

- Kolonlarda mafsallaşma durumu belirlenir (KiM/KoM)
- Mafsallaşma durumuna göre m>1 olan kolonlarda rijitlik azaltması uygulanır
- Rijitlik azaltması eşit deplasman kuralı baz alınarak yapılır

Hatırlatma: Kolon Mafsallaşması (KoM)

- Kolon için eksenel yük (N_k) bul (G+nQ+E/6)
- G+nQ+E analizinden elastik momentleri (M_{22e}, M_{33e}) bul
- Etkileşim diyagramında $N_k$eksenel kuvveti için moment kapasitesini (M_{22p}, M_{33p}) bul





$$m = \frac{M_{33e}}{M_{33p}}$$

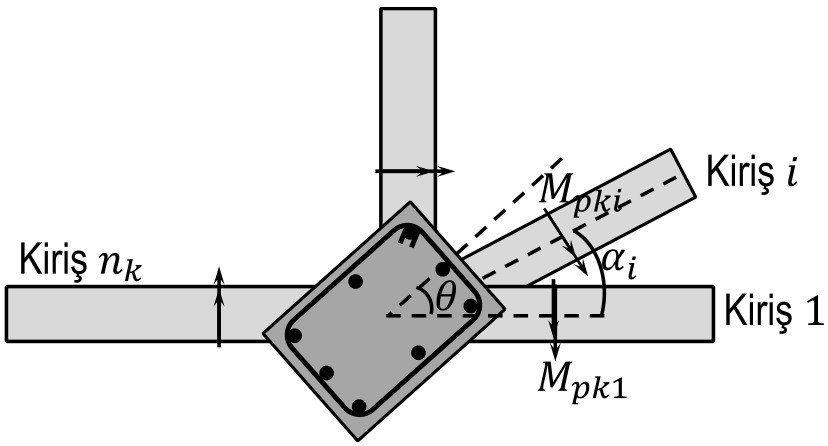
Hatırlatma: Kiriş Mafsallaşması (KiM)

Kiriş uç moment kapasiteleri (M_{pki}) analiz sonuçları kullanılarak bulunur

$1.4G + 1.6Q$	Deprem	Plastik Moment (Bölüm 4)	
M_1		M_{pki}	$M_{pki} = M_1$
M_2		M_{pki}	$M_{pki} = M_2$
M_1		M_{pki}	$M_{pki} = M_1/3$
M_2		M_{pki}	$M_{pki} = M_2/3$

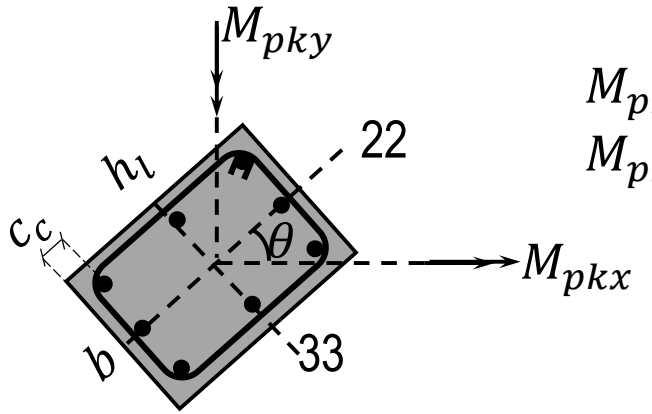
Hatırlatma: Kiriş Mafsallaşması (KiM)

Kiriş Mafsallaşması ile Kolona Aktarılan Uç Moment (Alt ve Üst Uç için ayrı ayrı):



Kolonlara dağılması gereken toplam plastik global moment

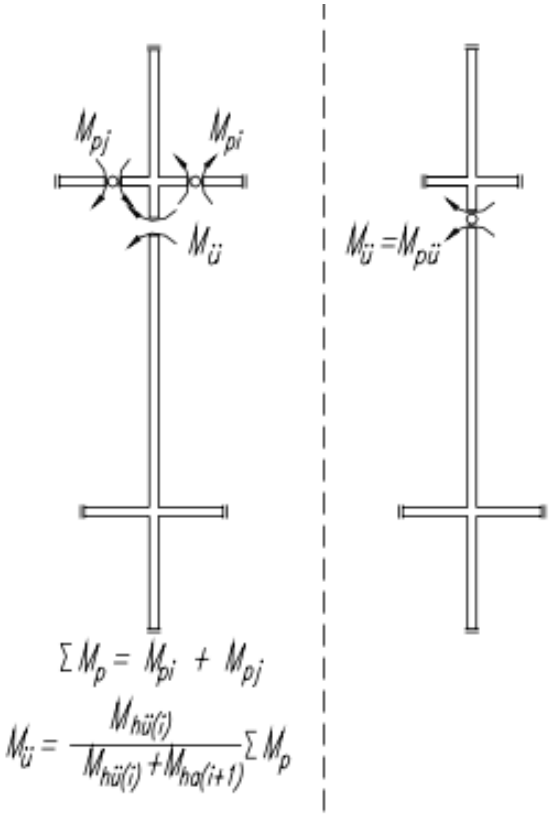
$$\begin{cases} M_{pkx} = \sum_{i=1}^{n} M_{pki} \sin \alpha_i \\ M_{pky} = \sum_{i=1}^{n} M_{pki} \cos \alpha_i \end{cases}$$



$$M_{pk22} = M_{pkx} cos\theta - M_{pky} sin\theta$$
$$M_{pk33} = M_{pkx} sin\theta + M_{pky} cos\theta$$

Kirişlerden kolon yerel eksenlerine göre kolona aktarılacak plastik momentler

Hatırlatma: Kiriş Mafsallaşması (KiM)

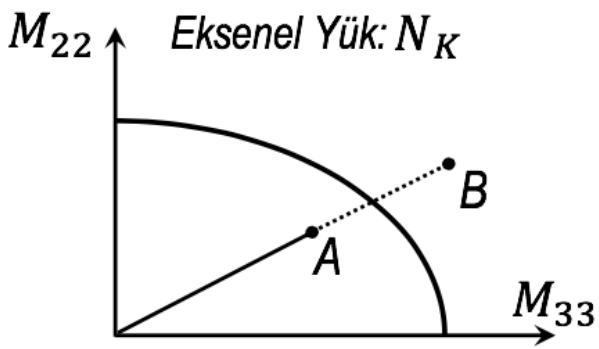


$$M_{22k} = M_{pk22} \frac{|M_{22}^{üst}|}{|M_{22}^{üst}| + |M_{22}^{alt}|}$$

$$M_{33k} = M_{pk33} \frac{|M_{33}^{üst}|}{|M_{33}^{üst}| + |M_{33}^{alt}|}$$

Kiriş plastik moment toplamalarının kolonlara rijitlikleri oranında (E analizinden gelen momentler ile uyumlu) aktarılır.

Mafsallaşma Durumu Kontrolü



Kiriş mafsallaşması durumu için kolona aktarılan momentler (M_{22k}, M_{33k}) etkileşim diyagramı içinde kalırsa KiM, dışında kalırsa KoM olduğu varsayılacaktır.

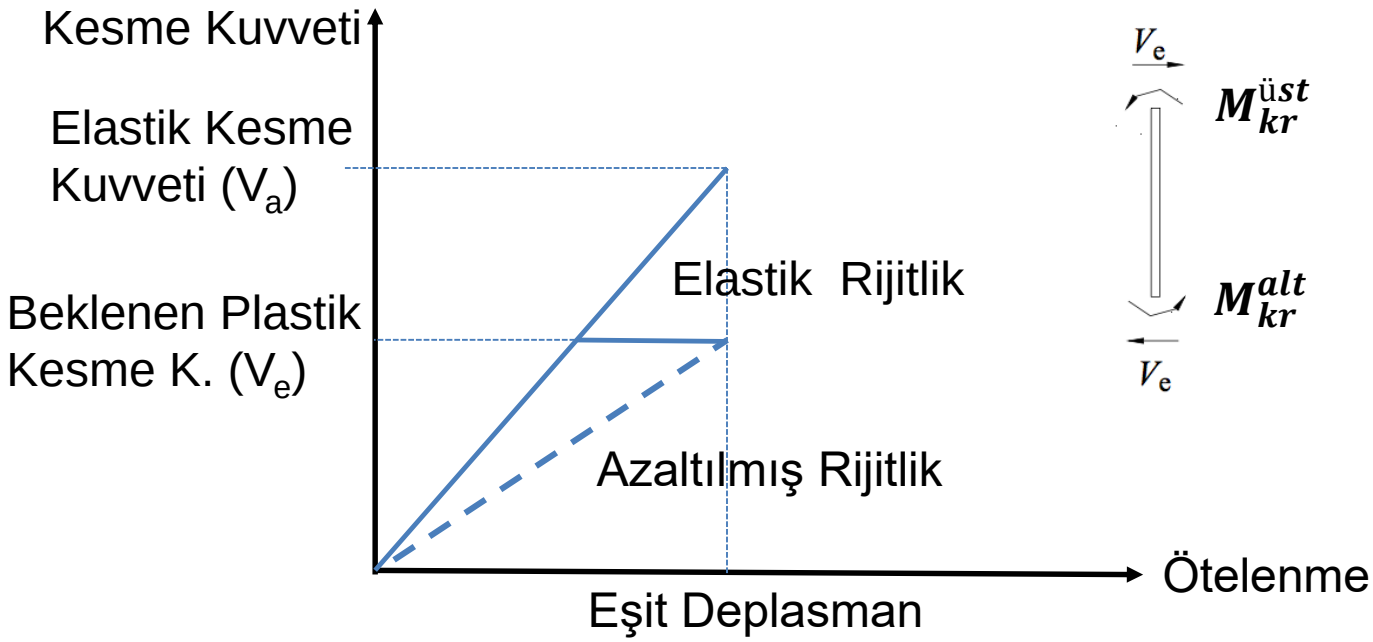
<u>Kolon Uç Moment Değeri:</u>

***KoM* Kolon Mafsallaşması:** Kolon uç momenti kolon plastik moment kapasitesine eşit alınacaktır, $\boldsymbol{M_{kr}} = M_{22p}, M_{33p}$.

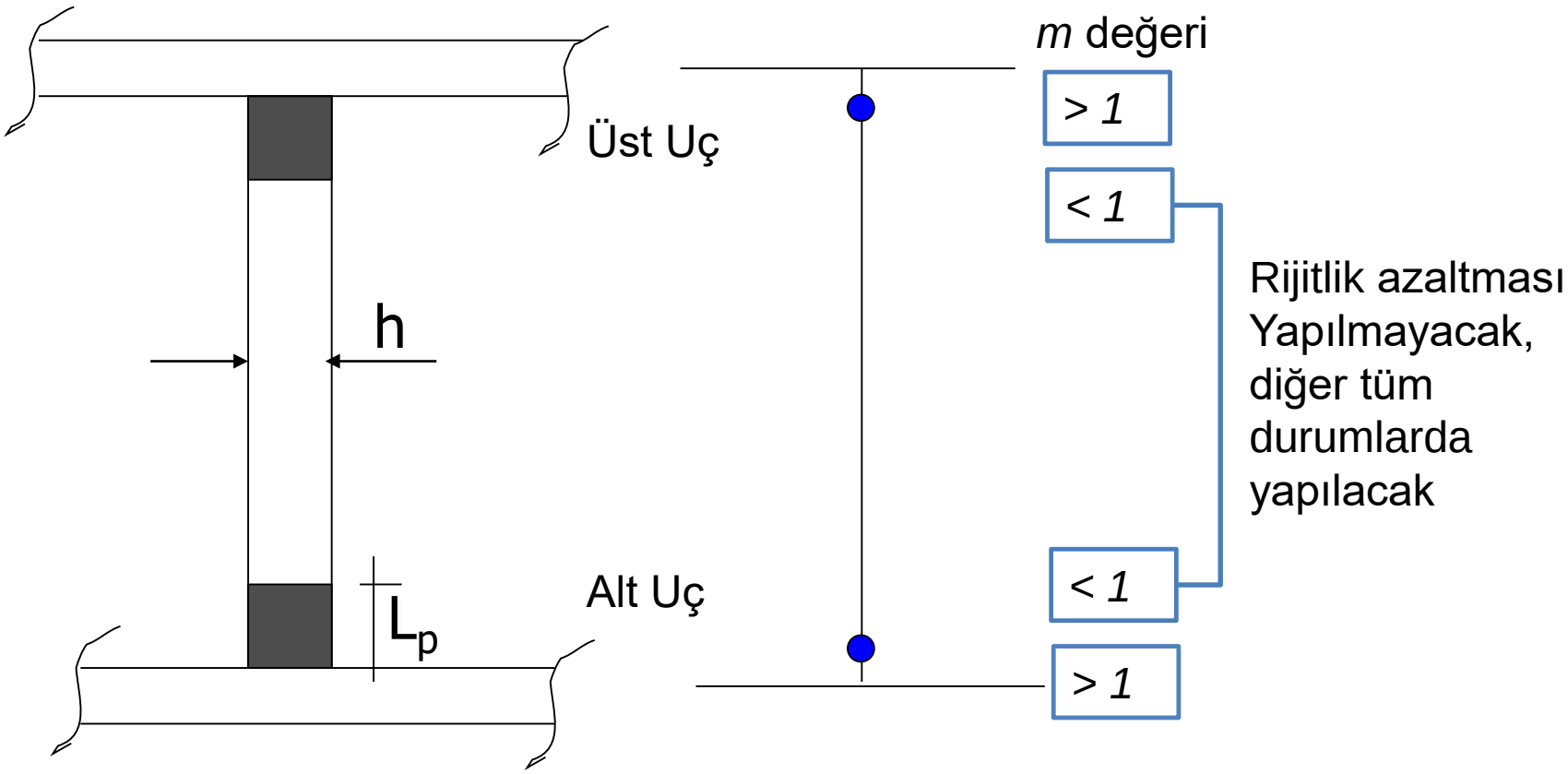
KiM Kiriş Mafsallaşması: Kirişlerin plastik moment kapasitesine ulaşması ile kolona aktarılan moment alınacaktır $\boldsymbol{M_{kr}} = M_{22k}, M_{33k}$.

Rijitlik Azaltma Prensibi

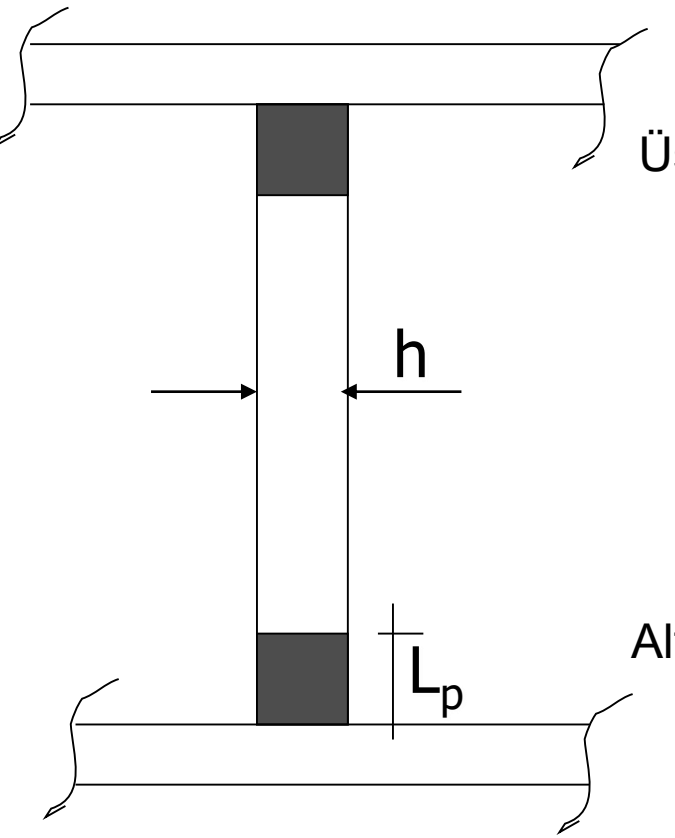
Elastik Analiz Sonucu m değeri 1'i aşan uca sahip kolonda mafsallaşma etkisi eğilme rijitliği azaltılarak dikkate alınacaktır.



Eleman Rijitlik Azaltılması



Eleman Rijitlik Azaltılması

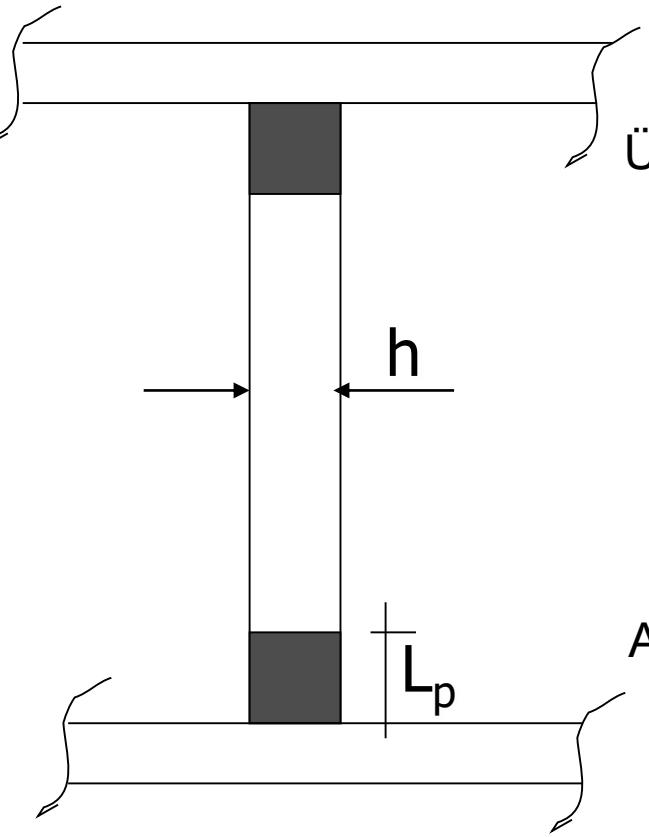


	m değeri	*Beklenen Mafsal*	*Azaltılmış Rijitlik*
Üst Uç	> 1	Kolon	
		$M_p^{üst}$	
Alt Uç	> 1	Kolon	
		M_p^{alt}	

$$V_e = \frac{\left(M_p^{üst} + M_p^{alt}\right)}{L} \qquad EI_{eff} = \frac{V_e}{V_a}(EI)_e$$

V_a : G+nQ+E yüklemesinden elde edilen kolon kesme kuvveti

Eleman Rijitlik Azaltılması

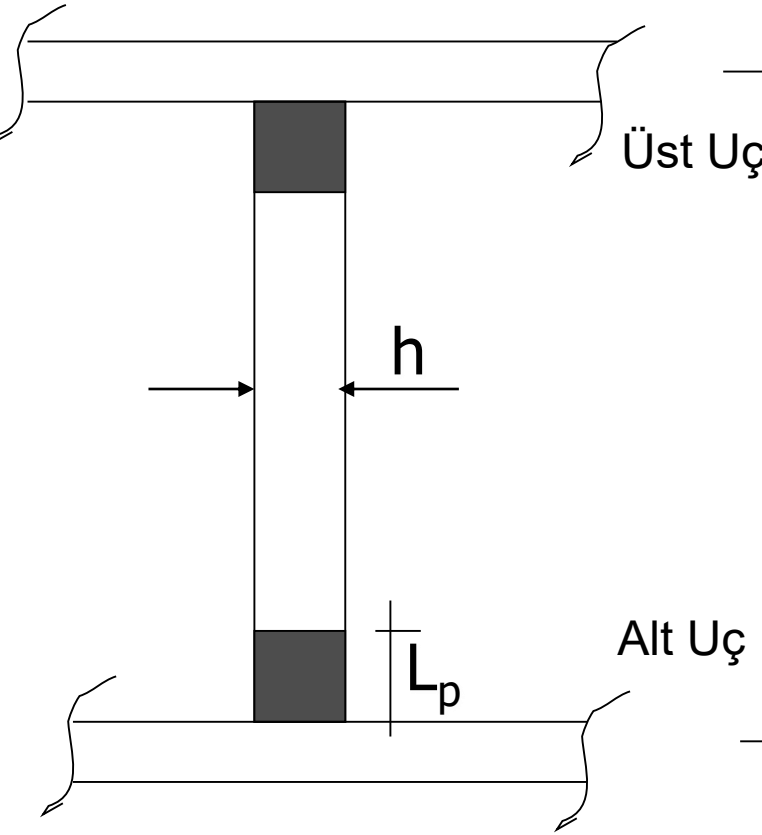


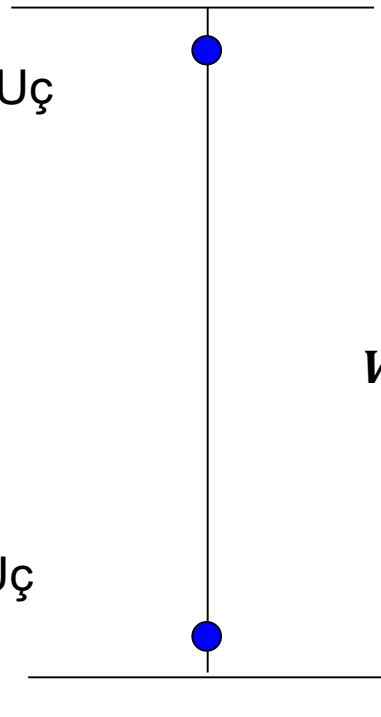
	m değeri	*Beklenen Mafsal*	*Azaltılmış Rijitlik*
Üst Uç	> 1	Kiriş	$M_k^{üst}$
Alt Uç	> 1	Kolon	M_p^{alt}

$$V_e = \frac{\left(M_k^{üst} + M_p^{alt}\right)}{L} \qquad EI_{eff} = \frac{V_e}{V_a}(EI)_e$$

V_a : G+nQ+E yüklemesinden elde edilen kolon kesme kuvveti

Eleman Rijitlik Azaltılması



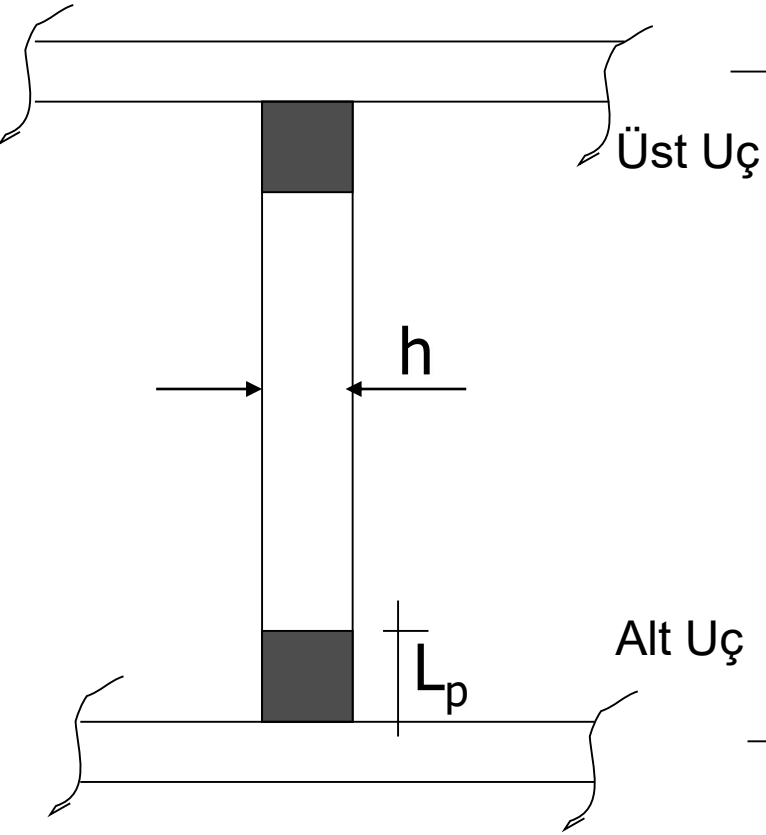


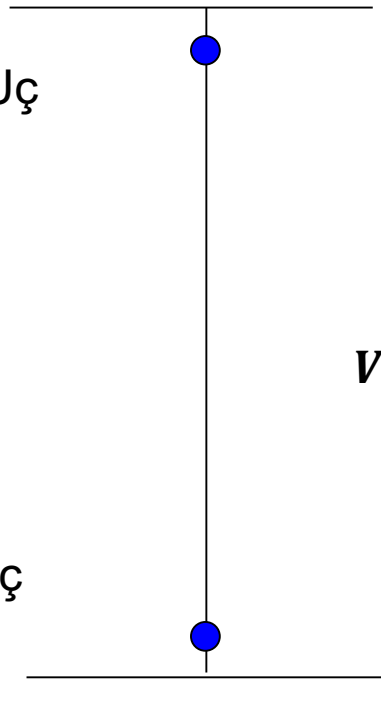
m değeri	*Beklenen Mafsal*	*Azaltılmış Rijitlik*
> 1	Kiriş	
	$M_k^{üst}$	
	M_k^{alt}	
> 1	Kiriş	

$$V_e = \frac{\left(M_k^{üst} + M_k^{alt}\right)}{L} \qquad EI_{eff} = \frac{V_e}{V_a}(EI)_e$$

V_a : G+nQ+E yüklemesinden elde edilen kolon kesme kuvveti

Eleman Rijitlik Azaltılması



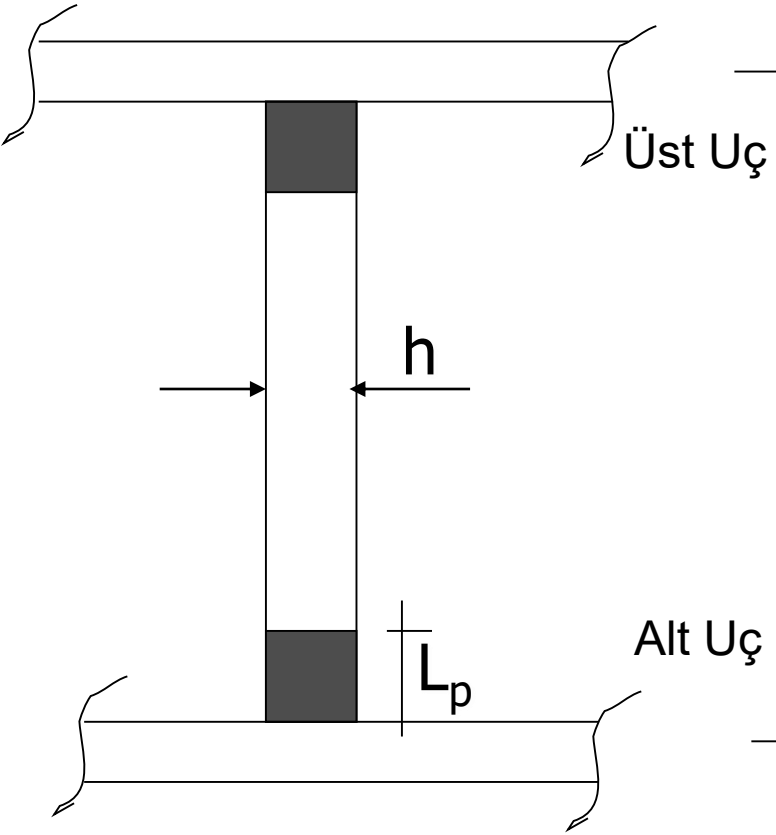


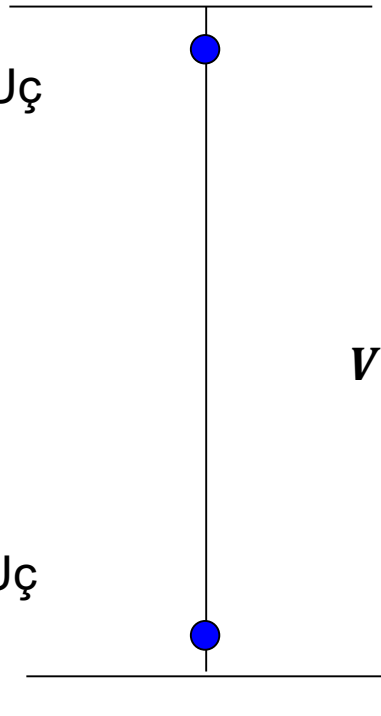
m değeri	*Beklenen Mafsal*	*Azaltılmış Rijitlik*
> 1	Kolon	
$M_p^{üst}$		
M_e^{alt}	M_p^{alt}	
< 1	Kolon	

$$V_e = \frac{\left(M_p^{üst} + M_e^{alt}\right)}{L} \qquad EI_{eff} = \frac{V_e}{V_a}(EI)_e$$

V_a : G+nQ+E yüklemesinden elde edilen kolon kesme kuvveti

Eleman Rijitlik Azaltılması





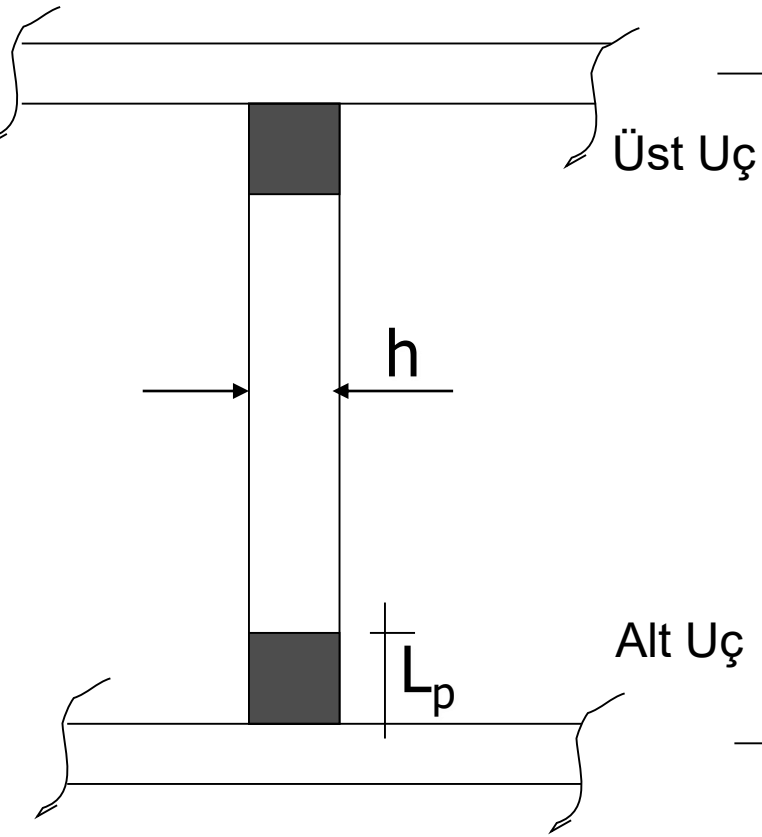
m değeri	*Beklenen Mafsal*	*Azaltılmış Rijitlik*
> 1	Kiriş	
$M_k^{üst}$		
M_e^{alt}	M_p^{alt}	
< 1	Kolon	

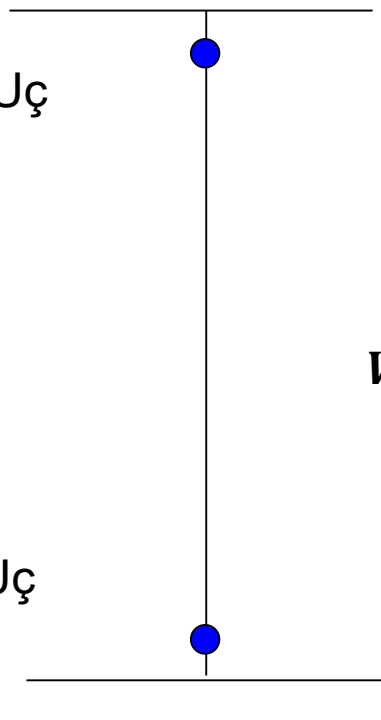
$$V_e = \frac{\left(M_k^{üst} + M_e^{alt}\right)}{L}$$

$$EI_a = \frac{V_e}{V_a}(EI)_e$$

V_a : G+nQ+E yüklemesinden elde edilen kolon kesme kuvveti

Eleman Rijitlik Azaltılması





m değeri	*Beklenen Mafsal*	*Azaltılmış Rijitlik*
> 1	Kiriş $M_k^{üst}$	
< 1	Kiriş M_k^{alt}	M_e^{alt}

$$V_e = \frac{\left(M_k^{üst} + M_e^{alt}\right)}{L}$$

$$EI_a = \frac{V_e}{V_a}(EI)_e$$

V_a : G+nQ+E yüklemesinden elde edilen kolon kesme kuvveti

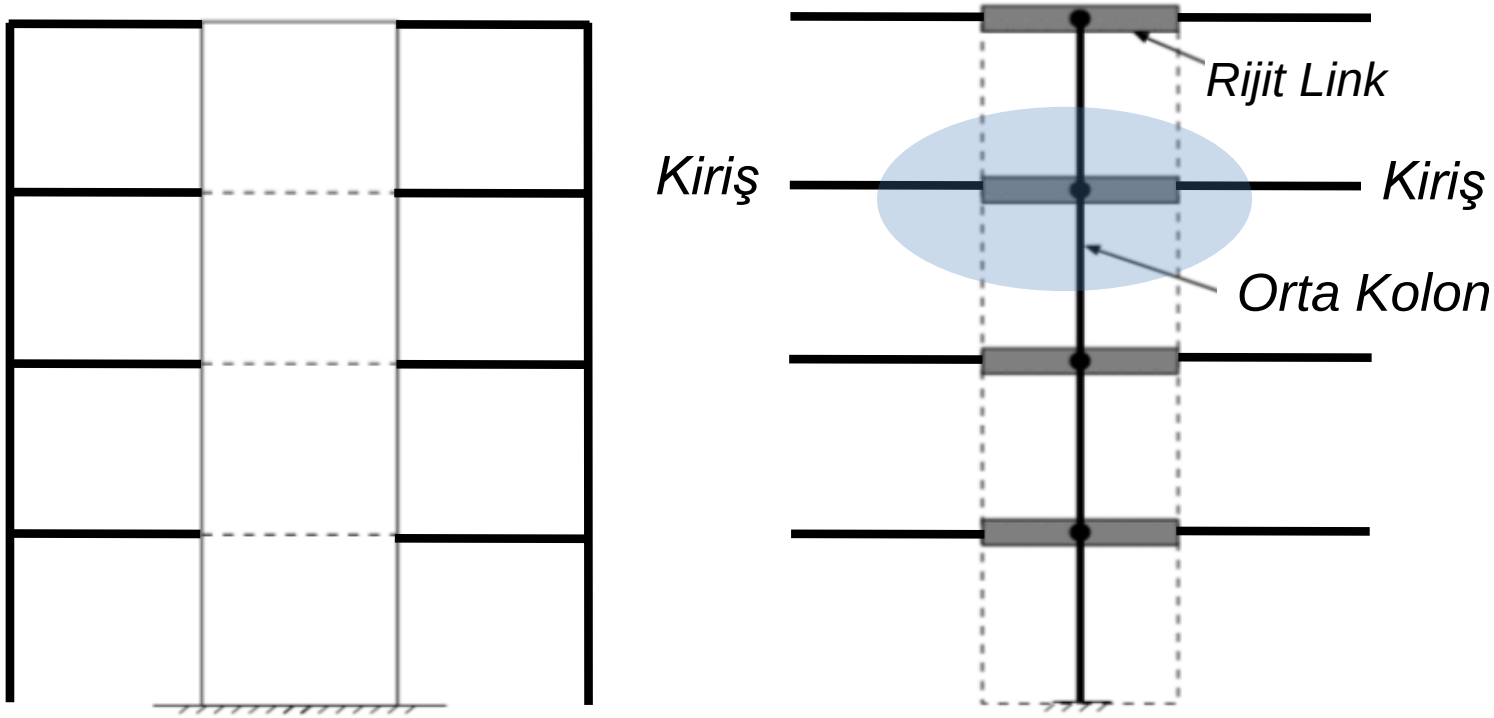
Eleman Rijitlik Azaltması

Eleman Başlangıç Noktası		Eleman Bitiş Noktası		Eleman Başlangıç Noktası	Eleman Bitiş Noktası	Rijitlik Azaltması
i ucu m değeri	Mafsal Durumu	j ucu m değeri	Mafsal Durumu	Moment	Moment	
>1	*KoM*	>1	*KoM*	M_{22p}, M_{33p}	M_{22p}, M_{33p}	Yapılacak
	KoM		*KiM*	M_{22p}, M_{33p}	M_{22k}, M_{33k}	
	KiM		*KoM*	M_{22k}, M_{33k}	M_{22p}, M_{33p}	
	KiM		*KiM*	M_{22k}, M_{33k}	M_{22k}, M_{33k}	
≤1	*KiM/KoM*	≤1	*KiM/KoM*	–	–	Yapılmayacak
>1	*KoM*	≤1	*KiM/KoM*	M_{22p}, M_{33p}	M_{22e}, M_{33e}	Yapılacak
	KiM		*KiM/KoM*	M_{22k}, M_{33k}	M_{22e}, M_{33e}	
<1	*KiM/KoM*	≥1	*KoM*	M_{22e}, M_{33e}	M_{22p}, M_{33p}	Yapılacak
	KiM/KoM		*KiM*	M_{22e}, M_{33e}	M_{22k}, M_{33k}	

Perdelerde Rijitlik Azaltması

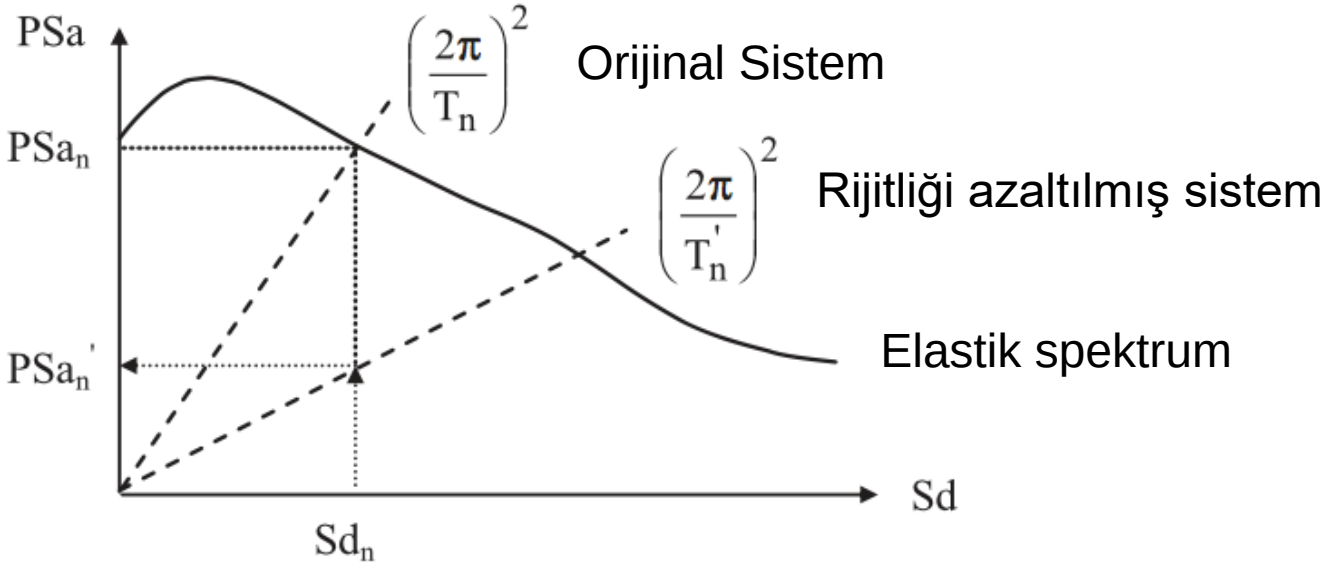
Perdeler orta çubuk elemanlar ile modellenecek.

Hesaplar kolonlara benzer olarak yapılacak.



Hesap Yöntemi: Adım 3

- Kolonlar ve perdeler için azaltılan Etkin Eğilme Rijitlikleri kullanılarak yapı titreşim periyotları ile mod şekilleri tekrar hesaplanacaktır.
- Her mod için hesaplanan spektral deplasman değerleri ve azaltılmış eğilme rijitlikleri ile hesaplanan titreşim periyotları kullanılarak her mod için spektral ivme değerleri kullanılacaktır. (Eşdeğer deplasman kuralı)



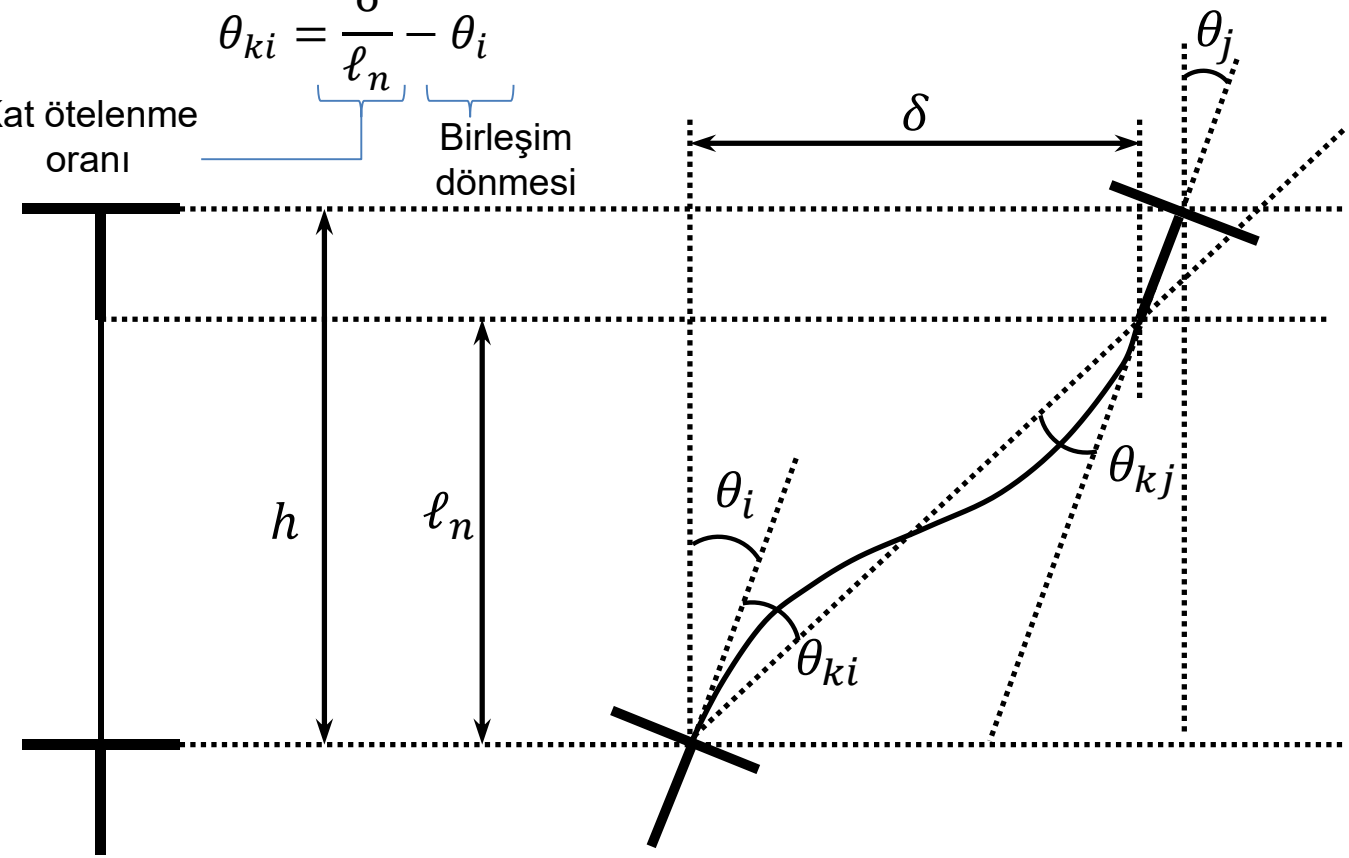
Sonuçların Elde Edilmesi: Adım 3

- Hesaplanan spektral ivme değerleri ile azaltılmış rijitliklere sahip yapı deprem etkileri için *Doğrusal Elastik Hesap* ile *Mod Birleştirme Yöntemi* ile tekrar analiz edilecektir.
- Elde edilen istem değerleri azaltılmamış eğilme rijitlikleri ile yapılan düşey yükler $(G + nQ)$ için hesaplanan değerlerle toplanacaktır.

Eleman Risk Tespiti: Adım 4

Elde edilen tüm kolon uçlarında ve perde elemanların tabanında yer değiştirme eksen dönme değerlerinin Bölüm 4'e göre hesaplanan kolon ve perde kat ötelenme oranları sınır değerlerinin 1.4 katını aşması durumunda elemanın Risk Sınırını aştığı kabul edilecektir.

$$\theta_{ki} = \underbrace{\frac{\delta}{\ell_n}}_{\text{Kat ötelenme oranı}} - \underbrace{\theta_i}_{\text{Birleşim dönmesi}}$$



Bina Risk Tespiti

Az Katlı Betonarme Binalar ile Aynı!

- Risk değerlendirmesi tüm katlar için yapılacaktır. Herhangi bir katın riskli çıkması durumunda bina, Riskli Bina olarak kabul edilecektir.
- Tablo 4.6 kullanılarak her kat için kat kesme kuvveti oranı sınır değeri hesaplanacaktır. Azaltılmış rijitlikler kullanılarak yapılan hesapta riskli bulunan elemanların taşıdığı kesme kuvvetlerinin toplamının, toplam kat kesme kuvvetine oranı hesaplanacaktır. Bu oranın, kat kesme kuvveti oranı sınırlarını aşması durumunda bina, Riskli Bina olarak kabul edilecektir.

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

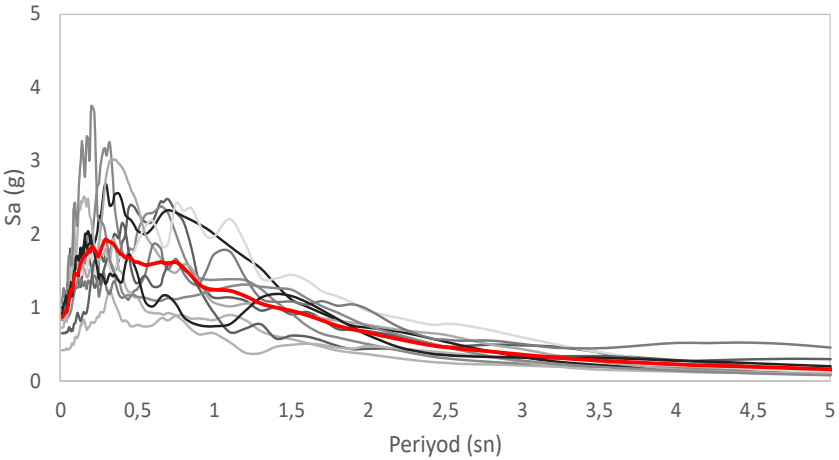
Yöntemin Doğrulaması

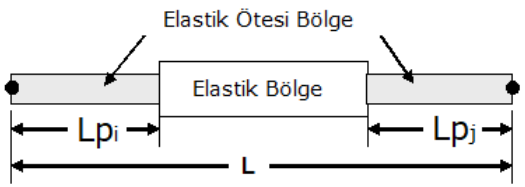
- 10 adet bina doğrulama için kullanılmıştır.
- ‘Gerçek’ çözüm olarak zaman tanım alanında (ZTA) 11 deprem kaydı ile elastik ötesi dinamik analiz yapılmıştır.
- Bölüm 5 Yöntemi kayıtların ortalama spektrumu kullanılarak uygulanmıştır.
- Bölüm 5 Yöntemi ile itme analiz sonuçları ZTA’dan elde edilen eleman yer değiştirme eksen dönme, kat ötelenme oranı ve kesme kuvveti değerleri kıyaslanmıştır.

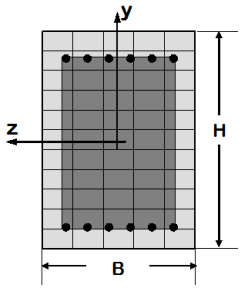
İncelenen Binalar

Bina No.	Kat Sayısı	Bina Yüksekliği (m)	Taşıyıcı Sistem	Kolon-kiriş kapasite oranı	Düzensizlik
1	4	12	Çerçeve	2.0	Yok
2	4	12	Çerçeve	1.0	Yok
3	12	36	Çerçeve	2.0	Yok
4	12	36	Çerçeve	1.0	Yok
5	15	45	Çerçeve	2.0	Yok
6	15	45	Çerçeve	1.0	Yok
7	15	45	Çerçeve	2.0	Burulma
8	15	45	Çerçeve	1.0	Burulma
9	15	45	Perde-Çerçeve	1.0	Yok
10	15	45	Perde-Çerçeve	1.0	Burulma

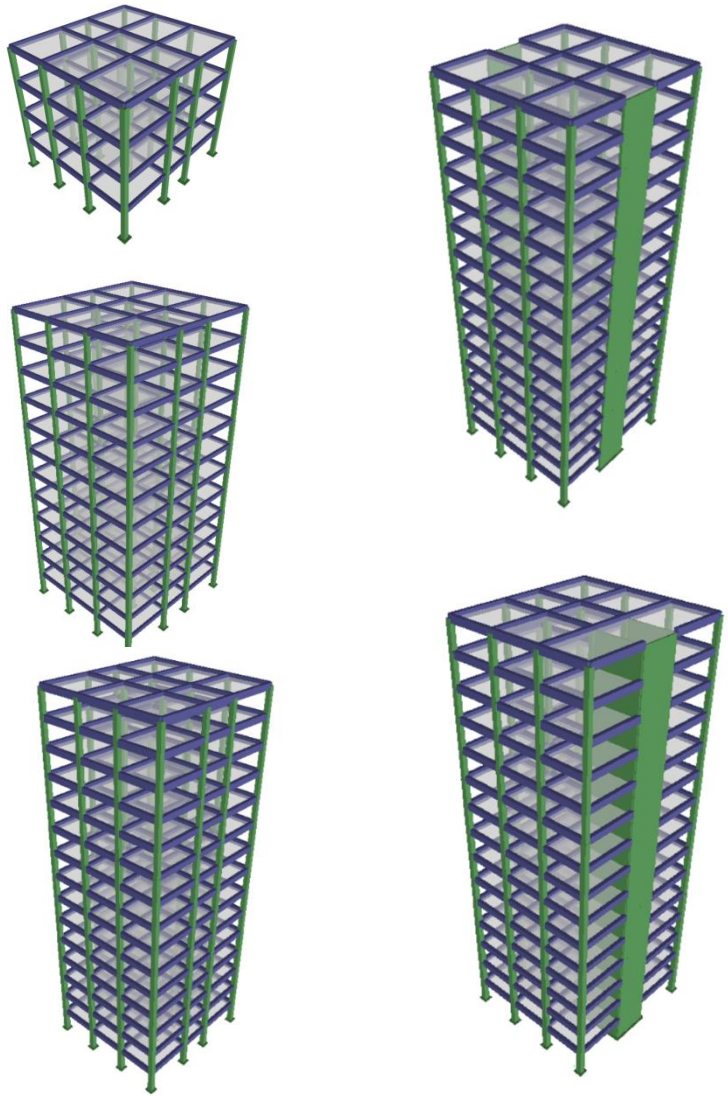
Modeller ve Depremler



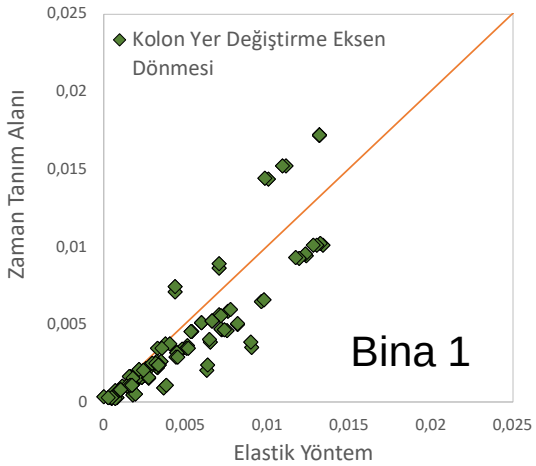


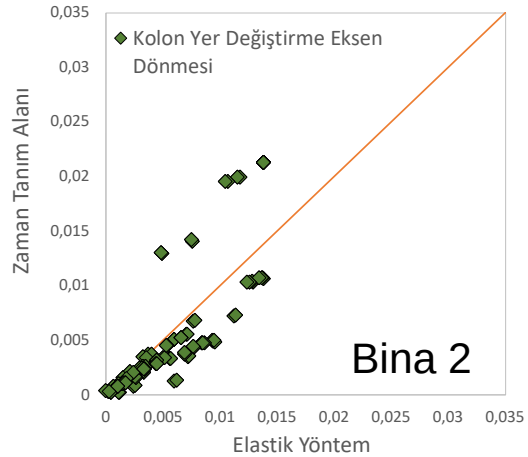


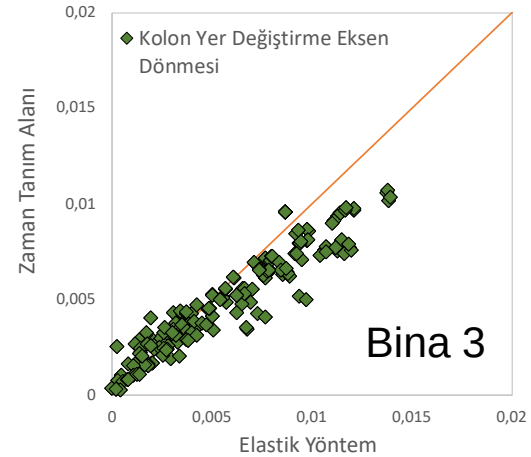
Dinamik Analizlerde Lifli çubuk elemanları kullanılmıştır.

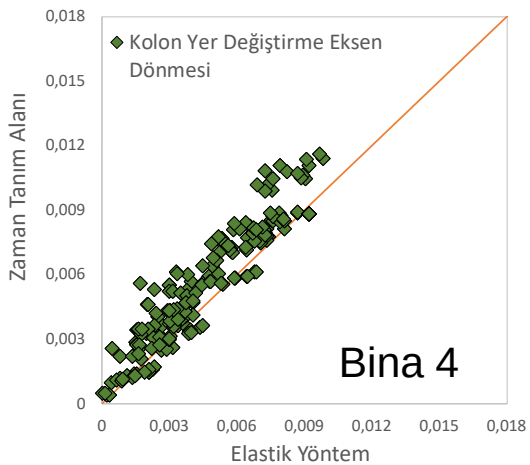


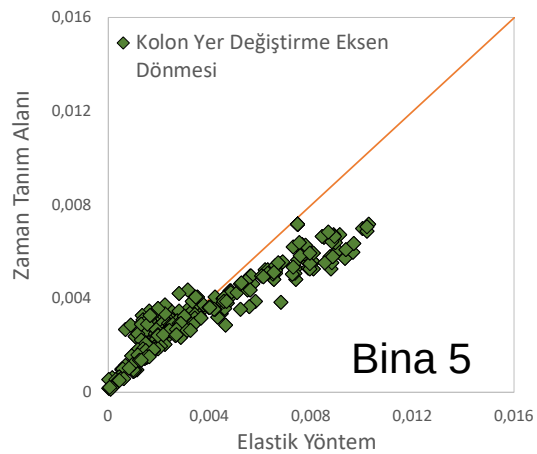
Yer Değiştirme Eksen Dönme Karşılaştırması

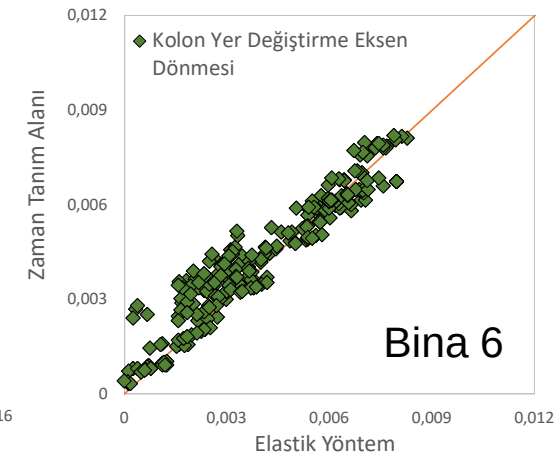




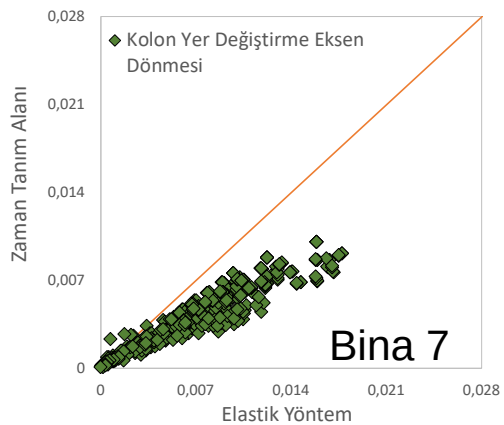


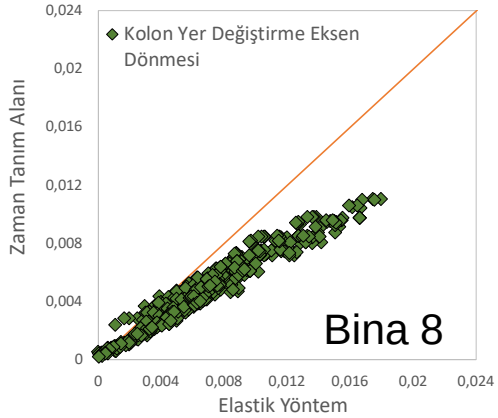


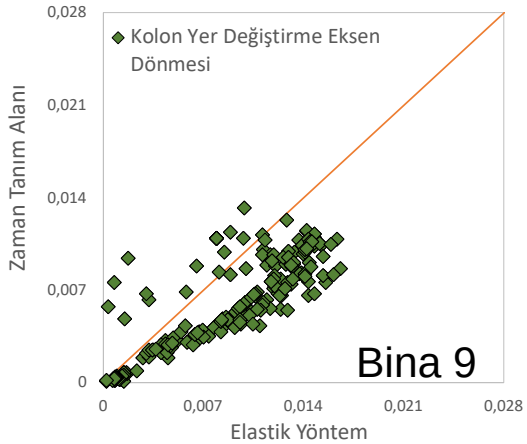


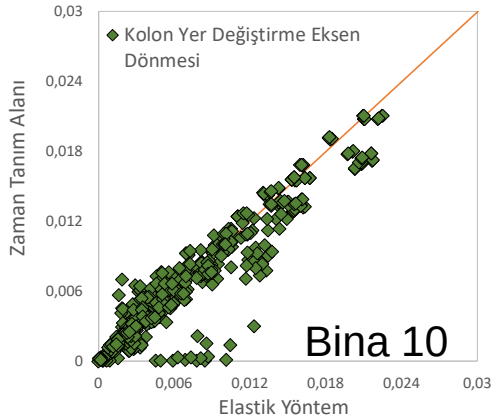


Yer Değiştirme Eksen Dönme Karşılaştırması









YÜKSEK KATLI BETONARME YAPILAR
BÖLÜM 6

Gerekçe

- Kat sayısı Orta ve Az Katlı Betonarme Binalara göre daha fazla olduğundan rölöve, eleman boyutları ve malzeme dayanımlarında katlar arası farklılık gösterecektir. Her katta, kolon, perde ve kirişlerde ayrı ayrı beton numunesi alınması gerektiği düşünülmüştür.
- Davranış ve hesap açısından daha özel kurallara göre tasarlandığından daha ayrıntılı yöntemlere ihtiyaç vardır.
- Rölöve ve bilgi toplama işlemi ile kolon ve perdelerde Orta Katlı ile aynı şekilde yapılacaktır.
- Her kat için beton dayanımı ayrı ayrı belirlenecektir.

Rölöve ve Bilgi Toplama

Tüm katlarda kattaki toplam kiriş sayısının en az % 20'sinde, 12 adetten az olmamak üzere tahribatsız yöntemler kullanılacaktır. Kattaki toplam kiriş sayısının 12 adetten az olması durumunda tüm kirişlerde tahribatsız inceleme yapılacaktır. Tahribatsız inceleme sonucunda en düşük değerlerin elde edildiği kirişlerin 3'ünden beton numunesi alınacaktır. Kiriş bulunmayan binalarda her katta döşemelerden 3 adet beton numunesi alınacaktır.

Bina Modellemesi

- Az Katlı Betonarme Binalar ile ilgili kurallar geçerlidir.
- Etkin Eğilme Rijitliği

Kirişler ve perdelerde, güçlendirme perdelerinde: $(EI)_e = 0.3(E_{cm}I)_o$

Kolonlarda, güçlendirilmiş kolonlarda: $(EI)_e = \left[0.3 \leq 0.2 + \frac{N_K}{f_{cm}A_c} \leq 0.7\right](E_{cm}I)_o$

Tüm bağ kirişlerinde $(EI)_e = 0.15(E_{cm}I)_o$ alınacaktır. ℓ_n/h_k oranı 2'den küçük olan bağ kirişlerinde ise kayma rijitliği $G_{cm} = 0.1E_{cm}$ alınarak hesaplanacaktır.

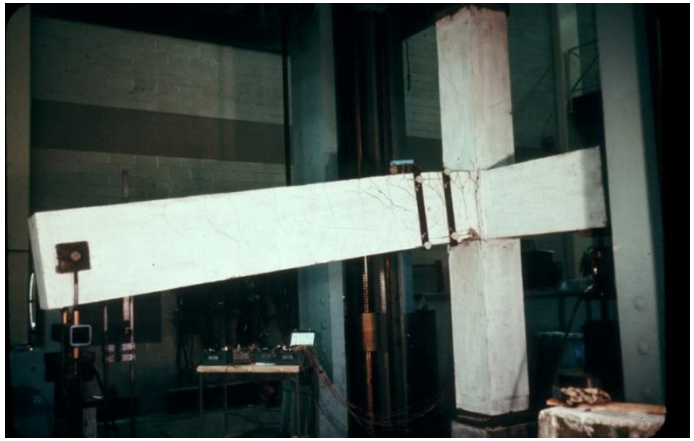
Elastik Ötesi Davranış

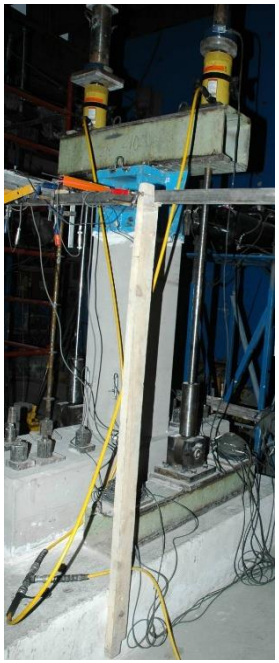
Azami moment bölgelerinde (deprem durumu için kolon ve kiriş uçlarında) doğru tasarım ve detaylandırma ile enerji tüketiminin etkin olarak (yük taşıma kapasitesinde fazla düşüş olmadan deformasyon kapasitesine sahip) yapılabileceği bölgelerdir.

Plastik Mafsal

- Klasik Mafsaldan Farkı:
  - Klasik Mafsal $M_i=0$ iken dönme
  - Plastik Mafsal $M_i=M_{ri}$ iken plastik dönme
- Enerjinin çoğu plastik mafsalda tüketilir
- Plastik Mafsal olan kesitte yeterli performans için deformasyon istemlerinin karşılanabilmesi gerekir.

Plastik Mafsal: Deneysel Gözlemler

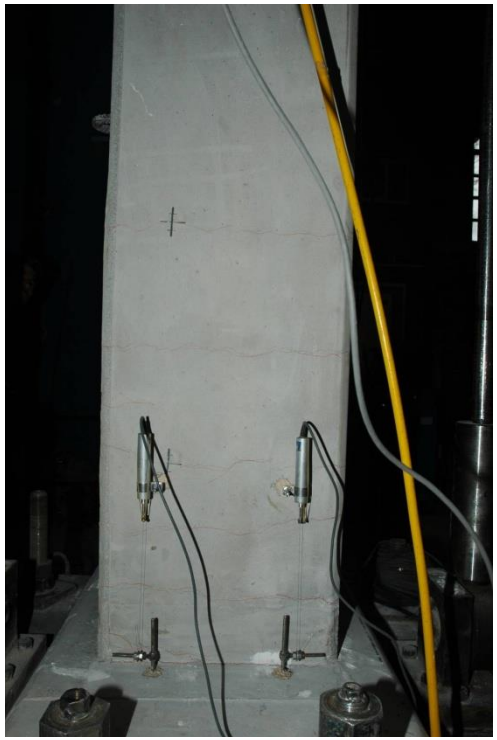




Deneylerde Plastik Mafsal:

- Boyu
- Hasar oluşumu
- Deformasyon kapasitesi

Plastik Mafsal Oluşumu



%1
KÖO

%1.5
KÖO

Plastik Mafsal Oluşumu

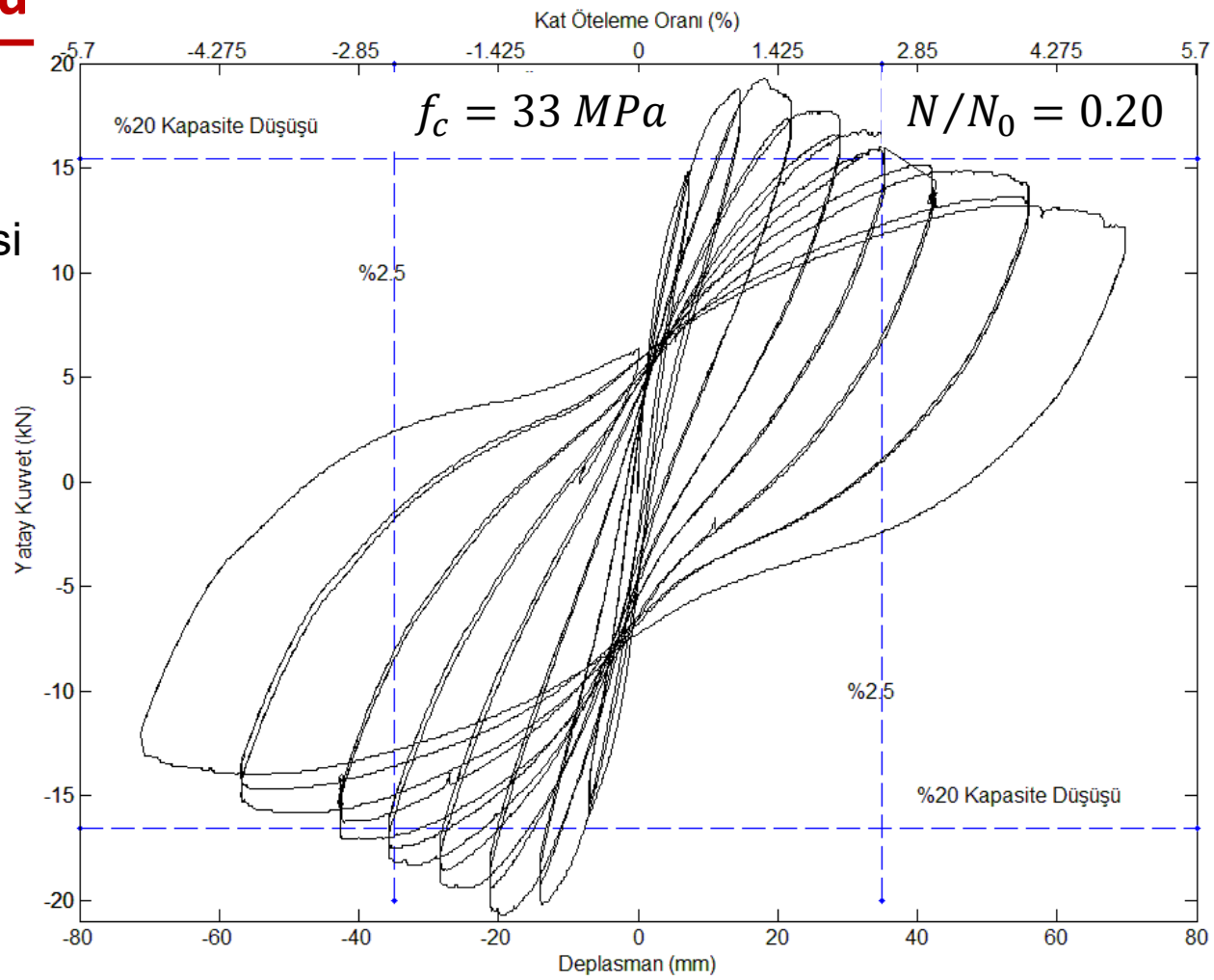
%2 KÖO

%3 KÖO

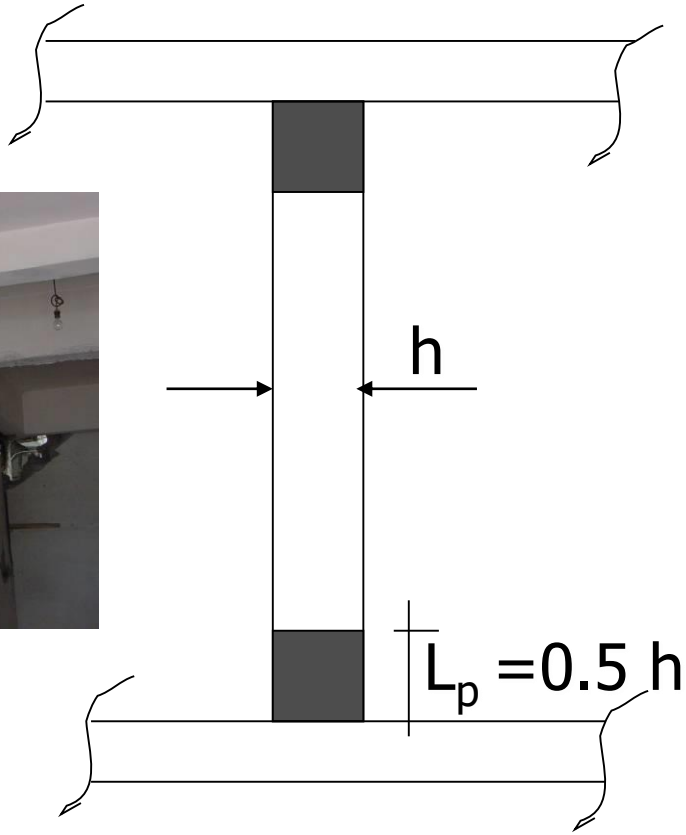
%4 KÖO

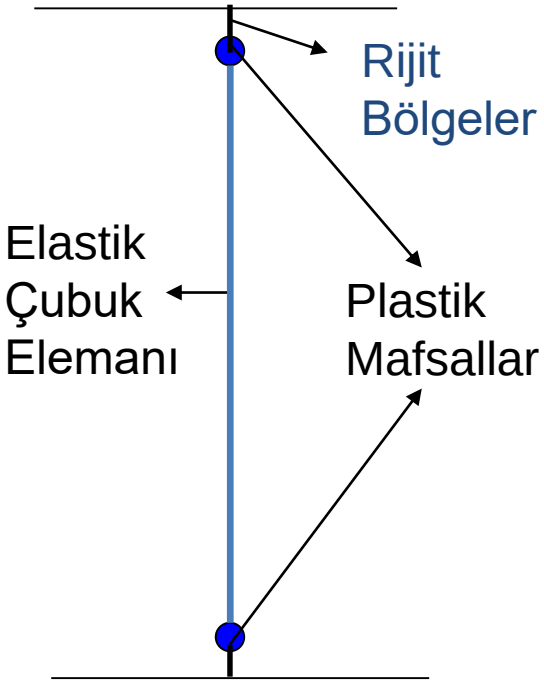
Plastik Mafsal Oluşumu

- Yük Taşıma Kapasitesi
- Deformasyon Kapasitesi
- Enerji Tüketme Kapasitesi
- Plastik Mafsal Boyu
- Plastik Mafsal Deformasyonu



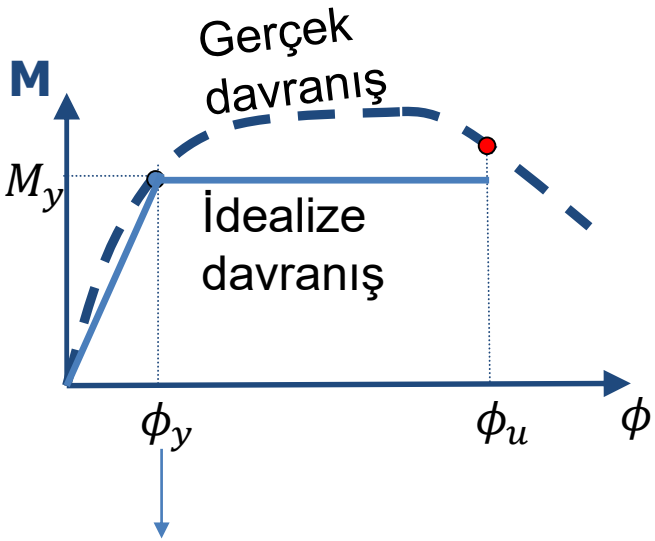
Plastik Mafsal Modeli



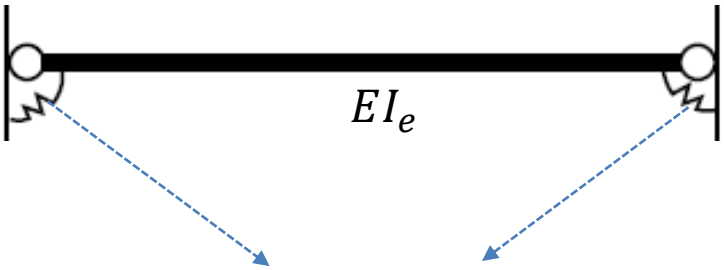


Plastik Mafsal Modeli

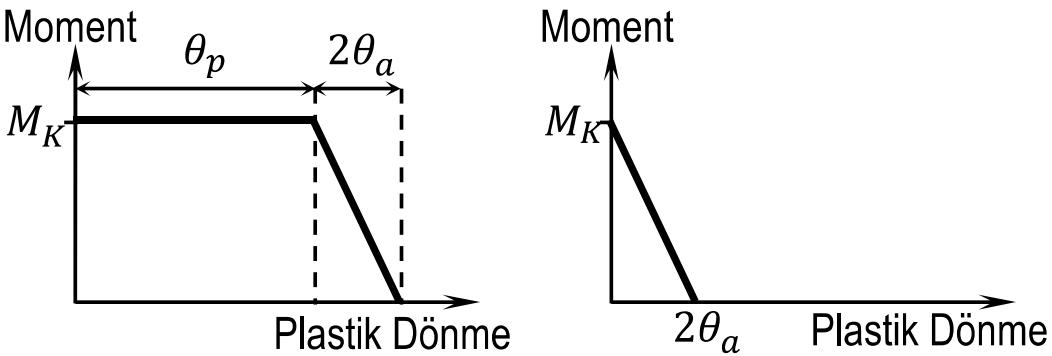
İdealize Edilmiş Davranış



Akma Eğriliği, boyuna donatının ilk kez akma durumu



Plastik Mafsallar

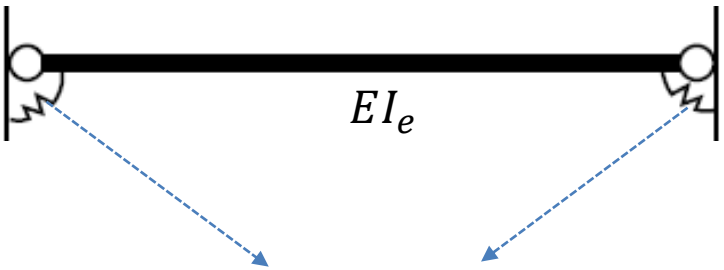


A ve B grubu elemanlar

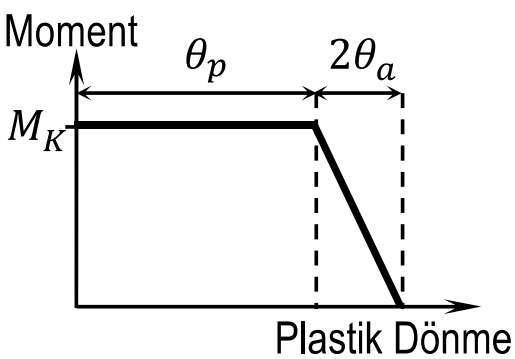
C grubu elemanlar

$(\delta/h)_{sınır}$: *Az Katlı Betonarme Tablolarından alınacak*

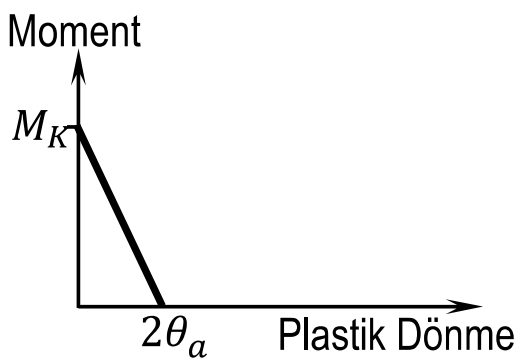
Plastik Mafsal Modeli



Plastik Mafsallar



A ve B grubu elemanlar



C grubu elemanlar

- *İki yönlü moment ve eksenel yük etkileşimini dikkate alacaktır.*
- *Plastik mafsal moment kapasitesi M_K, düşey yükler ve azaltılmış deprem etkileri altında $(G + nQ \pm E/6)$ hesaplanan eksenel yük değeri kullanılarak belirlenecektir.*
- *Kesme açıklığı (ℓ_k), kolon ve kirişlerde net açıklığın yarısı, perdelerde ise her katın tabanından perde tepesine olan uzaklık olarak alınacaktır.*

$$\theta_p = 1.4(\delta/h)_{sınır} - \theta_a \geq 0$$

$$\theta_a = \frac{M_K \ell_k}{3(EI)_e}$$

θ_a: akma dönmesi

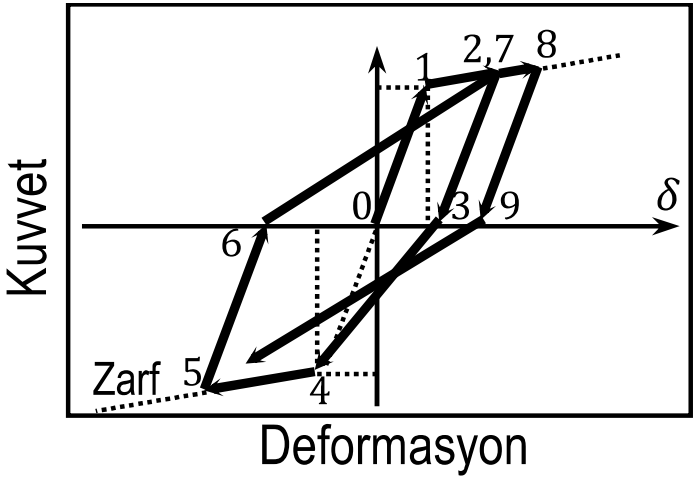
$(\delta/h)_{sınır}$: *Az Katlı Betonarme Tablolarından alınacak*

Plastik Mafsal Tersinir Çevirim Modeli: A grubu

- Dinamik Analizlerde enerji tüketiminin doğru temsil edilmesi için gereklidir.
- A grubu elemanlar doğru tasarlanıp detaylanmış olduğundan enerji tüketim modeli maksimuma yönelimli olarak alınmıştır.

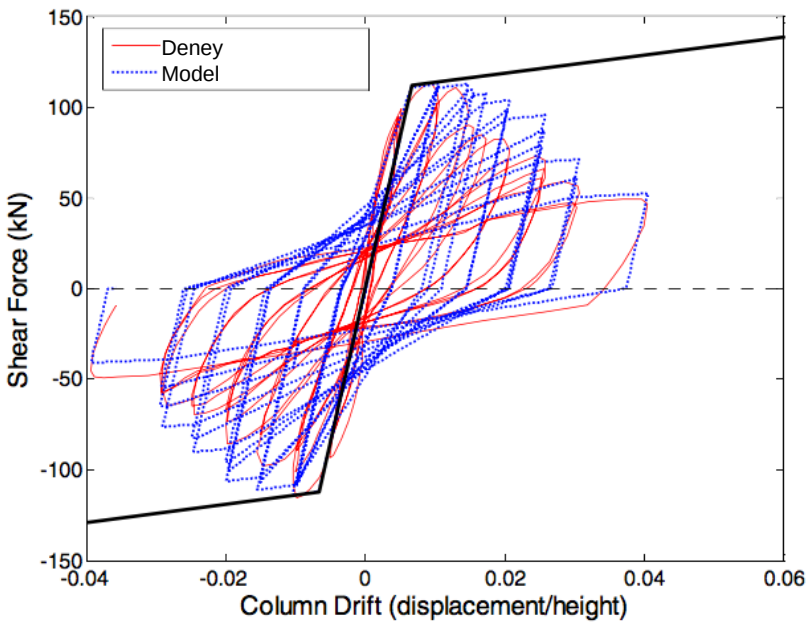
A grubu Elemanlar

- *Aralığı* $s \leq 100$ *mm olan, her iki ucunda 135° kancalı etriyesi bulunan ve toplam enine donatı alanı* $A_{sh} \geq 0.06 s b_k (f_{cm}/f_{ywm})$ *denklemini sağlayan kolonlar*
- $V_e/V_r \leq 0.7$ *(Düşük Kesme)*



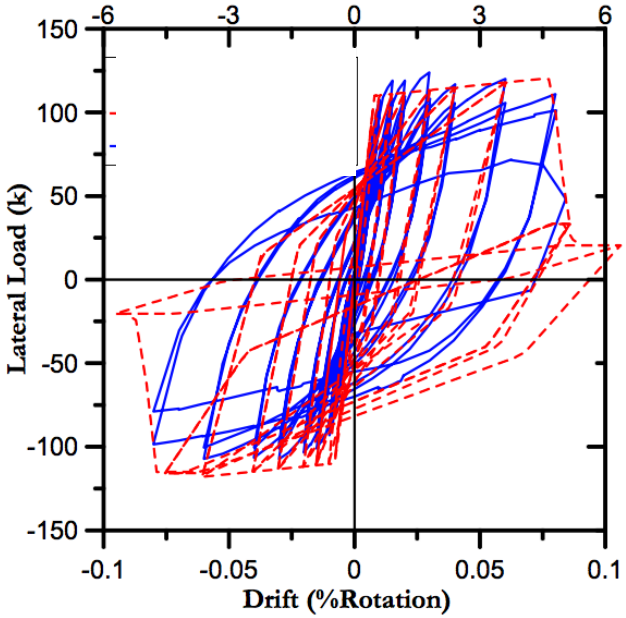
Plastik Mafsal Tersinir Çevirim Modeli: B grubu

- B grubu elemanlar tasarım yetersizliklerine sahip olduğundan tersinir çevrimsel davranış, dayanım ve rijitlik azalması ile basıklaşma etkilerini dikkate alacak şekilde modellenmelidir.
- Bu amaçla deneyler ile kalibrasyon yapılmalıdır.



Haselton et. al. (2004)

Kolon

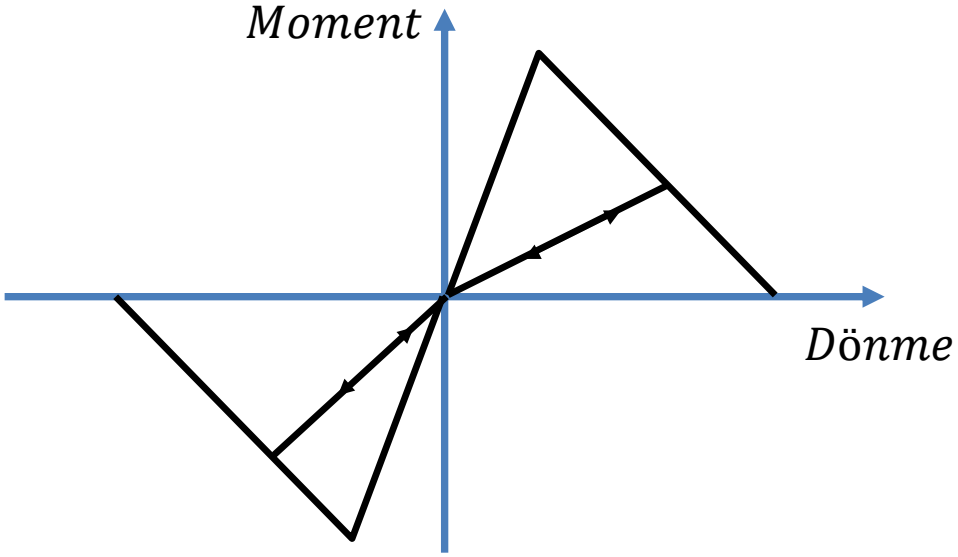


ATC 72-1

Bağ Kiriş

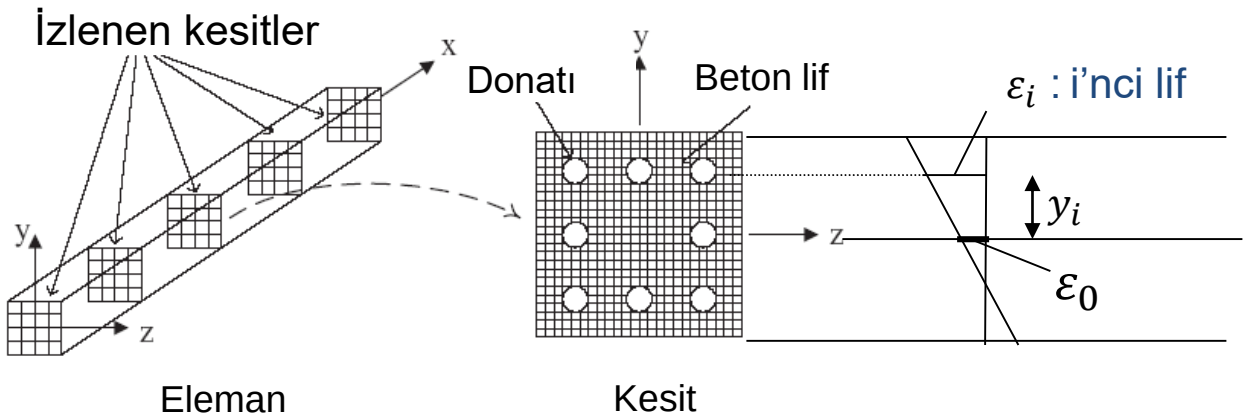
Plastik Mafsal Tersinir Çevirim Modeli: C grubu

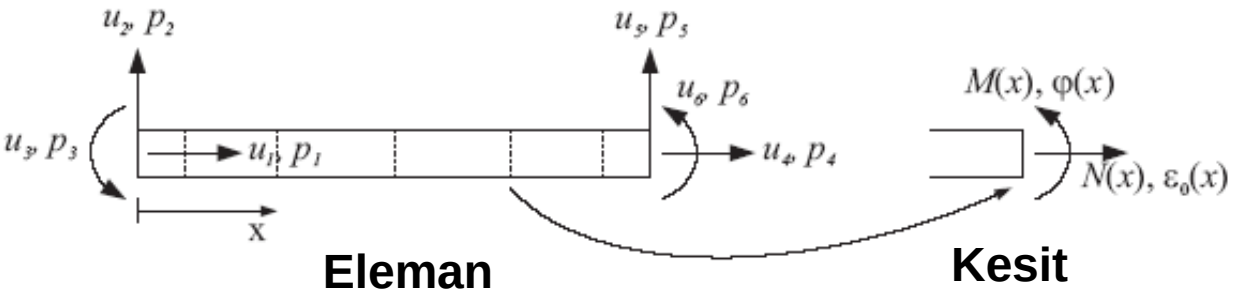
- *C grubu elemanlar tasarım yetersizliklerine sahip olduğundan gevrek göçmeye maruz kalacaktır.*
- *Bu elemanların enerji tüketim kabiliyetleri de sınırlı olduğundan orijine yönelimli bir model kullanılacaktır.*



Lif Modeli

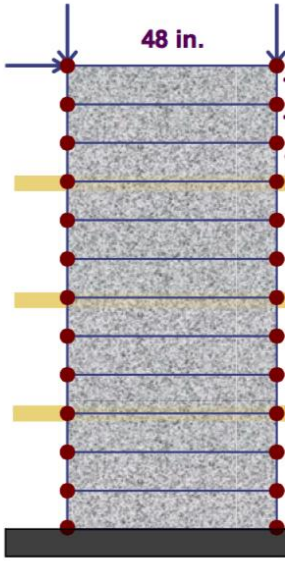
- Doğrusal olmayan davranış eleman boyunca farklı noktalarda moment-eğrilik ilişkisine benzer olarak takip edilir.
- Her bir nokta beton lifler ve donatılardan oluşan kesitler olarak tanımlanır.
- Kesit davranışı yapısal analiz içinde çözümlenir.

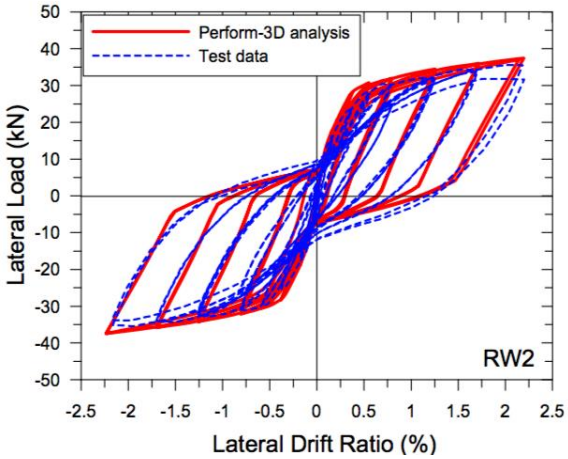




Lif Modeli Kalibrasyon

- *Lif Modeli ile temsil edilen (konsol) deney elemanları modellenerek, gerilme şekil değiştirme eğrileri kalibre edilmelidir.*
- *Lif modeli ile modellenen elemanlar için zarf davranışı plastik mafsal modeli ile tanımlanandan daha fazla süneklik göstermeyecektir.*
- *B grubu kolon ve perdeler ile ℓ_n/h_k oranı 2'den küçük olan bağ kirişlerinde tersinir çevrimsel davranış, dayanım ve rijitlik azalma ile basıklaşma etkilerini dikkate alacak şekilde modellenecektir.*
- *C grubu kolonlar için lif modeli gevrek kırılmayı yansıtacak şekilde yapılacaktır.*





Karşılaştırma

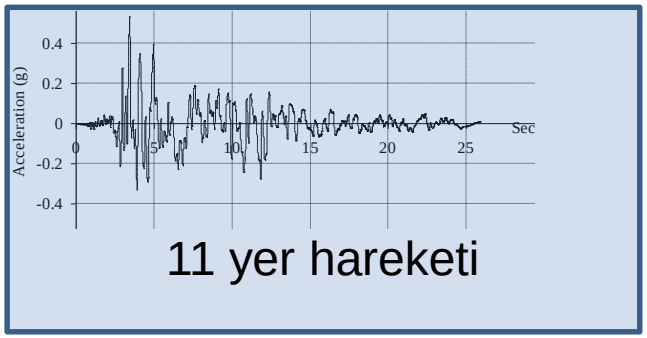
Plastik Mafsal Modeli	Lif Modeli
Etkin Rijitlik	*Rijitlik Otomatik*
Etkileşim Diyagramı gerekli	*Etkileşim otomatik*
Kalibrasyon dönme ile	*Kalibrasyon birim şekil değiştirme ile*
Analiz hızlı	*Analiz yavaş*
Sonuç derlemesi kolay	*Sonuç derlemesi zor*
Donatı kayması, kayma def katılabilir	*Donatı kayması, kayma katılması zor*
Plastik mafsal boyu	*Integrasyon nokta ağırlığı*

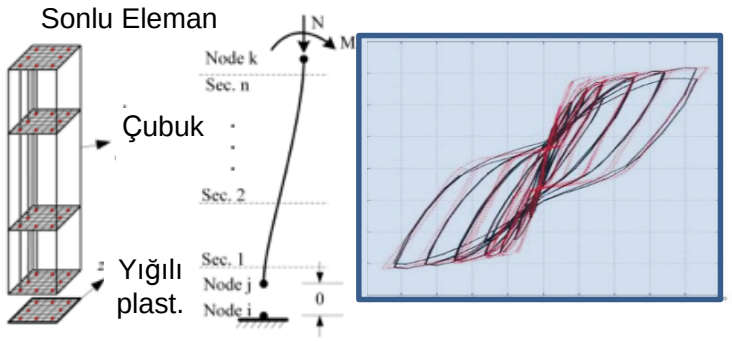
Riskli Yapı Tespit Adımları

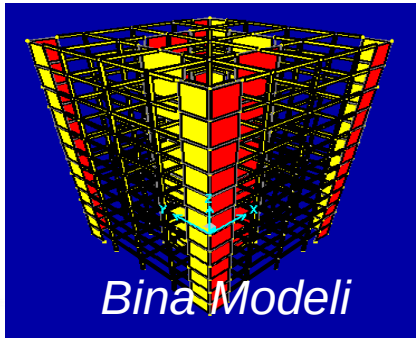
1- Elastik Analiz (G+nQ) ve E

V_e/V_r ve donatı detaylarına göre eleman sınıflandırması A, B, C

2- Zaman Tanım Alanında Elastik Ötesi Dinamik Analiz (%2.5 sönüm)





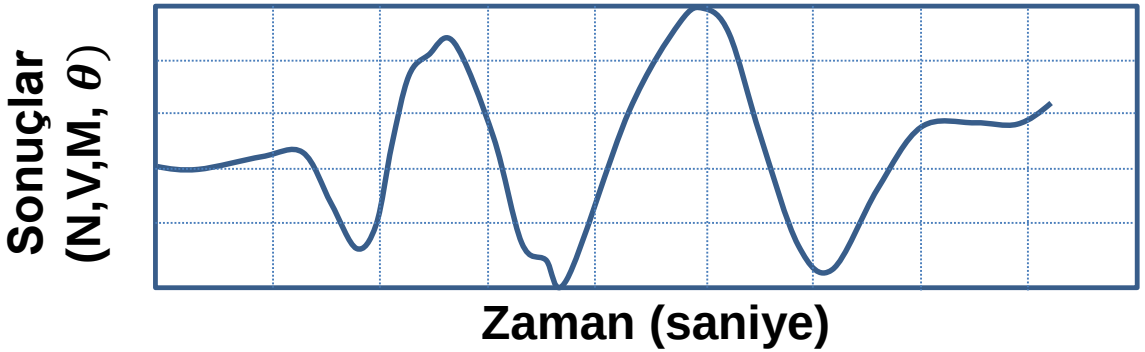


Yer Hareketi Seçimi

Modelleme ve Kalibrasyon

3- Her bir deprem analizi için zamanda maksimum istem değerleri

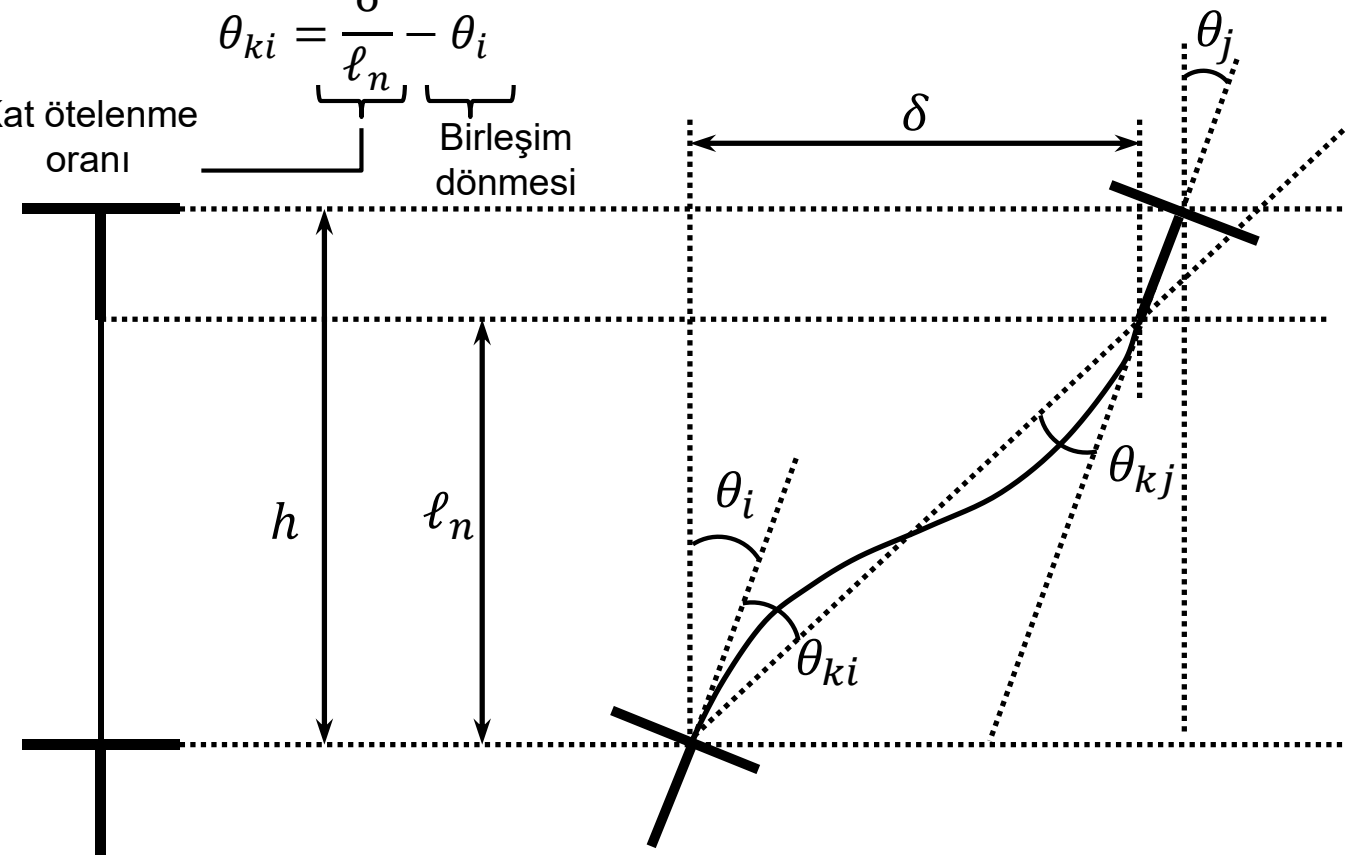
11 x 2 = 22 dinamik analiz



Eleman Risk Tespiti

Elde edilen tüm kolon uçlarında ve perde elemanların tabanında yer değiştirme eksen dönme değerlerinin Bölüm 4'e göre hesaplanan kolon ve perde kat ötelenme oranları sınır değerlerinin 1.4 katını aşması *durumunda elemanın Risk Sınırını aşığı kabul edilecektir.*

$$\theta_{ki} = \underbrace{\frac{\delta}{\ell_n}}_{\text{Kat ötelenme oranı}} - \underbrace{\theta_i}_{\text{Birleşim dönmesi}}$$



Eleman Risk Tespiti

- *Her bir doğrultu için tüm dinamik analizlerden elde edilen en büyük eleman yer değiştirme eksen dönme değerlerinin ortalaması, yer değiştirme eksen dönme istem değeri olarak alınacaktır.*
- *Tüm kolon, perde ve kiriş elemanlarında hesaplanan yer değiştirme eksen dönme istem değerlerinin Az Katlı Betonarme Binalar için verilen eleman kat ötelenme oranları sınır değerlerinin 1.4 katını* $(1.4(\delta/h)_{sınır})$ *aşması durumunda elemanın Risk Sınırını aştığı kabul edilecektir.*
- *Kirişler aşağıdaki Tablodan, C grubu kirişler* (V_e/V_r > 1.1) *için ise 0.006 olarak alınacaktır.*

Tablo 6.1 A ve B Grubu Kirişler için $(\delta/h)_{sınır}$ Değerleri

$\frac{\rho-\rho'}{\rho_b}$	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}$	Plastik mafsal bölgesinde etriye aralığı $d/4$'ten daha küçük durumu	Kiriş Grubu	$(\delta/h)_{sınır}$
<0.0	≤0.9	Var	A	0.0350
		Yok	B	0.0300
	≥1.3	Var	A	0.0300
		Yok	B	0.0150
>0.50	≤0.9	Var	A	0.0300
		Yok	B	0.0150
	≥1.3	Var	A	0.0200
		Yok	B	0.0075

Riskli Kat ve Bina Tespiti

- Risk değerlendirmesi tüm katlar için yapılacaktır.
- Herhangi bir katın riskli çıkması durumunda bina, Riskli Bina olarak kabul edilecektir.
- Bina risk tespiti her iki doğrultu için ayrı ayrı yapılacaktır.
- Her bir doğrultuda 11 takım deprem kaydının kullanıldığı doğrusal olmayan analiz sonuçları kullanılacaktır.

Kat Ötelenmesi Oranı ile Risk Tespiti

- Binada her iki doğrultu için yapılan 11 adet deprem analizinden her katın kütle merkezinin kat ötelenme oranlarının (vektörel toplam) en büyük değerleri elde edilecektir. Her iki doğrultu için ayrı ayrı elde edilen 11 değerin ortalaması, her iki doğrultu için ortalama en büyük göreli kat ötelenme değerleri olarak alınacaktır. Herhangi bir katta herhangi bir doğrultu için hesaplanan ortalama en büyük göreli kat ötelenme oranının %4'ü aşması durumunda bina, Riskli Bina olarak kabul edilecektir.

Kirişler ile Risk Tespiti

- Herhangi bir katta Risk Sınırı aşılan kiriş sayısının aynı kattaki toplam kiriş sayısına oranının %50'yi aşması durumunda bina, Riskli Bina olarak kabul edilecektir.

Riskli Kat ve Bina Tespiti

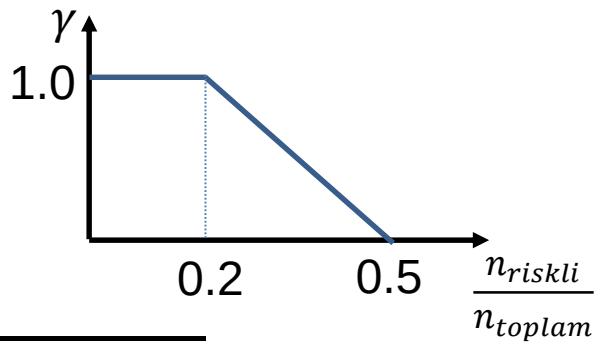
Kolonlar ile Risk Tespiti

Kat kesme kuvveti oranı sınır değeri Az Katlı Binalar için olan yaklaşım ile hesaplanacaktır. Bu değer, Denklem 6.3'te verilen γ değeri ile çarpılarak azaltılacaktır.

$$0 \leq \left[\gamma = \frac{5}{3}\left(1 - 2\frac{n_{riskli}}{n_{toplam}}\right)\right] \leq 1$$

n_{riskli} *: İncelenen katta riskli olarak tespit edilen kirişlerin sayısı*

n_{toplam} *: İncelenen katta toplam kirişlerin sayısı*



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

Riskli Kat ve Bina Tespiti

Kolonlar ile Risk Tespiti

- *Riskli bulunan kolonların ve perdelerin en büyük kesme kuvvetleri her bir deprem analizinden elde edilecektir. Belirlenen 11 değerin ortalaması, riskli eleman kesme kuvveti değeri olarak alınacaktır. Bu değerlerin toplamı riskli eleman kat kesme kuvveti (V_{kmr}) olarak hesaplanacaktır.*

- *Tüm kolonlar ve perdeler dikkate alınarak toplam kat kesme kuvveti (V_{km}) hesaplanacaktır. Riskli eleman kat kesme kuvvetinin toplam kat kesme kuvvetine bölünmesi ile kat kesme kuvveti oranı (V_{kmr}/V_{km}) hesaplanacaktır. Bu oranın hesaplanan sınır değeri aşması durumunda bina, Riskli Bina olarak kabul edilecektir.*

Son Söz

- Orta ve Yüksek Katlı Binalar için Yeni Yöntemler ortaya konmuştur.
- Orta Katlı Betonarme Binalar için yöntem doğrulanmıştır.
- Yüksek Katlı Binalar için ise zaman tanım alanında analiz yöntemi adapte edilmiştir.