



# Yeni Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (Taslak) Çerçevesinde Taşıyıcı Sistem Modellemesi

Prof. Dr. Kutlu Darılmaz (İTÜ)

darilmazk@itu.edu.tr



## TBDY Bölümler:

1. Genel Hükümler
2. Deprem Yer Hareketi
3. Binaların Değerlendirilmesi ve Tasarımı için Genel Esaslar
4. Binaların Dayanıma Göre Tasarımı için Hesap Esasları
5. Binaların Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarımı için Hesap Esasları
6. Yapısal Olmayan Bina Elemanlarının Tasarım Esasları
7. Yerinde Dökme Betonarme Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı için Özel Kurallar
8. Önüretimli Betonarme Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı için Özel Kurallar
9. Çelik Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı için Özel Kurallar
10. Hafif Çelik Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı için Özel Kurallar
11. Yığma Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı için Özel Kurallar
12. Ahşap Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı için Özel Kurallar
13. Yüksek Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı için Özel Kurallar
14. Yalıtımlı Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı için Özel Kurallar
15. Mevcut Bina Sistemlerinin Değerlendirilmesi ve Güçlendirme Tasarımı için Özel Kurallar
16. Temel Zemini ve Temellerin Tasarımı için Özel Kurallar
17. Düzenli Yerinde Dökme Betonarme Binalar için Basitleştirilmiş Tasarım Kuralları

~437 sayfa

## DBYBHY 2007 Bölümler:

1. Genel Hükümler
2. Depreme Dayanıklı Binalar için Hesap Kuralları
3. Betonarme Binalar için Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları
4. Çelik Binalar için Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları
5. Yığma Binalar için Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları
6. Temel Zemini ve Temeller için Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları
7. Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi

166 sayfa



### Deprem Yer Hareketi Düzeyleri:

#### Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD-1)

DD-1 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, gözönüne alınan **en büyük deprem yer hareketi** olarak da adlandırılmaktadır.

#### Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2)

DD-2 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, **standart tasarım deprem yer hareketi** olarak da adlandırılmaktadır.

#### Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3 (DD-3)

DD-3 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu **sık deprem yer hareketini** nitelemektedir.

#### Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4 (DD-4)

DD-4 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu çok sık deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, **servis deprem yer hareketi** olarak da adlandırılmaktadır.



### Deprem etkisi altında bina taşıyıcı sistemleri için Bina Performans Düzeyleri

#### Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi

Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında **yapısal hasarın meydana gelmediği veya hasarın ihmal edilebilir ölçüde kaldığı** duruma karşı gelmektedir.

#### Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi

Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında **sınırlı düzeyde hasarın meydana geldiği**, diğer deyişle doğrusal olmayan davranışın sınırlı kaldığı hasar düzeyine karşı gelmektedir.

#### Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi

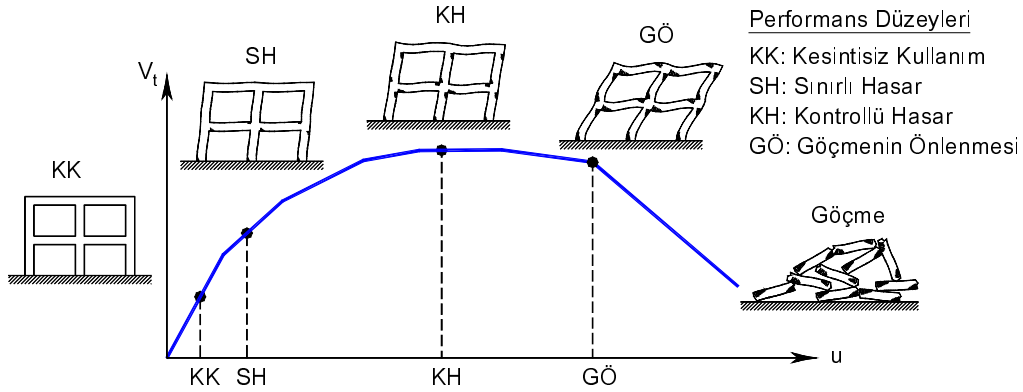
Bu performans düzeyi, can güvenliğini sağlamak üzere bina taşıyıcı sistem elemanlarında **çok ağır olmayan ve çoğunlukla onarılması mümkün** olan kontrollü hasar düzeyine karşı gelmektedir.

#### Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi

Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında **ileri düzeyde ağır hasarın meydana geldiği** göçme öncesi duruma karşı gelmektedir. Binanın **kısmen veya tamamen göçmesi önlenmiştir**.



## Deprem etkisi altında bina taşıyıcı sistemleri için Bina Performans Düzeyleri



Prof. Dr. Kutlu Darılmaz (İTÜ)



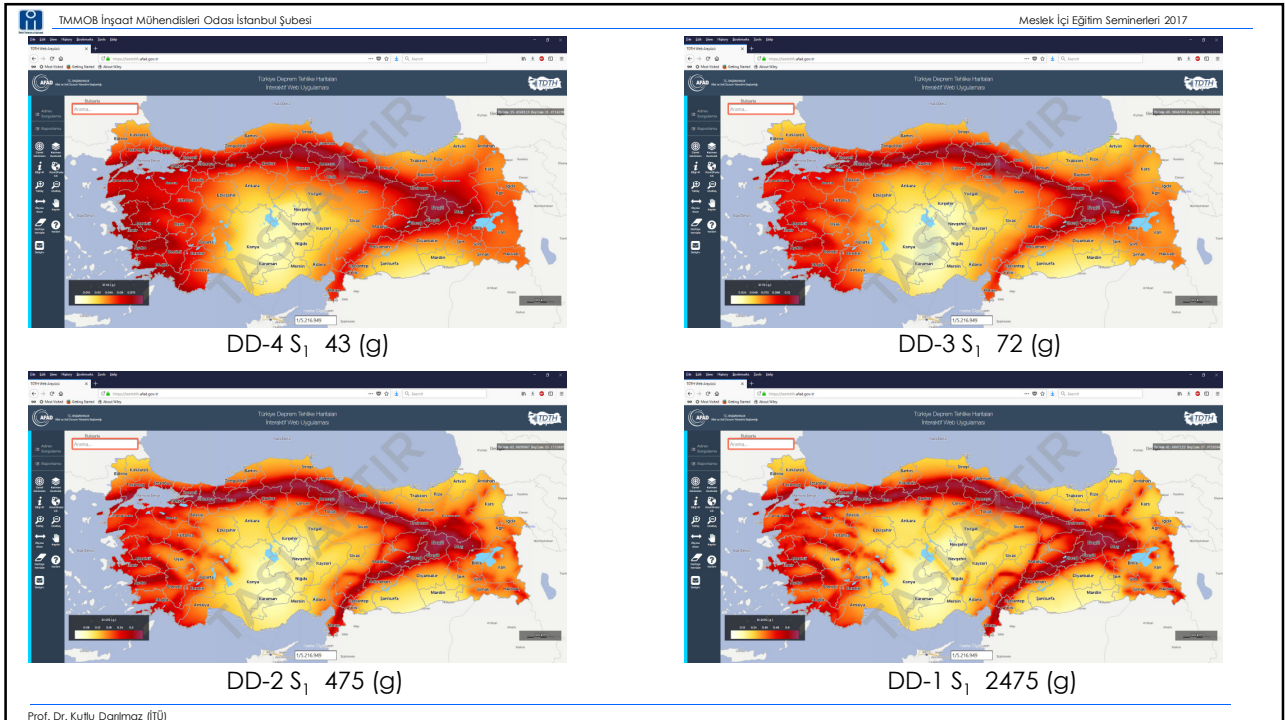
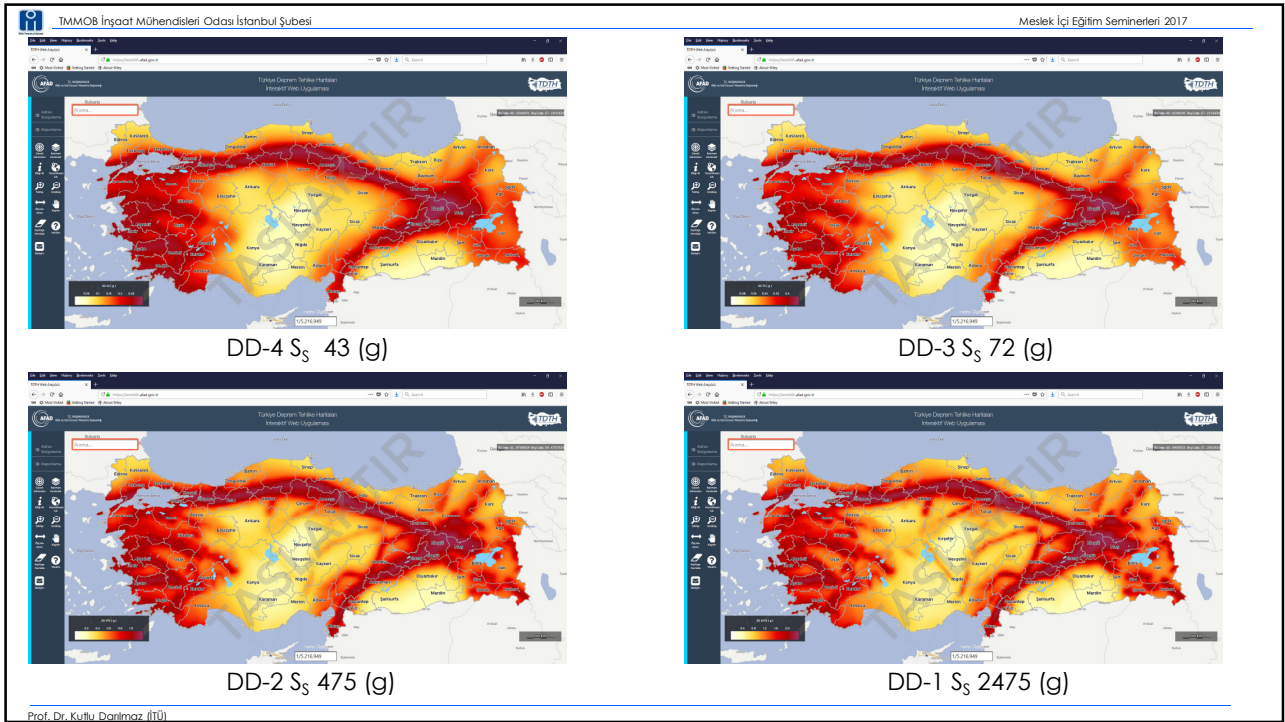
Dört farklı deprem yer hareketi düzeyi için Türkiye Deprem Tehlike Haritaları bulunmaktadır.

Boyutsuz harita spektral ivme katsayıları bu haritalardan belirleniyor.

- Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı  $S_s$
- 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı  $S_1$

Bu değerler yerel zemin etkilerini de içerecek şekilde yerel zemin etki katsayıları  $F_s$  ve  $F_1$  ile çarpılarak tasarım spektral ivme katsayıları belirlenir.

Prof. Dr. Kutlu Darılmaz (İTÜ)





İMO Karaköy Şube 41.024, 28.9781 →  $S_s=0.915$ ,  $S_1=0.254$ ,  $S_{D5}=1.098$ ,  $S_{D1}=0.381$

DBYBHY 2007 Beyoğlu 2. derece , Eminönü 1. derece

İMO Bakırköy Şube 40.989, 28.871 →  $S_s=1.148$ ,  $S_1=0.314$ ,  $S_{D5}=1.378$ ,  $S_{D1}=0.471$

DBYBHY 2007 Bakırköy 1. derece

İMO Kadıköy Şube 40.993, 29.0418 →  $S_s=0.954$ ,  $S_1=0.262$ ,  $S_{D5}=1.145$ ,  $S_{D1}=0.393$

DBYBHY 2007 Kadıköy 1. derece



### Etkin Kesit Rijitlikleri:

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı		Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
Perde-Döşeme (Düzlem İçi)	Eksenel	Kayma	Çubuk Eleman	Eğilme	Kesme
Perde	0.50	0.50	Bağ Kiriş	0.15	1.00
Bodrum Perdesi	0.80	0.50	Çerçeve Kirişi	0.35	1.00
Döşeme	0.25	0.25	Çerçeve Kolonu	0.70	1.00
			Perde (eşdeğer çubuk)	0.50	0.50
Perde-Döşeme(Düzlem Dışı)	Eğilme	Kesme			
Perde	0.25	1.00			
Bodrum Perdesi	0.50	1.00			
Döşeme	0.25	1.00			

Etkin kesit rijitlikleri çarpanları, sadece deprem etkili yük birleşimleri içinde yer alan ve bu birleşimlere giren yükler altındaki hesaplarda uygulanacaktır. (Madde 4.5.8.3)



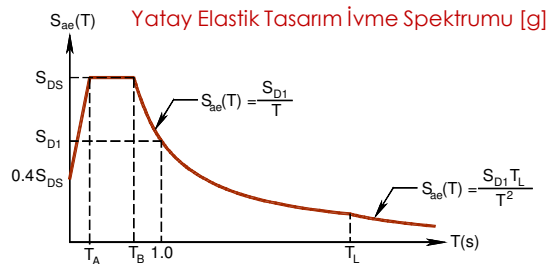
## Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R, Dayanım Fazlalığı Katsayısı

Tablo 4.1. Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı ve İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
<b>A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ</b>			
<b>A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler</b>			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	BYS ≥ 3
A12. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	BYS ≥ 2
A13. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	BYS ≥ 2
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz 4.3.4.5)	8	2.5	BYS ≥ 2
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz 4.3.4.5)	7	2.5	BYS ≥ 2
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	-

$$D = \frac{\text{Akma Dayanımı}}{\text{Tasarım Dayanımı}} > 1.0$$

Prof. Dr. Kutlu Darılmaz (İTÜ)



$$S_{ae}(T) = \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T < T_A)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B)$$

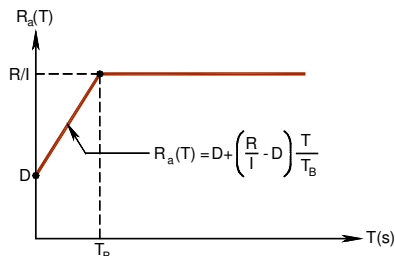
$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B < T \leq T_L)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (T_L < T)$$

Köşe periyotlar

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

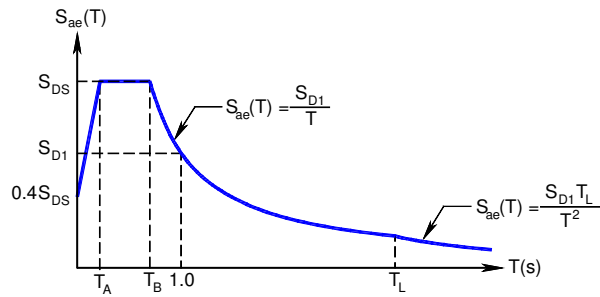
$$T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$



$$R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D\right) \frac{T}{T_B} \quad (T \leq T_B)$$

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \quad (T > T_B)$$

Prof. Dr. Kutlu Darılmaz (İTÜ)



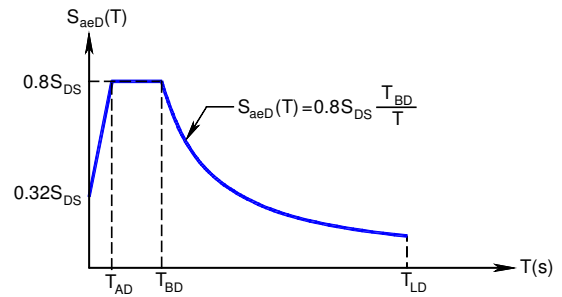
Yatay Elastik Tasarım İvme Spektrumu [g]

$$S_{ae}(T) = \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T < T_A)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B < T \leq T_L) \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (T_L < T)$$



Düşey Elastik Tasarım İvme Spektrumu [g]

$$T_{AD} = \frac{T_A}{3} \quad T_{BD} = \frac{T_B}{3} \quad T_{LD} = \frac{T_L}{2}$$



Azaltılmış tasarım spektral ivmesi  $S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_d(T)}$

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü

TBDY (Taslak)

$$V_t = m S_{aR}(T_1) \geq 0.04 m I S_{DS} g$$

DBYBHY 2007

$$V_t = W \frac{A_o I S(T_1)}{R_d(T_1)} \geq 0.10 A_o I W$$



### TBDY (Taslak)

İMO Bakırköy Şube Enlem/Boylam 40.989, 28.871 →  $S_s=1.148$ ,  $S_1=0.314$ ,  $S_{DS}=1.378$ ,  $S_{D1}=0.471$

ZC  $T_1=0.6s$   $R=7$   $D=2.5$   $I=1.0$  olan bir bina →  $T_A=0.068s$ ,  $T_B=0.341s$ ,  $S_{ae}=S_{D1}/T_1=0.785g$ ,  $R_a=R/I=7$

$S_{aR}=S_{ae}/R_a=0.112$  →  $V_i=0.112W$

Aynı Bina

DBYBHY 2007 → Bakırköy 1. derece

$T_1=0.5s$   $R=7$   $I=1.0$  → Z1  $T_A=0.10s$ ,  $T_B=0.30s$ ,  $S(T_1) = 1.66$ ,  $R_a=7$

$A_o=0.4$  →  $V_i=0.0948W$



### TBDY (Taslak)

İMO Kadıköy Şube 40.993, 29.0418 →  $S_s=0.954$ ,  $S_1=0.262$ ,  $S_{DS}=1.145$ ,  $S_{D1}=0.393$

ZC  $T_1=0.6s$   $R=7$   $D=2.5$   $I=1.0$  olan bir bina →  $T_A=0.068s$ ,  $T_B=0.343s$ ,  $S_{ae}=S_{D1}/T_1=0.655g$ ,  $R_a=R/I=7$

$S_{aR}=S_{ae}/R_a=0.0935$  →  $V_i=0.0935W$

Aynı Bina

DBYBHY 2007 Kadıköy 1. derece

$T_1=0.5s$   $R=7$   $I=1.0$  olan bir bina → Z1  $T_A=0.10s$ ,  $T_B=0.30s$ ,  $S(T_1) = 1.66$ ,  $R_a=7$

$A_o=0.4$  →  $V_i=0.0948W$





### TBDY (Taslak)

İMO Karaköy Şube 41.024, 28.9781 →  $S_5=0.915$ ,  $S_1=0.254$ ,  $S_{DS}=1.098$ ,  $S_{D1}=0.381$

ZC  $T_1=0.6s$   $R=7$   $D=2.5$   $I=1.0$  olan bir bina →  $T_A=0.069s$ ,  $T_B=0.347s$ ,  $S_{ae}=S_{D1}/T_1=0.635g$ ,  $R_a=R/I=7$

$S_{aR}=S_{ae}/R_a=0.0907$  →  $V_f=0.0907W$

Aynı Bina

DBYBHY 2007 → Beyoğlu 2. derece , Eminönü 1. derece

#### 1. Derece için

$T_1=0.5s$   $R=7$   $I=1.0$  olan bir bina → Z1  $T_A=0.10s$ ,  $T_B=0.30s$ ,  $S(T_1) = 1.66$ ,  $R_a=7$

$A_o=0.4$  →  $V_f=0.0948W$

#### 2. Derece için

$T_1=0.5s$   $R=7$   $I=1.0$  olan bir bina → Z1  $T_A=0.10s$ ,  $T_B=0.30s$ ,  $S(T_1) = 1.66$ ,  $R_a=7$

$A_o=0.3$  →  $V_f=0.0711W$



## Hesapta İzlenecek Adımlar



## 1. Yerel Zemin Sınıfının belirlenmesi.

İMO Kadıköy Şubeye yakın bir yerde yapılacak bir konut binası varsayalım.

Yüksekliği 18m

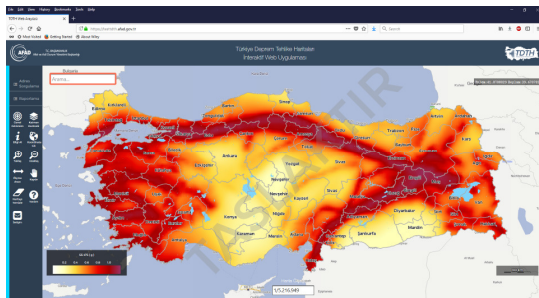
$T_1=0.6s$  (Etkin kesit rijitlikleri kullanılarak hesaplanmalı)

**Tablo 16.1 – Yerel Zemin Sınıfları**

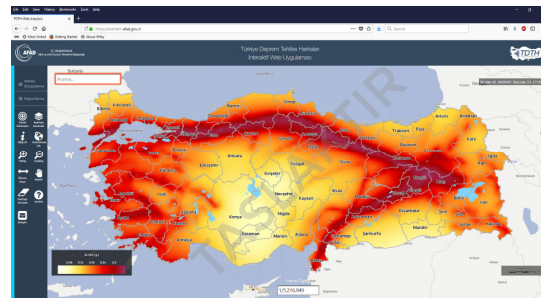
Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe /30 cm]	$(c_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	–	–
ZB	Az ayrışmış, orta sağlam kayalar	760 – 1500	–	–
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 – 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 – 360	15 – 50	70 – 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ( $c_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaştırılabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ( $PI > 50$ ) killer, 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			



## 2. Deprem Tehlike Haritasından öngörülen deprem yer hareketi düzeyi için Spektral İvme katsayıları $S_s$ ve $S_1$ 'in belirlenmesi.



$S_s$  475 (g)



$S_1$  475 (g)

İMO Kadıköy Şube 40.993, 29.0418 → DD2 deprem düzeyi için  $S_s=0.954$ ,  $S_1=0.262$



### 3. Tasarımda kullanılacak spektral ivme katsayılarının belirlenmesi. $S_{DS}=S_S F_S$ , $S_{D1}=S_1 F_1$

İMO Kadıköy Şube 40.993, 29.0418

$S_S=0.954$ ,  $S_1=0.262$ ,

$F_S=1.2$   $F_1=1.5$

$S_{DS}=1.145$ ,  $S_{D1}=0.393$

**Tablo 2.1 – Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları**

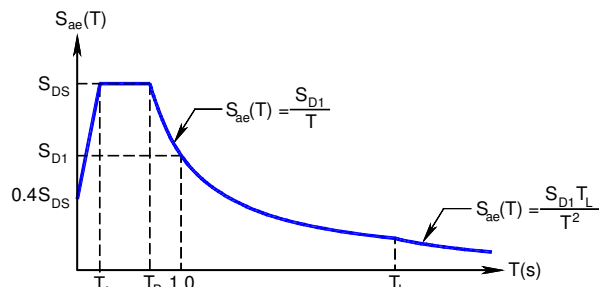
Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı $F_S$					
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.00$	$S_S = 1.25$	$S_S \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).					

**Tablo 2.2 – 1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayıları**

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı $F_1$					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).					



### 4. $S_{DS}$ ve $S_{D1}$ kullanılarak yatay ve düşey elastik tasarım spektrumlarının tanımlanması.



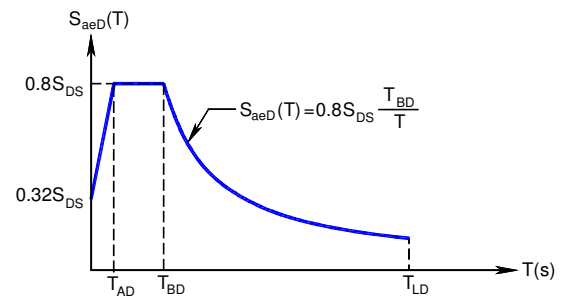
**Yatay Elastik Tasarım İvme Spektrumu [g]**

$$S_{ae}(T) = \left( 0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A} \right) S_{DS} \quad (0 \leq T < T_A)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B < T \leq T_L) \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (T_L < T)$$



**Düşey Elastik Tasarım İvme Spektrumu [g]**

$$T_{AD} = \frac{T_A}{3} \quad T_{BD} = \frac{T_B}{3} \quad T_{LD} = \frac{T_L}{2}$$

$$S_{DS}=1.145, S_{D1}=0.393$$

$$T_1=0.6s \rightarrow T_A=0.068s, T_B=0.343s,$$

$$T > T_B \rightarrow S_{ae} = S_{D1}/T = 0.655g$$



### 5. Bina kullanım sınıfı (BKS) ve Bina önem katsayısının (I) belirlenmesi.

Hastane, İtfaiye binası, Okul → BKS=1 , I=1.5

Konut, işyeri → BKS=3 , I=1.0

Konut → BKS=3 I=1.0

**Tablo 3.1 – Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları**

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS=1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kıışlalar, cezaevleri, vb. c) Müzeler d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
BKS=2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1.2
BKS=3	Diğer binalar BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1.0



### 6. BKS ve $S_{DS}$ (DD2 için) kullanılarak Deprem Tasarım Sınıfının (DTS) belirlenmesi.

$S_{DS} \geq 0.75$  Hastane → DTS=1a       $0.50 \leq S_{DS} \leq 0.75$  Hastane → DTS=2a

$S_{DS} \geq 0.75$  Konut → DTS=1       $0.50 \leq S_{DS} \leq 0.75$  Konut → DTS=2

**Tablo 3.2 – Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)**

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı ( $S_{DS}$ )	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{DS} < 0.33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0.50 \leq S_{DS} < 0.75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0.75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

$S_{DS}=1.145 \geq 0.75$  BKS=3 → DTS=1



## 7. Bina yüksekliği $H_N$ ve Deprem Tasarım Sınıfına (DTS) bağlı olarak Bina Yükseklik Sınıfının (BYS) belirlenmesi

**Tablo 3.3 – Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları**

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS = 3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS = 4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS = 5	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS = 6	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

DTS=1,  $H_N=18m \rightarrow$  BYS=5



## 8. Deprem Tasarım Sınıfına (DTS) bağlı olarak Performans hedeflerinin ve uygulanacak değerlendirme/tasarım yaklaşımının belirlenmesi.

**Tablo 3.4. Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Yeni Yapılacak veya Mevcut Binalar İçin Performans Hedefleri ve Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımları**

(a) Yeni Yapılacak Yerde Dökme Betonarme, Öntretimli Betonarme ve Çelik Binalar (Yüksek Binalar Dışında – BYS  $\geq 2$ )

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 1a <sup>(1)</sup> , 2, 2a <sup>(1)</sup> , 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a <sup>(2)</sup> , 2a <sup>(2)</sup>	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT <sup>(5)</sup>	KH	DGT <sup>(3,4)</sup>
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

<sup>(1)</sup> BYS  $> 3$  olan binalarda uygulanacaktır.

<sup>(2)</sup> BYS = 2,3 olan binalarda uygulanacaktır.

<sup>(3)</sup> Ön tasarım olarak yapılacaktır.

<sup>(4)</sup>  $I = 1.5$  alınarak uygulanacaktır.

DTS=1 , BYS=5 ( $H_N=18m$ )

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde DGT yaklaşımı  
Performans hedefi  $\rightarrow$  Kontrollü Hasar (KH)



## 8. Deprem Tasarım Sınıfına (DTS) bağlı olarak Performans hedeflerinin ve uygulanacak değerlendirme/tasarım yaklaşımının belirlenmesi.

**Tablo 3.4. Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Yeni Yapılacak veya Mevcut Binalar İçin Performans Hedefleri ve Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımları**

(a) Yeni Yapılacak Yerinde Dökme Betonarme, Öntretimli Betonarme ve Çelik Binalar (Yüksek Binalar Dışında –  $BYS \geq 2$ )

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 1a <sup>(1)</sup> , 2, 2a <sup>(1)</sup> , 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a <sup>(2)</sup> , 2a <sup>(2)</sup>	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT <sup>(5)</sup>	KH	DGT <sup>(3,4)</sup>
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

- (1)  $BYS > 3$  olan binalarda uygulanacaktır.  
 (2)  $BYS = 2,3$  olan binalarda uygulanacaktır.  
 (3) Ön tasarım olarak yapılacaktır.  
 (4)  $I = 1.5$  alınarak uygulanacaktır.

DTS=1a (BKS=1 → hastane) ve  $BYS=3$  ( $H_N=45m$ ) olsaydı

DD-2 Deprem Düzeyinde  $I=1.5$  alarak DGT ile öntasarım → Performans hedefi → Kontrollü Hasar (KH)

DD-1 Deprem Düzeyinde (en büyük deprem) ŞGDT → Performans hedefi → Kontrollü Hasar (KH)

DD-3 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde (sık deprem) ŞGDT → Performans hedefi → Sınırlı Hasar (SH)



(b) Yeni Yapılacak veya Mevcut Yüksek Binalar ( $BYS = 1$ )

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-4	KK	DGT	—	—
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT <sup>(3)</sup>	KH	DGT <sup>(3,4)</sup>
DD-1	GÖ	ŞGDT	KH	ŞGDT

- (1)  $BYS > 3$  olan binalarda uygulanacaktır.  
 (2)  $BYS = 2,3$  olan binalarda uygulanacaktır.  
 (3) Ön tasarım olarak yapılacaktır.  
 (4)  $I = 1.5$  alınarak uygulanacaktır.

DTS=1 ve  $BYS=1$  ( $H_N=75m$ ) olsaydı → Yüksek Bina

DD-2 Deprem Düzeyinde (tasarım depremi) DGT ile öntasarım → Performans hedefi → Kontrollü Hasar (KH)

DD-1 Deprem Düzeyinde (en büyük deprem) ŞGDT → Performans hedefi → Göçmenin Önlenmesi (GÖ)

DD-4 Deprem Düzeyinde (servis depremi) DGT → Performans hedefi → Kesintisiz Kullanım (KK)



### Dayanıma Göre Tasarım (DGT)

Doğrusal hesap

Dayanıma Göre Tasarım (DGT) yaklaşımında:

- Öngörülen belirli bir performans hedefi için tanımlanan taşıyıcı sistem süneklik kapasitesine karşı gelen azaltılmış deprem yükleri belirlenir.
- Azaltılmış deprem yükleri altında taşıyıcı sistemin doğrusal deprem hesabı yapılır. Bu hesaptan bulunan eleman azaltılmış iç kuvvetleri, diğer yüklerden oluşan iç kuvvetlerle birleştirilerek dayanım talepleri elde edilir.
- Eleman dayanım talepleri, öngörülen performans hedefi için tanımlanmış bulunan eleman iç kuvvet kapasiteleri (dayanım kapasiteleri) ile karşılaştırılır.
- Deprem hesabından elde edilen göreceli kat ötelemeleri izin verilen sınırlarla karşılaştırılır.



### Şekildeğiştirmeye Göre Tasarım/Değerlendirme (ŞGTD)

Doğrusal olmayan hesap

Şekildeğiştirmeye Göre Tasarım/Değerlendirme (ŞGTD) yaklaşımında:

- Öngörülen performans hedefleri ile uyumlu deprem yer hareketleri altında taşıyıcı sistemin hesabı yapılır
- Sünek davranışa ilişkin şekildeğiştirme talepleri ve gevrek davranışa ilişkin dayanım talepleri elde edilir.
- Elde edilen şekildeğiştirme ve iç kuvvet öngörülen performans hedefleri ile uyumlu olarak tanımlanan şekildeğiştirme ve dayanım kapasiteleri ile karşılaştırılır.



### Taşıyıcı Sistemler Süneklik Düzeyleri

- Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler
- Süneklik Düzeyi Sınırlı Sistemler
- Süneklik Düzeyi Karma Sistemler (SDS Çerçeve+SDY Betonarme Perde)

#### Yüksek

- A11 - SDY Çerçeve
- A12 - SDY Bağ Kirişli (boşluklu) betonarme perdeler
- A13 - SDY Boşluksuz betonarme perdeler
- A14 - SDY Çerçeve+ SDY Bağ Kirişli (boşluklu) betonarme perdeler
- A15 - SDY Çerçeve+ SDY Boşluksuz betonarme perdeler

...

#### Karma

- A21 - SDS Çerçeve+ SDY Bağ Kirişli (boşluklu) betonarme perdeler
- A22 - SDS Çerçeve+ SDY Boşluksuz betonarme perdeler
- A23 - Dişli döşemeli SDS Çerçeve+ SDY Bağ Kirişli (boşluklu) betonarme perdeler
- A24 - Dişli döşemeli SDS Çerçeve+ SDY Boşluksuz betonarme perdeler

#### Sınırlı

- A31 - SDS Çerçeve
- A32 - SDS Boşluksuz betonarme perdeler
- A33 - SDS Çerçeve+ SDS Boşluksuz betonarme perdeler



### Taşıyıcı Sistemler Süneklik Düzeyleri

#### Ek koşullar

$DTS=1a,2a,3a,4a \rightarrow$  süneklik düzeyi **sınırlı** taşıyıcı sistemler **kullanılamaz**.

$BYS \leq 6$  olan ( $H_N > 10.5m$ ) ve  $DTS=1a$  ve  $DTS=2a \rightarrow$  süneklik düzeyi **karma** taşıyıcı sistemler **kullanılamaz**.

Deprem etkilerinin **tamamı moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı betonarme çerçevelerle** karşılanan taşıyıcı sistemler sadece  **$DTS=3$**  ve  **$DTS=4$**  olan binalarda kullanılacaktır.

Dişli döşemeli sistemler, perde içermiyorsa  $\rightarrow$  süneklik düzeyi sınırlı taşıyıcı sistem kabul edilir. sadece  $DTS=3$  ve  $DTS=4$  olan binalarda kullanılabilir.

Bu sistemler bağ kirişli (boşluklu) ve/veya boşluksuz perdeler ile birlikte düzenlenerek **süneklik düzeyi karma** sistemler olarak yapılabilir.





### Taşıyıcı Sistemler Süneklik Düzeyleri Kirişsiz Döşemeli Sistemler

Sadece **kirişsiz döşemeleri** içeren taşıyıcı sistemlerde, deprem etkilerinin tamamı betonarme binalarda süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) ve/veya boşluksuz perdeler veya süneklik düzeyi sınırlı boşluksuz perdeler tarafından karşılanacaktır.

Bu tür sistemlerin hesabı iki aşamada yapılacaktır.

- Birinci aşama hesapta çerçeve kolonları alttan ve üstten mafsallı alınacaktır.
- İkinci aşama hesapta ise bu elemanların bağlantıları monolitik olarak modellenecektir.

Perde, kolon ve döşemelerdeki iç kuvvetler, iki aşamada elde edilenlerin elverişsiz olanı olarak hesaplanacaktır.

Görelî kat ötelemeleri ikinci aşama hesaptan elde edilecektir



### Taşıyıcı Sistemler Süneklik Düzeyleri

SDY Çerçeve +SDY boşluklu veya boşluksuz perdeli sistemlerde

Perdelerin deprem yükleri etkisinde devrilme momenti aşağıdaki koşulu sağlamalıdır.

$$0.40M_o < \Sigma M_{DEV} < 0.75M_o$$

$\Sigma M_{DEV} \geq 0.75M_o \rightarrow$  Perdeler etkin  $\rightarrow$  Tamamını perdeler taşıyor şeklinde R ve D düzenleniyor

A14 SDY Çerçeve+SDY boşluklu perde sistem (R=8, D=2.5) ise A12 SDY boşluklu perdeli sistemin R ve D'si kullanılıyor (R=7, D=2.5)  $\rightarrow$  (R azaltılıyor)

A15 SDY Çerçeve+SDY boşluksuz perde sistem (R=7, D=2.5) ise A13 SDY boşluksuz perdeli sistemin R ve D'si kullanılıyor (R=6, D=2.5) (R azaltılıyor)

$\Sigma M_{DEV} \leq 0.40M_o \rightarrow$  Çerçeve etkin  $\rightarrow$  R ve D değiştirilmiyor ancak izin verilen BYS 1 artırılarak yüksekliğe sınır getiriliyor.



## Yerinde Dökme Betonarme Elemanlar ile İlgili Bölüm



## Yerinde Dökme Betonarme Elemanlar ile İlgili Bölüm

### Malzeme:

C25-C80 beton sınıfları kullanılacaktır  
 C50'den daha yüksek için TS EN 1992-1  
 $\leq$ C50  $\rightarrow$  TS500  
 $<$ C25  $\rightarrow$  izin verilmiyor.

Table 19.2.1.1—Limits for  $f_c$

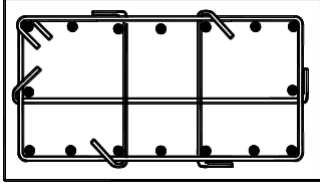
Application	Concrete	Minimum $f_c$ , MPa	Maximum $f_c$ , MPa
General	Normalweight and lightweight	17	None
Special moment frames and special structural walls	Normalweight	21	None
	Lightweight	21	35 <sup>(1)</sup>

Deprem etkisini karşılayan elemanlarda:

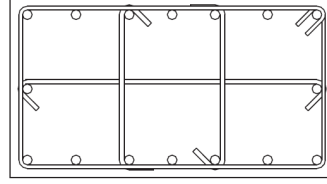
B420C, B500C ve belirli koşulları sağlayan S420 nervürlü donatı çelikleri kullanılmalıdır.  
 Yüksek bina taşıyıcı sistemlerinde yalnızca B420C ve B500C kalitesinde nervürlü donatı çelikleri kullanılacaktır.

**TBDY**

Çirozlar, her iki uçlarında mutlaka boyuna donatıları ve dış etriyeyi saracaktır.

**DBYBHY 2007**

Çirozlar, her iki uçlarında mutlaka boyuna donatıları saracaktır.

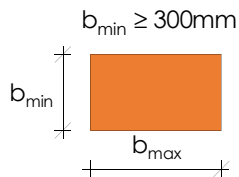
**SÜNEKLİK DÜZEYİ YÜKSEK KOLONLAR****TBDY**

Dikdörtgen kesitli kolonların en küçük enkesit boyutu 300 mm'den ve dairesel kolonların çapı 350 mm'den küçük olmayacaktır.

$$A_c \geq \frac{N_{dm}}{0.40f_{ck}}$$

$$\rho_{min} = 0.01$$

$$\rho_{max} = 0.04$$

**DBYBHY 2007**

Dikdörtgen kesitli kolonların en küçük enkesit boyutu 250 mm'den ve enkesit alanı 75000mm<sup>2</sup>'den daha az olmayacaktır.

Dairesel kolonların çapı 300 mm'den küçük olmayacaktır

$$A_c \geq \frac{N_{dm}}{0.50f_{ck}}$$

$$\rho_{min} = 0.01$$

$$\rho_{max} = 0.04$$

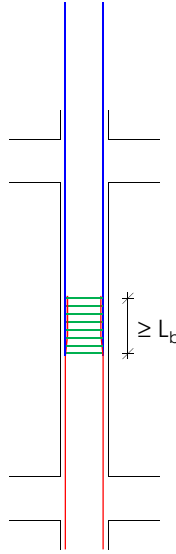


### SÜNEKLİK DÜZEYİ YÜKSEK KOLONLAR

#### TBDY

Kolon boyuna donatılarının bindirmeli ekleri, kolonun serbest yüksekliğinin orta üçte birlik bölgesinde yapılacaktır. Bindirmeli ekinin boyu  $L_b$  'den küçük olmayacaktır.

Bindirmeli ek boyunca yerleştirilecek enine donatıların aralığı kolonun en küçük boyutunun 1/3'ünden ve 150 mm'den büyük olmayacaktır.



#### DBYBHY 2007

Kolon boyuna donatılarının bindirmeli ekleri, mümkün olabildiğince kolon orta bölgesinde yapılmalıdır. Bu durumda bindirmeli ek boyu kenetlenme boyu  $L_b$  'ye eşit olacaktır.



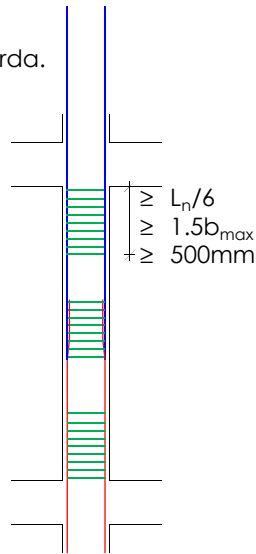
### SÜNEKLİK DÜZEYİ YÜKSEK KOLONLAR

#### TBDY

Sarıma bölgesi alt ve üst uçlarda.

$$\begin{aligned} &\geq L_n/6 \\ &\geq 1.5b_{max} \\ &\geq 500mm \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s_c &\geq 50mm \\ s_c &\leq 150mm; b_{min}/3; 6\phi_L \end{aligned}$$



#### DBYBHY 2007

Sarıma bölgesi alt ve üst uçlarda.

$$\begin{aligned} &\geq L_n/6 \\ &\geq b_{max} \\ &\geq 500mm \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s_c &\geq 50mm \\ s_c &\leq 100mm; b_{min}/3 \end{aligned}$$



### Kolonların Kesme Güvenliği

#### TBDY

$$V_e = \min \left[ \frac{M_a + M_{\ddot{u}}}{L_n}; V_G + V_Q + D \cdot V_E \right]$$

$$V_e \leq 0.85 A_w \sqrt{f_{ck}}$$

$A_w$ : Kolon enkesiti etkin gövde alanı  
(depreme dik doğrultudaki kolon çıkıntılarının alanı hariç)

$$C30 \rightarrow 0.85 \sqrt{f_{ck}} = 4.66$$

$$C50 \rightarrow 0.85 \sqrt{f_{ck}} = 6.01$$

#### DBYBHY 2007

$$V_e = \min \left[ \frac{M_a + M_{\ddot{u}}}{L_n}; V_G + V_Q + V_{E, R_d=2} \right]$$

$$V_e \leq 0.22 A_w f_{cd}$$

$$C30 \rightarrow 0.22 f_{cd} = 4.4$$

$$C50 \rightarrow 0.22 f_{cd} = 7.33$$



### Süneklik Düzeyi Yüksek Kiriş Enkesiti:

#### TBDY

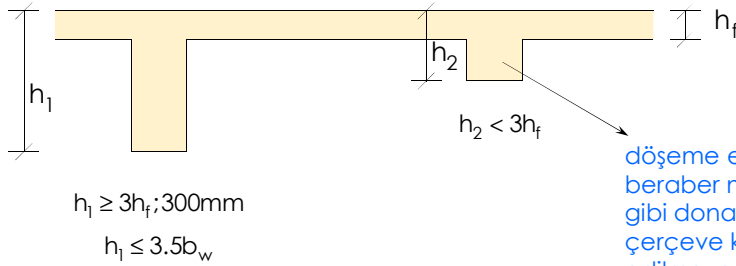
Kiriş gövde genişliği en az 250 mm olacaktır. Kiriş gövde genişliği, kiriş yüksekliği ile kirişin birleştiği kolonun veya perdenin kirişe dik genişliğinin toplamını geçmeyecektir.

Kiriş yüksekliği, döşeme kalınlığının 3 katından ve 300 mm'den daha az olmayacaktır. Bu şartı sağlamayan elemanlar, çözümlenmede döşeme elemanları ile beraber modellenen, kiriş gibi donatılacak, ancak çerçeve kirişi olarak kabul edilmeyecektir. Ayrıca, kiriş yüksekliği kiriş gövde genişliğinin 3.5 katından fazla olmayacaktır.

#### DBYBHY 2007

Kiriş gövde genişliği en az 250 mm olacaktır. Gövde genişliği, kiriş yüksekliği ile kirişin birleştiği kolonun kirişe dik genişliğinin toplamını geçmeyecektir.

Kiriş yüksekliği, döşeme kalınlığının 3 katından ve 300 mm'den daha az, kiriş gövde genişliğinin 3.5 katından daha fazla olmayacaktır.



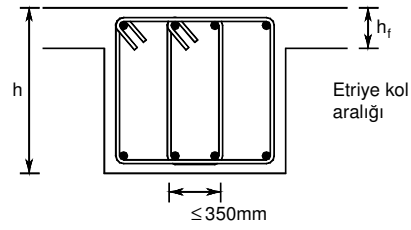
### Süneklik Düzeyi Yüksek Kiriş Enkesiti:

#### TBDY

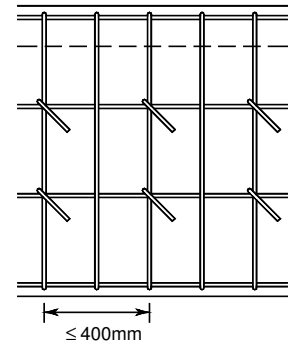
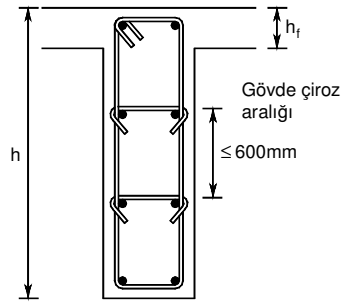
Kiriş yüksekliği, serbest açıklığın 1/4'ünden daha fazla olduğu durumda kiriş gövdesinin her iki yüzüne, kiriş yüksekliği boyunca boyuna gövde donatısı konulacaktır. Toplam boyuna gövde donatısı alanı, sağ veya sol mesnet kesitlerinde üst ve alt boyuna donatı alanları toplamının en büyüğünün %30'undan daha az olmayacaktır. Gövde donatısı çapı 12 mm'den az, aralığı ise 300 mm'den fazla olmayacaktır. Kiriş yüksekliği boyunca 600 mm'yi ve kiriş eksenini boyunca 400 mm'yi geçmeyen aralıklarla yatay gövde çirozları konulacaktır.

#### DBYBHY 2007

Kiriş yüksekliği, serbest açıklığın 1/4'ünden daha fazla olmamalıdır. Aksi durumda kiriş gövdesinin her iki yüzüne, kiriş yüksekliği boyunca gövde donatısı konulacaktır. Toplam gövde donatısı alanı, sağ veya sol mesnet kesitlerinde üst ve alt boyuna donatı alanları toplamının en büyüğünün %30'undan daha az olmayacaktır. Gövde donatısı çap 12 mm'den az, aralığı ise 300 mm'den fazla olmayacaktır.



Kiriş eksenine dik doğrultuda etriye kolları arası uzaklık  $\leq 350\text{mm}$



$h > L_n / 4 \rightarrow$  Gövde donatısı

$$A_{s,\text{gövde donatısı}} \geq 0.30 \cdot \max [A_{s,\text{sol üst}} + A_{s,\text{sol alt}} ; A_{s,\text{sağ üst}} + A_{s,\text{sağ alt}}]$$

$$\phi_{\text{gövde donatısı}} \geq 12\text{mm} \quad s_{\text{gövde donatısı}} \leq 300\text{mm}$$

$$s_{\text{tutulu gövde donatısı,v}} \leq 600\text{mm}$$

$$s_{\text{tutulu gövde donatısı,h}} \leq 400\text{mm}$$



### ACI 318

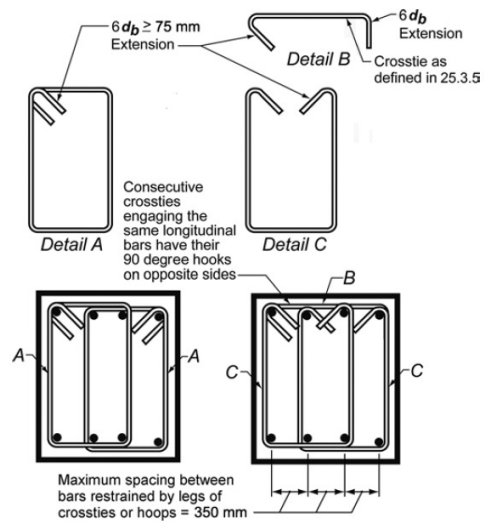


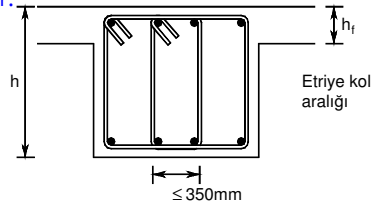
Fig. R18.6.4— Examples of overlapping hoops and illustration of limit on maximum horizontal spacing of supported longitudinal bars.



### Süneklik Düzeyi Yüksek Kiriş Enine Donatı:

#### TBDY

Kiriş mesnetlerinde kolon yüzünden itibaren kiriş yüksekliğinin iki katı kadar uzunluktaki bölge, *Sarılma Bölgesi* olarak tanımlanır. Bu bölge boyunca özel *deprem etriyeleri* kullanılacaktır. Sarılma bölgelerinde  $\phi 8$  den küçük çaplı enine donatı kullanılmayacak ve ilk etriyenin kolon yüzüne uzaklığı en çok 50 mm olacaktır. daha elverişsiz bir değer elde edilmedikçe, etriye aralıkları kiriş etkili yüksekliğinin 1/4'ünü, en küçük boyuna donatı çapının sekiz katını ve 150 mm'yi aşmayacaktır. Sarılma bölgesi dışında, TS 500'de verilen enine donatı koşullarına uyulacaktır. **Kiriş eksenine dik doğrultuda etriye kolları aralığı 350 mm'yi aşmayacaktır.**



Prof. Dr. Kutlu Dorimoz (İTÜ)

#### DBYBHY 2007

Kiriş mesnetlerinde kolon yüzünden itibaren kiriş derinliğinin iki katı kadar uzunluktaki bölge, *Sarılma Bölgesi* olarak tanımlanacak ve bu bölge boyunca özel *deprem etriyeleri* kullanılacaktır. Sarılma bölgesinde, ilk etriyenin kolon yüzüne uzaklığı en çok 50 mm olacaktır. daha elverişsiz bir değer elde edilmedikçe, etriye aralıkları kiriş yüksekliğinin 1/4'ünü, en küçük boyuna donatı çapının 8 katını ve 150 mm'yi aşmayacaktır. Sarılma bölgesi dışında, TS-500'de verilen minimum enine donatı koşullarına uyulacaktır.



### Kiriş Kesme Güvenliği:

#### TBDY

$$V_e = \min \left[ V_{dy} \pm \frac{M_{pi} + M_{pj}}{L_n}; V_G + V_Q + D \cdot V_E \right]$$

$$V_e \leq 0.85 b_w d \sqrt{f_{ck}}$$

#### ACI 318

11.4.7.9 —  $V_s$  shall not be taken greater than  $0.66 \sqrt{f'_c} b_w d$ .

11.2.1.1 — For members subject to shear and flexure only,

$$V_c = 0.17 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \quad (11-3)$$

$$V_e \leq V_c + V_s \quad V_c = 0.17 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$V_e \leq 0.17 b_w d \sqrt{f'_c} + 0.66 b_w d \sqrt{f'_c} = 0.83 b_w d \sqrt{f'_c}$$

Prof. Dr. Kutlu Dorimoz (İTÜ)

#### DBYBHY 2007

$$V_e = \min \left[ V_{dy} \pm \frac{M_{pi} + M_{pj}}{L_n}; V_G + V_Q + V_{E,R_o=2} \right]$$

$$V_e \leq 0.22 b_w d f_{cd}$$





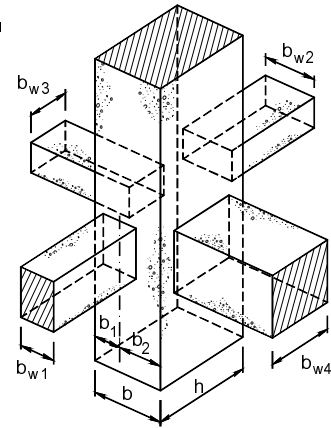
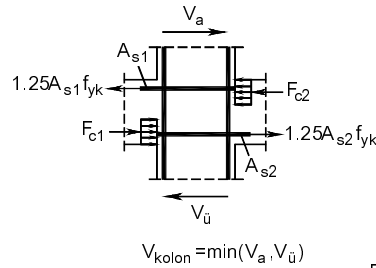
## Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesi

### TBDY

Kuşatılmış birleşim koşulları

$$b_{w1} \text{ ve } b_{w2} \geq \frac{3}{4} b$$

$$b_{w3} \text{ ve } b_{w4} \geq \frac{3}{4} h$$



Deprem doğrultusu

$$b_{w1} < b_{w2} \text{ olması durumu için}$$

$$b_j = 2 \min(b_1, b_2)$$

$$b_j \leq (b_{w1} + h)$$

Kuşatılmış birleşimlerde:  $V_e \leq 1.7b_j h \sqrt{f_{ck}}$

Kuşatılmamış birleşimlerde:  $V_e \leq 1.0b_j h \sqrt{f_{ck}}$



## Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesi

### TBDY

Kuşatılmış birleşimlerde:  $V_e \leq 1.7b_j h \sqrt{f_{ck}}$

Kuşatılmamış birleşimlerde:  $V_e \leq 1.0b_j h \sqrt{f_{ck}}$

$$C30 \rightarrow 1.7 \sqrt{f_{ck}} = 9.31 \text{ MPa}$$

$$C50 \rightarrow 1.7 \sqrt{f_{ck}} = 12 \text{ MPa}$$

$$C30 \rightarrow 1.0 \sqrt{f_{ck}} = 5.48 \text{ MPa}$$

$$C50 \rightarrow 1.0 \sqrt{f_{ck}} = 7.07 \text{ MPa}$$

### ACI 318

21.7.4.1 —  $V_n$  of the joint shall not be taken as greater than the values specified below for normal-weight concrete.

For joints confined on all four faces .....  $1.7 \sqrt{f'_c} A_j$

For joints confined on three faces or on two opposite faces .....  $1.2 \sqrt{f'_c} A_j$

For others .....  $1.0 \sqrt{f'_c} A_j$

### DBYBHY 2007

Kuşatılmış birleşimlerde:  $V_e \leq 0.60b_j h f_{cd}$

Kuşatılmamış birleşimlerde:  $V_e \leq 0.45b_j h f_{cd}$

$$C30 \rightarrow 0.6 f_{cd} = 12 \text{ MPa}$$

$$C50 \rightarrow 0.6 f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$C30 \rightarrow 0.45 f_{cd} = 9 \text{ MPa}$$

$$C50 \rightarrow 0.45 f_{cd} = 15 \text{ MPa}$$



### Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler Perde Tanımı

#### TBDY

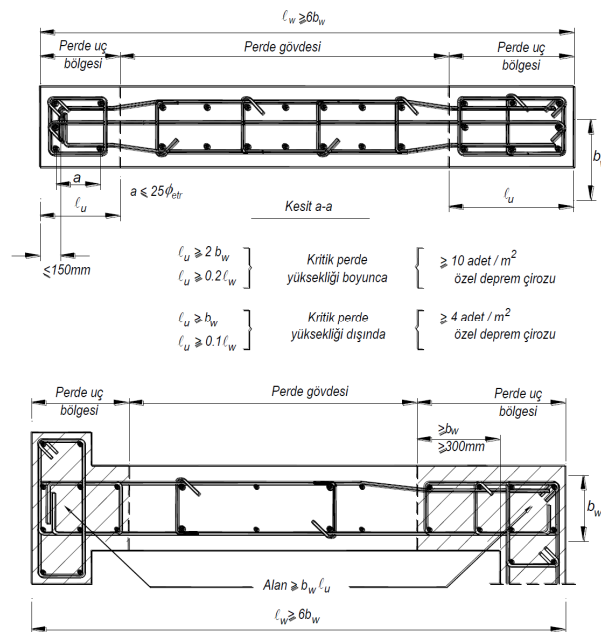
Perdeler, planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az 6 olan düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır.

$$A_c \geq \frac{N_{dm}}{0.35f_{ck}}$$

Bağ kirişli (boşluklu) perdelerde  $A_c$  ve  $N_{dm}$  değerlerinin hesabında, boşluklu perde kesitinin tümü (perde parçalarının toplamı) gözönüne alınacaktır.

#### DBYBHY 2007

Perdeler, planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az 7 olan düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır.





## Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler

### TBDY

#### Perde kalınlığı

- Özel durumlar dışında, dikdörtgen ve U, L ve T gibi perdelerin gövde bölgesindeki perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/16'sından ve 250 mm'den küçük olmayacaktır.
- Dikdörtgen perde veya perde kolu kalınlığı perdenin veya perde kolunun plandaki yanal doğrultuda tutulmamış boyunun 1/30'undan küçük olmayacaktır.
- Perde kolu her iki ucundan yanal doğrultuda bir perde ile tutulu ise, perde kolu kalınlığı kat yüksekliğinin 1/20'sinden ve 250 mm'den küçük olmayacaktır.
- Yüksek binalarda (BYS=1) betonarme perdelerin kalınlığı 300mm'den az olmayacaktır.

Prof. Dr. Kutlu Darılmaz (İTÜ)

### DBYBHY 2007

Özel durumlar dışında, perdelerin gövde bölgesindeki perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/20'sinden ve 200mm'den küçük olmayacaktır.



## Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler

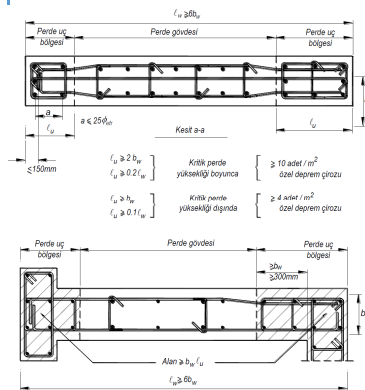
### TBDY

#### Perde uç bölgesi:

Perde uç bölgelerinin, perdeye birleşen diğer bir perdenin içinde düzenlendiği durumda; her bir perde uç bölgesi perde gövdesinin içine doğru 300 mm'den daha az olmamak üzere en az perde kalınlığı kadar uzatılacaktır. Perde uç bölgesinin enkesit alanı, dikdörtgen kesitli perdeler için tanımlanan alandan daha az olmayacak şekilde düzenlenecektir.

### DBYBHY 2007

Perde uç bölgelerinin, perdeye birleşen diğer bir perdenin veya perdenin ucunda genişletilmiş bir kesitin içinde düzenlenmesi durumunda; her bir perde uç bölgesinin enkesit alanı, en az dikdörtgen kesitli perdeler için tanımlanan alana eşit olacaktır.



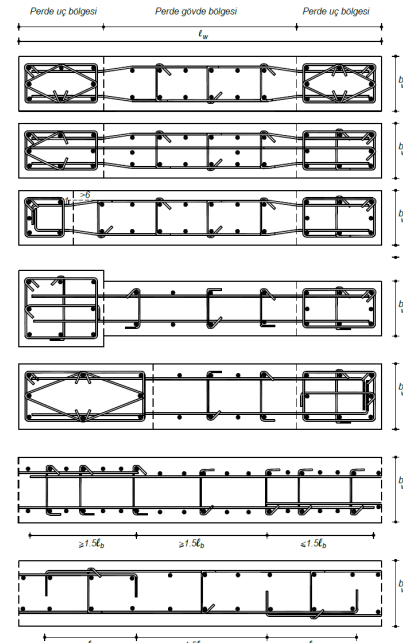
Prof. Dr. Kutlu Darılmaz (İTÜ)



## Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler

### Perde gövde donatıları:

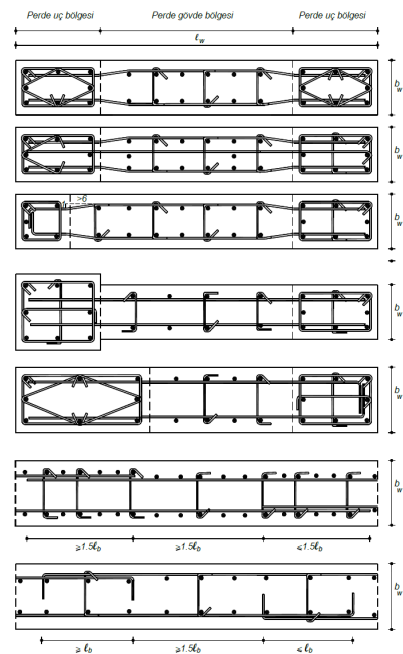
- Gövde donatılarının perde uç bölgesinde kenetlenmesi sağlanacaktır.
- Perde uç bölgesi sargı donatısı, kapalı etriye ve çiroz donatılarından oluşacaktır.
- Ayrıca uçları boyuna donatıya 135° kancalı şekilde bağlanmış yatay gövde donatıları da perde uç bölgesi sargı donatısı olarak kullanılabilir.
- Yatay gövde donatılarının perde uç bölgelerinde kenetlenmesini sağlamak için yatay veya düşey gönye (90° kanca) yapılabilir. Yatay gövde donatılarının uçları veya gönyeleri ile perde dış kenarı arasındaki mesafe 150 mm'den büyük olmayacaktır.



## Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler

### Perde gövde donatıları:

- Perde gövdesinde yatay gövde donatılarına bindirmeli ek yapılması gereken durumlarda, bindirmeli ekler perde gövdesi uzunluğu boyunca şaşırtmalı olarak yapılacak, bindirme boyu  $1.5L_b$ 'den küçük olmayacak, bindirmeli ektaki yatay donatıların uçlarında 90° li kancalar oluşturulacaktır.
- Yatay gövde donatılarının uçlarında kanca kullanılmazsa, bu donatılar boyuna gövde donatılarının iç tarafında kalacak şekilde düzenlenecek, bindirmeli ek boyunca en az altı adet boyuna gövde donatısı bulunacak, bindirmeli ek bölgesindeki boyuna gövde donatılarının arasındaki yatay uzaklık 200 mm'yi aşmayacaktır.





### Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler

Perde Uç bölgelerinde donatı koşulları:

*Kritik perde yüksekliği* boyunca perde uç bölgelerinin her birinde toplam düşey donatı alanının perde brüt enkesit alanına oranı en az 0.002 olacaktır. Bu yüksekliğin dışında bu oran 0.001'den daha az olmayacaktır.

Perde uç bölgesinin geometrisinde ve donatısındaki geçiş, üç kat boyunca kademeli olarak yapılacaktır. Ayrıca, perde uç bölgelerinin her birinde boyuna donatı miktarı 4  $\phi 14$ 'ten az olmayacaktır. Perde uç bölgelerinde boyuna donatı oranı 0.03'ü (bindirme bölgesinde 0.06) geçmeyecektir.



### Perde Kesme Güvenliği:

#### TBDY

$$V_e = \min \left[ \beta_v \frac{(M_p)_t}{(M_d)_t} V_d; V_G + V_Q + \lambda D \cdot V_E \right]$$

$\lambda$ : 1.2 (boşluksuz perde), 1.4 (bağ kirişli perde)

$$V_e \leq 0.85 A_{ch} \sqrt{f_{ck}} \quad (\text{boşluksuz perde})$$

$$V_e \leq 0.65 A_{ch} \sqrt{f_{ck}} \quad (\text{bağ kirişli perde})$$

$$C30 \rightarrow 0.85 \sqrt{f_{ck}} = 4.7 \text{MPa} \quad 0.65 \sqrt{f_{ck}} = 3.6 \text{MPa}$$

$$C50 \rightarrow 0.85 \sqrt{f_{ck}} = 6.0 \text{MPa} \quad 0.65 \sqrt{f_{ck}} = 4.6 \text{MPa}$$

#### DBYBHY 2007

$$V_e = \min \left[ \beta_v \frac{(M_p)_t}{(M_d)_t} V_d; V_G + V_Q + V_{E, R_o=2} \right]$$

$$V_e \leq 0.22 A_{ch} f_{cd}$$

$$C30 \rightarrow 0.22 f_{cd} = 4.4 \text{MPa}$$

$$C50 \rightarrow 0.22 f_{cd} = 7.3 \text{MPa}$$



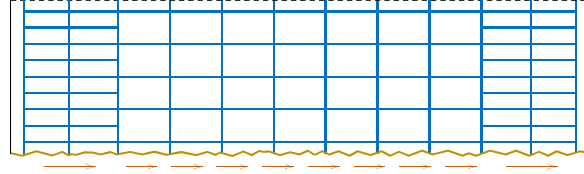
### Kesme Sürtünmesi:

Kesme sürtünmesi hesabında perde gövde ve uç bölgesi düşey donatısının tamamı  $A_s$  ve pürüzlendirilmiş yüzey için betonun katkısı  $f_{ctd}$  ile gözönüne alınacaktır.

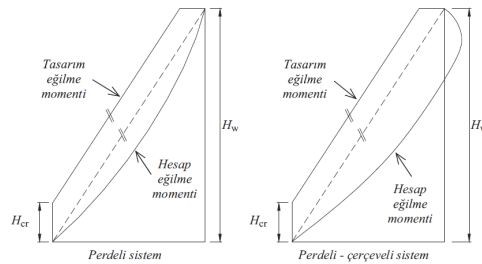
$V_e$  sürtünme kesme kuvveti verilen koşulları sağlayacaktır:

$$V_e \leq A_c f_{ctd} + \mu A_s f_{yd} \quad f_{yk} \leq 500 \text{MPa}$$

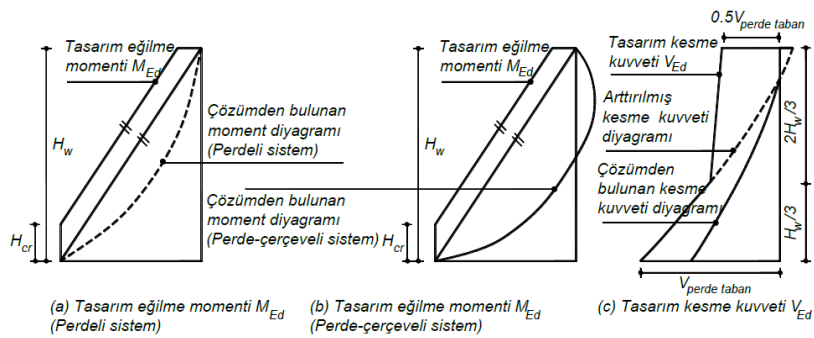
$$V_e \leq \min[0.2f_{ck}A_c; (3.3 + 0.08f_{ck}A_c)]$$



### DBYBHY 2007



### TBDY





### Bağ Kirişli (Boşluklu) Perdeler:

$$L_n > 2h_k$$

$$V_d \leq 1.5b_w d f_{ctd}$$

Herhangi biri sağlanırsa kesme donatısı normal kirişlere benzer hesaplanır.

Her ikisi de sağlanamazsa çapraz donatı kullanılır.

$$A_{sd} = \frac{V_d}{2f_{yd} \sin \gamma}$$

$$V_d \leq 0.85b_w d \sqrt{f_{ck}}$$

$$L_n > 3h_k$$

$$V_d \leq 1.5b_w d f_{ctd}$$

Herhangi biri sağlanırsa kesme donatısı normal kirişlere benzer hesaplanır.

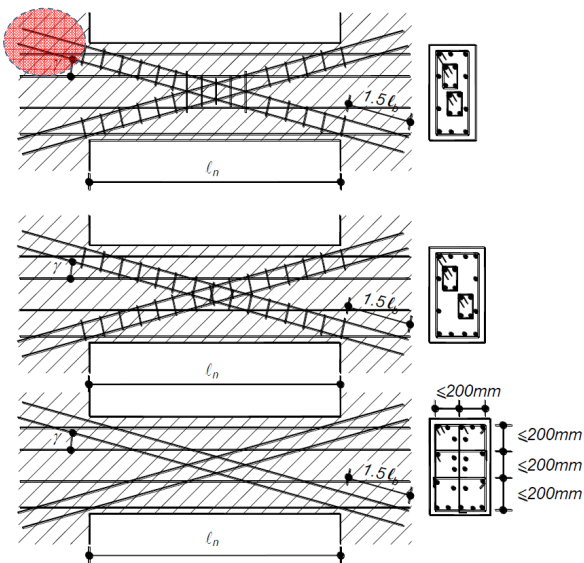
Her ikisi de sağlanamazsa çapraz donatı kullanılır.

$$A_{sd} = \frac{V_d}{2f_{yd} \sin \gamma}$$

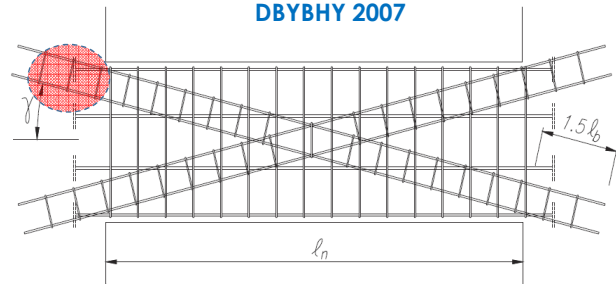


### Bağ Kirişli (Boşluklu) Perdeler:

#### TBDY

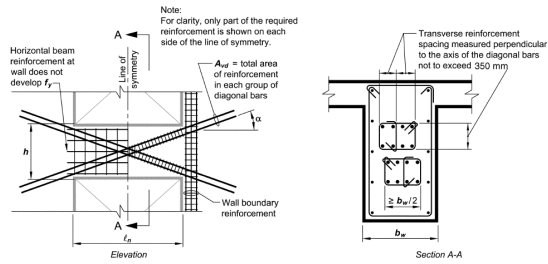


#### DBYBHY 2007





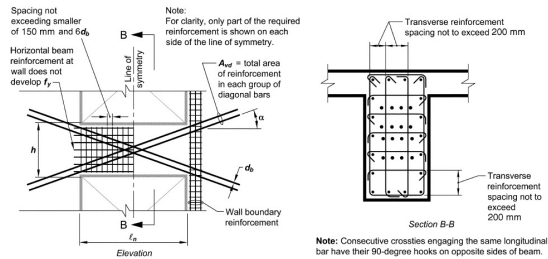
**CODE**



**ACI 318**

(a) Confinement of individual diagonals.

Note: For clarity in the elevation view, only part of the total required reinforcement is shown on each side of the line of symmetry.



(b) Full confinement of diagonally reinforced concrete beam section.

Note: Consecutive cross-ties engaging the same longitudinal bar have their 90-degree hooks on opposite sides of beam.

Fig. R21.9.7—Coupling beams with diagonally oriented reinforcement. Wall boundary reinforcement shown on one side only for clarity.



# Modelleme Önerileri





### Doğrusal Hesap için Modelleme:

Dayanıma göre Tasarım kapsamında kullanılan doğrusal hesapta modelleme:

Bina taşıyıcı sistemi 3 boyutlu modellenmelidir.

Birbirine dik iki yatay doğrultudaki deprem etkisi ve düşey deprem etkisi gözönüne alınır.

$$G + Q + 0.2S + E_d^{(H)} + 0.3E_d^{(Z)}$$

$$0.9G + H + E_d^{(H)} - 0.3E_d^{(Z)}$$

$$E_d^{(H)} = \pm E_d^{(X)} \pm 0.3E_d^{(Y)}$$

$$E_d^{(H)} = \pm E_d^{(Y)} \pm 0.3E_d^{(X)}$$

Sönüm oranı %5

Etkin kesit rijitlikleri kullanılır.



### Doğrusal Hesap için Modelleme:

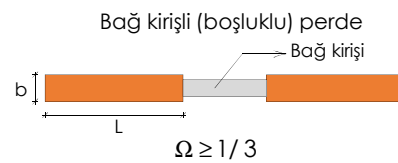
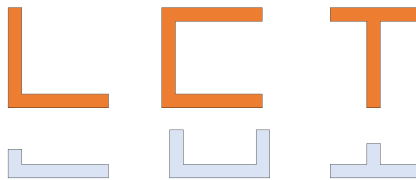
Dikdörtgen betonarme perdeler, kesitteki uzunluğunun kalınlığına oranı en az 6 olan elemanlardır.



$$L/b \geq 6$$

Enkesit şekli I, T, L, U veya C olan betonarme perdelerde, her bir doğrultuda en az bir perde kolu bu koşulu sağlamalıdır.

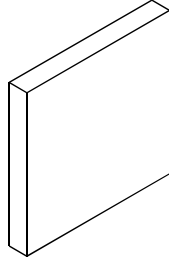
Aksi durumda, taşıyıcı sistem elemanı o doğrultuda perde olarak sayılmaz.



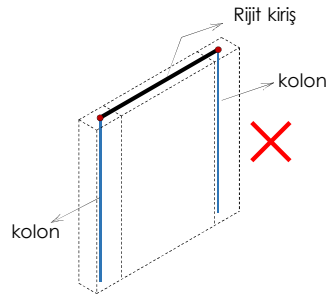
$L/b \geq 6$  Koşulu aranmayabilir.



### Doğrusal Hesap için Modelleme:



Perde

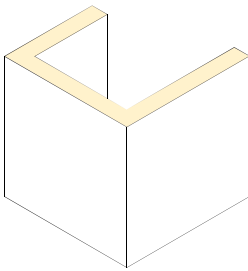


kayma çerçevesi modeli

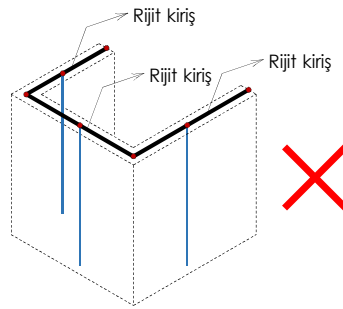
Perde uç bölgelerinin birer kolon gibi, aralarındaki gövde bölgesinin ise çok rijit bir kiriş gibi modellendiği kayma çerçevesi modelleri perdeler için **kullanılmayacaktır.**



### Doğrusal Hesap için Modelleme:



Perde

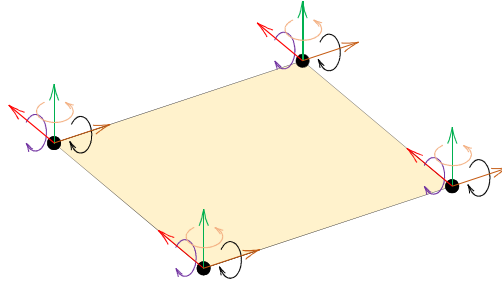


Enkesit şekli T, L, U veya C olan perdelerde perde kollarının ayrı ayrı modellenip hesaplandığı modelleme teknikleri perdeler için **kullanılmayacaktır.**

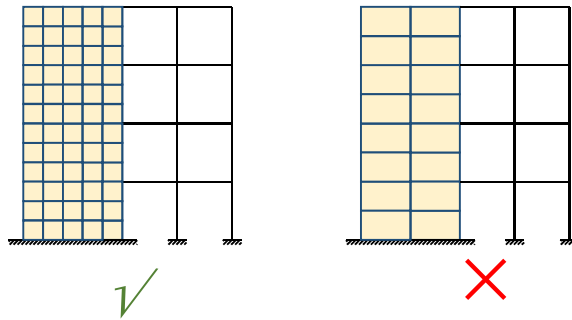
## Doğrusal Hesap için Modelleme:



Enkesit şekli dikdörtgen, I, T, L, U veya C olan betonarme perdeler hem düzlem içi, hem de düzlem dışı yerdeğişimlere ilişkin serbestlik derecelerini içeren kabuk sonlu elemanlarla modelleneceklerdir.



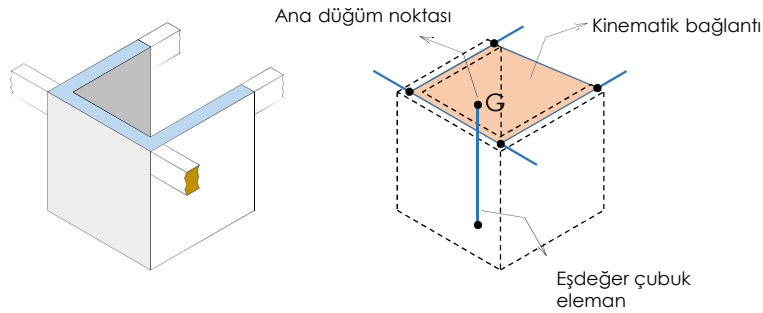
## Doğrusal Hesap için Modelleme:



Sonlu eleman boyutları, iç kuvvet dağılımının yeterli doğrulukta hesaplanmasını sağlayacak şekilde seçilmelidir.

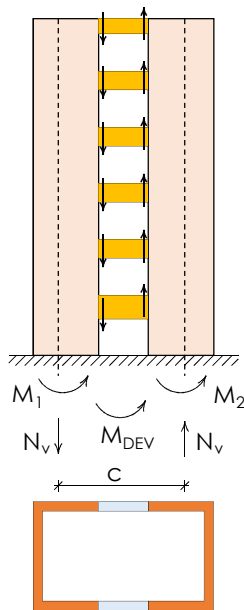


## Doğrusal Hesap için Modelleme:



Enkesit şekli dikdörtgen, I, T, L, U veya C olan perdeler:

$$\frac{L_{\text{en uzun kol}}}{H_{\text{toplam perde yüksekliği}}} \leq \frac{1}{2} \quad \rightarrow \quad \text{eşdeğer çubuk eleman}$$



$N_v$ : deprem etkisinde bağ kirişlerinde oluşan kesme kuvvetlerinin tüm perde yüksekliği boyunca toplamı olarak, perde parçalarının tabanında oluşan birbirine eşit çekme ve basınç eksenel kuvvetleri

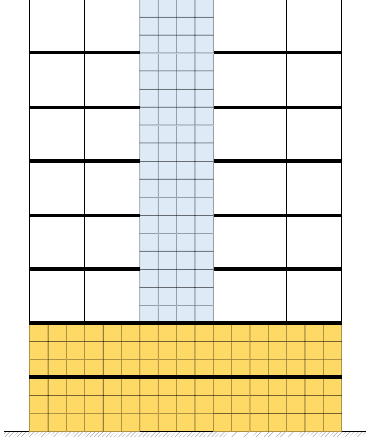
$$M_{DEV} = M_1 + M_2 + cN_v \quad N_v = \sum V_{i,\text{bağ kiriş}}$$

$$\Omega = \frac{cN_v}{M_{DEV}} = \frac{cN_v}{M_1 + M_2 + cN_v}$$

$$\Omega \geq \frac{1}{3} \quad \rightarrow \quad \text{Bağ kirişli (boşluklu) perde}$$

$$\Omega \leq \frac{2}{3} \quad \rightarrow \quad \text{aşırı eksenel kuvvet oluşmasını engelleme için öneri}$$

Bağ kirişleri çubuk elemanlar ile modellenebilir.



Bodrum perdeleri kabuk sonlu elemanlarla modellenecektir.

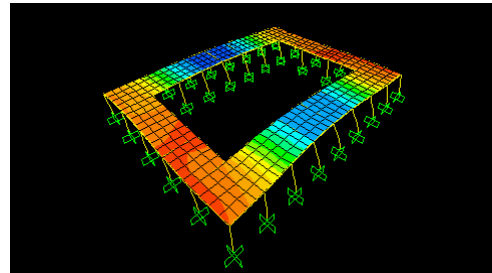
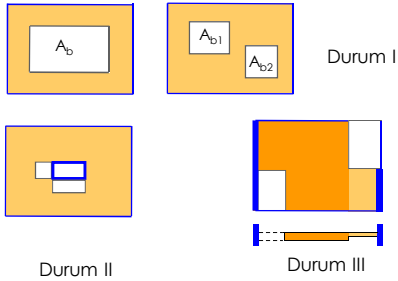


### A2 Düzensizliği - Döşeme Süreksizlikleri

I – Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu,

II – Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,

III – Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu

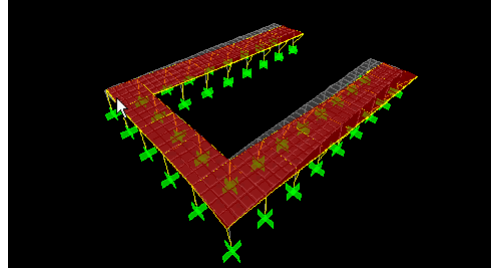
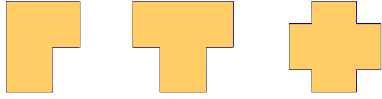


A2 ve A3 türü düzensizliklerin bulunduğu ve/veya döşemelerin rijit diyafram olarak çalışmasının öngörülmediği binalarda ve betonarme kirişsiz döşemeli sistemlerde döşemeler iki boyutlu sonlu elemanlarla modellenecektir.

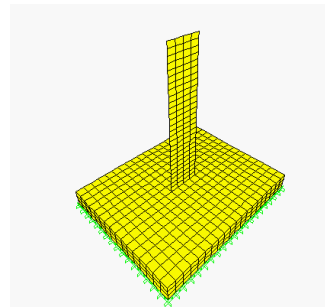
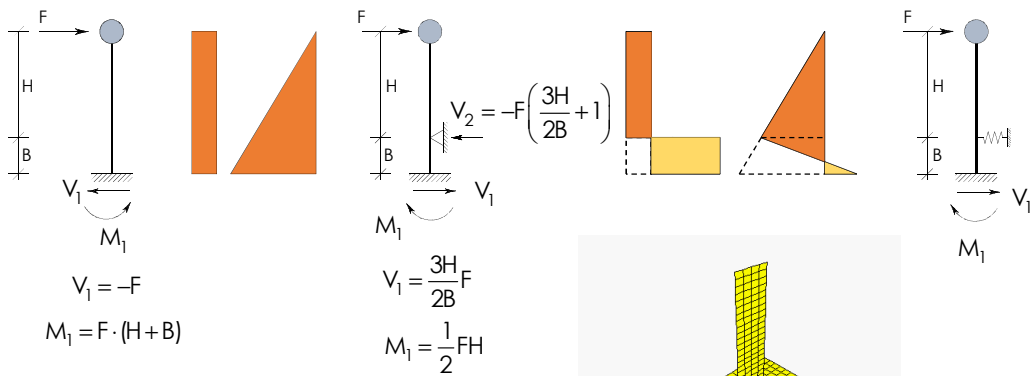


### A3 - Planda Çıkıntılar Bulunması:

Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu



A2 ve A3 türü düzensizliklerin bulunduğu ve/veya döşemelerin rijit diyafram olarak çalışmasının öngörülmediği binalarda ve betonarme kirişsiz döşemeli sistemlerde döşemeler iki boyutlu sonlu elemanlarla modellenecektir.



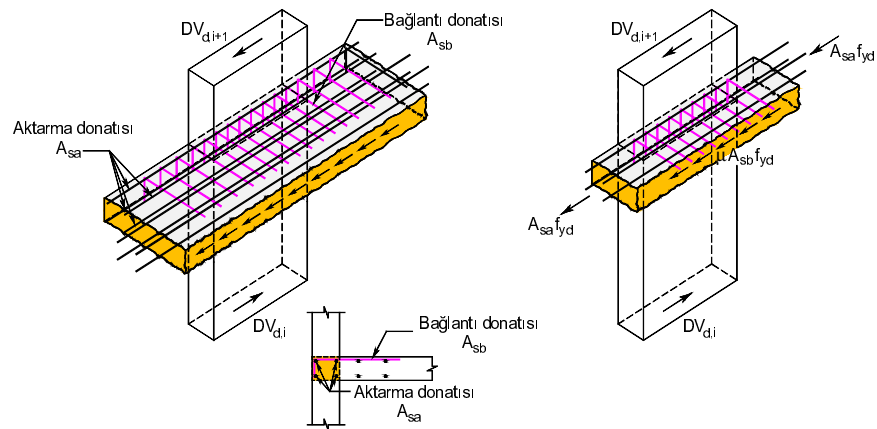


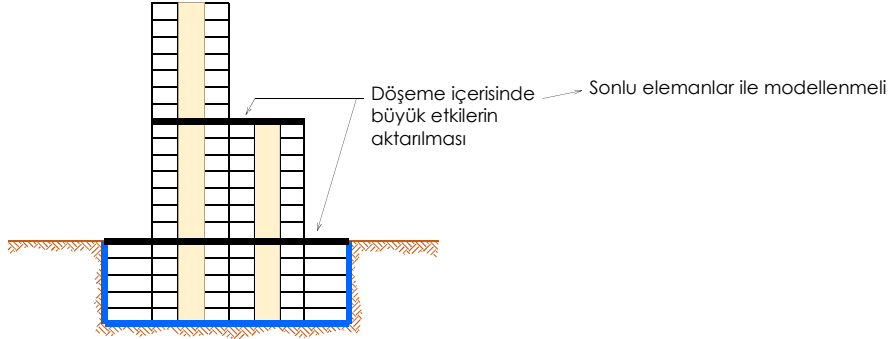
A2 ve A3 türü düzensizliklerin bulunmadığı ve düzlem içi önemli şekildeğişirmelerin meydana gelmeyeceğinin beklendiği planda düzenli binalarda, betonarme döşemeler rijit diyafram olarak modellenebilir.

Rijit diyafram modeline göre yapılan hesap sonucunda herhangi bir doğrultuda döşemeden herhangi bir düşey taşıyıcı sistem elemanına (kolon veya perde) aktarılan kuvvet, döşemenin altındaki ve üstündeki katlarda o eleman için ilgili doğrultuda elde edilen kesme kuvvetlerinin farkı olarak hesaplanacaktır.



Deprem hesabından elde edilen düzlem içi kuvvetlerin döşemelerden düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenli biçimde aktarıldığı hesapla gösterilecektir. Gerekli durumlarda betonarme döşemelerde ek bağlantı donatıları ve aktarma elemanları kullanılacaktır.



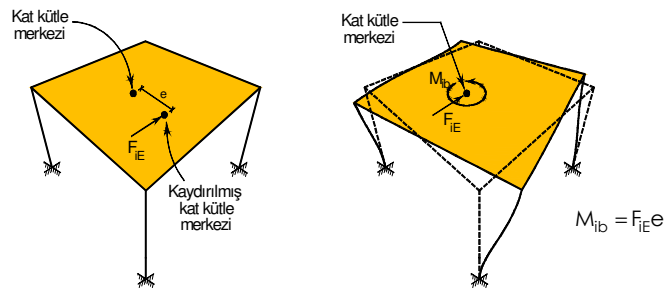


A2 ve A3 türü düzensizliklerin bulunup bulunmadığına bakılmaksızın geçiş katlarının döşemeleri, yeterli döşeme kalınlıkları alınarak, iki boyutlu sonlu elemanlarla modellenecektir.



### Ek Dışmerkezlik Etkisinin Modellenmesi

Deprem yer hareketinin binaya etkisinde ve taşıyıcı sistemin rijitlik ve kütle dağılımındaki olası belirsizlikleri gözönüne almak üzere ek dışmerkezlik etkisi tanımlanmıştır.



- Kat döşemeleri kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak modellenmeleri durumunda,
- Kat kütle merkezinde (ana düğüm noktası) tanımlanan kat kütlesi esas alınarak her bir deprem doğrultusunda deprem hesabı yapılır.
  - Kat kütle merkezine (ana düğüm noktası) etkiyen yatay deprem yükleri, gözönüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılır ve bu durumlar için de ayrıca deprem hesabı yapılır.
  - Deprem hesabının Eşdeğer Deprem Yüğü yöntemi ile yapılması durumunda modelleme kolaylığı bakımından deprem yükünün kaydırılması yerine, kat kütle merkezinde (ana düğüm noktası) etkiyen eşdeğer deprem yükü ile birlikte ek kat burulma momenti'nin gözönüne alınması uygundur.





Deprem hesabının modal yöntemlerle yapılması durumunda modelleme kolaylığı bakımından deprem yükünün kaydırılması yerine, kat kütle merkezinde (ana düğüm noktası) tanımlanan kat kütlesi  $m_i$  ile birlikte, kat kütle eylemsizlik momenti  $m_{i\theta}$ 'ya  $\Delta m_{i\theta} = m_i e^2$  artırımının eklenmesi uygundur.

Joint Assignment - Additional Mass

Masses in Global Directions

Direction X, Y: 600000 kg

Direction Z: 600000 kg

Mass Moment of Inertia in Global Directions

Rotation about X: 0 ton-m<sup>2</sup>

Rotation about Y: 0 ton-m<sup>2</sup>

Rotation about Z: 48000 ton-m<sup>2</sup>

Options

Add to Existing Masses

Replace Existing Masses

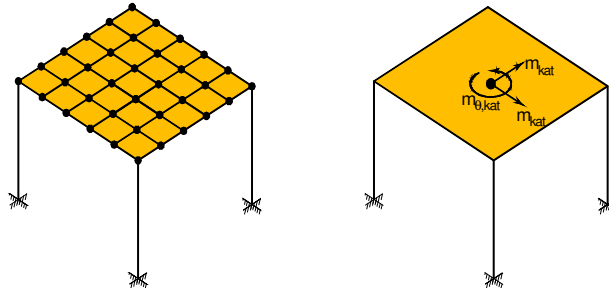
Delete Existing Masses

OK Close Apply



Kat döşemelerinin sonlu elemanlarla modellenmesi durumunda:

- Dışmerkezlik etkisi olmaksızın hesap yapılacak ve döşeme tasarımında bu çözüm kullanılacaktır.
- Dış merkezlik etkisinin gözönüne alınabilmesi için rijit diyafram kabulü yapılarak ek dışmerkezliği gözönüne alan ikinci bir çözüm yapılacaktır.
- Döşemeler ve kirişler dışındaki taşıyıcı sistem elemanlarında (a) ve (b)'den elde edilen iç kuvvetler ve yerdeğiştirmelerden elverişsiz olanları tasarımda kullanılacaktır.





### Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri

Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım (ŞGDT) kapsamında kullanılacak doğrusal olmayan hesap yöntemleri,

- İtme Yöntemleri (Tek Modlu, Çok Modlu)
- Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi'dir.

Kullanım sınırları:

- Tek Modlu İtme Yöntemleri, Bina Yükseklik Sınıfı  $BYS \geq 5$  olan ve belirli koşulları sağlayan binalar için kullanılabilir.
- Çok Modlu İtme Yöntemleri ise  $BYS \geq 2$  olan tüm binalar için kullanılabilir.
- Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi, tüm binaların deprem hesabında kullanılabilir. Bu yöntemin Bölüm 13'e göre yüksek binalar (Tablo 3.3'te  $BYS 1 =$  olan binalar) için kullanımı zorunludur.



### Doğrusal Olmayan Hesap için Taşıyıcı Sistem Modellenmesi

- Model 3 boyutlu olmalı.
- Birbirine dik iki yatay doğrultudaki deprem etkisi daima gözönüne alınır.
- Eksenel kuvvetlerin şekildeğiştirmiş taşıyıcı sistemde meydana getirdiği ikinci mertebeye etkileri gözönüne alınmalıdır.
- Yeni yapılacak binaların şekildeğiştirmeye göre değerlendirilme ve tasarımında beton ve donatı çeliği ile yapı çeliğinin beklenen (ortalama) dayanımları esas alınır.

Beklenen (Ortalama) Malzeme Dayanımları

Beton  $f_{ce} = 1.3f_{ck}$

Donatı Çeliği  $f_{ye} = 1.2f_{yk}$

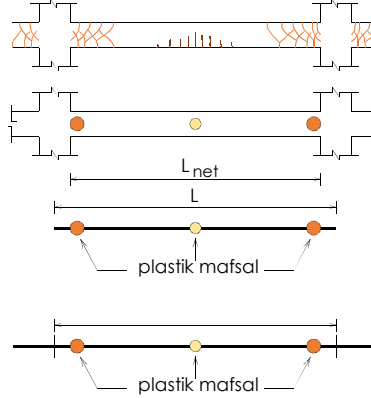
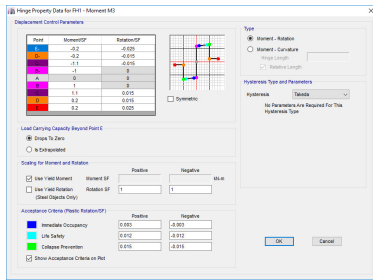


## Doğrusal Olmayan Hesap için Taşıyıcı Sistem Modellenmesi

Kirişler ve kolonlar çubuk elemanlar ile modellenecektir.

Doğrusal olmayan davranış

- Elemanın uçlarında tanımlanan sonlu plastik şekildeğiştirme bölgelerinde yığılı plastik davranış modeli
- Yayılı plastik davranış modeli ile modellenebilir.



Prof. Dr. Kutlu Demiröz (İTÜ)



## Doğrusal Olmayan Hesap için Taşıyıcı Sistem Modellenmesi

### Betonarme Perdelerin Modellenmesi

Hesabın Doğrusal olmayan İtme Yöntemleri ile yapılması

Enkesit şekli dikdörtgen, I, T, L, U veya C olan perdeler:

$$\frac{L_{\text{uzun kol}}}{H_{\text{toplam perde yüksekliği}}} \leq \frac{1}{2} \rightarrow \text{eşdeğer çubuk eleman} \rightarrow \text{Yığılı Plastik Davranış (Plastik Mafsals)}$$

Deprem hesabının zaman tanım alanında doğrusal olmayan yöntem ile yapılması durumunda ve Bölüm 13 kapsamındaki yüksek binalarda boşluksuz ve bağ kirişli (boşluklu) perde parçaları için plastik mafsals modeli **kullanılmayacaktır**.

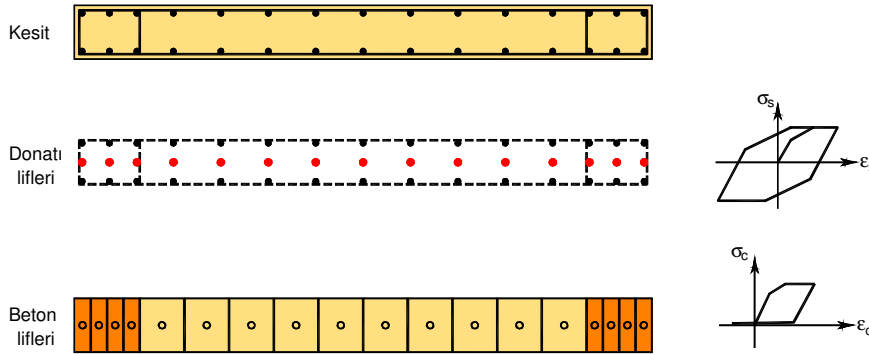
Bu elemanlar için kesit hücresi (lif) modelinin kullanılması zorunludur.

Prof. Dr. Kutlu Demiröz (İTÜ)



Kesit içinde betonun yeteri kadar küçük hücrelerle, çelik donatı çubuklarının ise tekil olarak modellendiği ve her bir hücrede doğrusal olmayan aksenal gerilme-birim şekil değiştirme bağıntılarının çevrimsel olarak gözönüne alınabildiği kesit hücresi (lif) modeli, uygulamada özellikle betonarme perdelerin doğrusal olmayan modellemesi için kullanılabilir.

Bu modelle, karmaşık kesitli (T, L, U veya C şeklinde) betonarme perdelerde planda enkesit çeşitli bölgelere ayrılabilir, düşey doğrultuda da perde boyunca sonlu uzunlukta parçalar gözönüne alınarak her bir perde kolunda iki boyutlu bir sonlu eleman ağı oluşturulabilir.



Bağ kirişli (boşluklu) perdelerin bağ kirişlerinin doğrusal olmayan modelleri göre çubuk eleman olarak veya özel modelleme yöntemleri ile gerçekleştirilebilir.

Özel durumlar dışında, bina çevresindeki bodrum perdelerinin ve bina döşemelerinin doğrusal olmayan modellemesi gerekli değildir.



Yığılı plastik davranışına göre modellenen kolon, kiriş, bağ kirişi ve perdelerin etkin kesit rijitlikleri

$$(EI)_e = \frac{M_y L_s}{\theta_y 3}$$

$M_y$ : Çubuk elemanın uçlarındaki plastik mafsalların etkin akma momentlerinin ortalaması

$\theta_y$ : Çubuk elemanın uçlarındaki plastik mafsalların akma dönmelerinin ortalaması

$L_s$ : Kesme açıklığı (kesitteki moment kesme kuvveti oranı)

kolon ve kirişlerde yaklaşık olarak açıklığın yarısı, perdelerde ise her katın tabanından perde tepesine olan uzaklığın yarısı olarak alınabilir.



### Yapı-Kazık Zemin Etkileşimi:

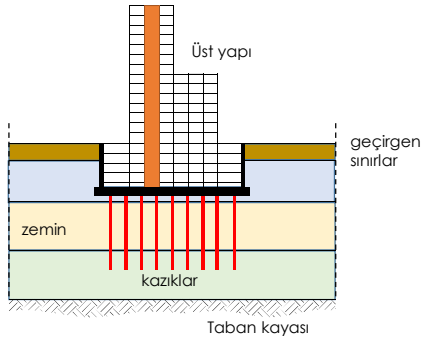
Zemin ortamı ile üstyapının birlikte gözönüne alındığı yapı-zemin ortak sisteminde, yapı ve zeminin birbirlerini karşılıklı olarak etkilemesi.

Taban kayasında tanımlanan deprem yer hareketinden oluşan ve zemin ortamı içinde yayılarak yapı temeline ulaşan deprem dalgaları kısmen yapı temelinden yansıyarak zemin ortamına geri dönmekte, bir kısmı da üstyapıya geçerek onun titreşimine yol açmakta ve tekrar zemin ortamına geri dönmektedir.

Temelin yüzeysel olması durumunda, göreceli yumuşak zeminlerde bina türü yapılar için dinamik yapı-zemin etkileşimi genellikle binayı elverişli yönde etkiler ve zeminden binaya geçen deprem dalgalarının meydana getirdiği eşdeğer deprem yüklerini azaltır. Güvenli tarafta kalma tercihi nedeni ile, temeli yüzeysel olan binalarda (bodrumlu binalar dahil olmak üzere) yapı-zemin etkileşimi bu nedenle ihmal edilebilir.

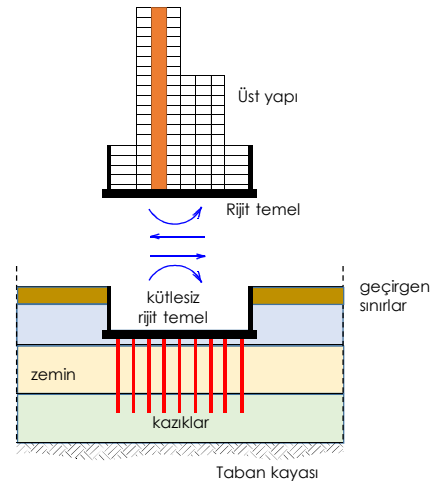


### Kazıklı temellerin deprem hesabı



#### Ortak Sistem Yöntemi

Üstyapı (bina), bina temeli, kazıklar ve zemin taşıyıcı sistemin kısımları olarak birarada modellenir.



#### Alt Sistem Yöntemi

Üstyapı-temel alt sistemi ile temel-kazık-zemin alt sisteminin ayrı ayrı modellenip birbirleri ile etkileşimi de dikkate alınarak analiz edilir.



### Yüksek Binalar: $BYS=1$

- (a) DTS = 1, 1a, 2, 2a için yüksekliği  $H_N > 70m$  olan binalar;
- (b) DTS = 3, 3a için yüksekliği  $H_N > 91m$  olan binalar;
- (c) DTS = 4, 4a için yüksekliği  $H_N > 105m$  olan binalar.

#### Betonarme Yüksek Binaların Taşıyıcı sistemleri

- A12 SDY Bağ Kirişli Perde sistemler
- A13 SDY boşluksuz betonarme perdeli sistemler
- A14 SDY Çerçeve + SDY Bağ Kirişli Perde sistemler
- A15 SDY Çerçeve+SDY Boşluksuz Perdeli sistemler

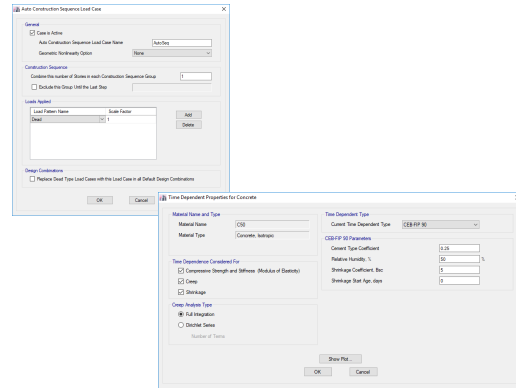
#### Yalnızca DTS=4 olan yüksek binalarda

- A21 SDS Çerçeve+SDY Bağ Kirişli Perde Sistemler
- A22 SDS Çerçeve+SDY Boşluksuz Perdeli sistemler

## Yüksek Binalarda

I. Aşama'da, seçilen yüksek bina taşıyıcı sisteminin ön tasarım – boyutlandırma amaçlı deprem hesabı, standart tasarım deprem yer hareketi olarak nitelendirilen DD-2 deprem yer hareketinin etkisi altında, Dayanım Göre Tasarım (DGT) hesap esaslarına göre yapılacaktır. Deprem hesabı kapsamında, DD-2 deprem yer hareketi altında Mod Birleştirme Yöntemi veya göre zaman tanım alanında Mod Toplama Yöntemi ile üç boyutlu doğrusal hesap yapılacaktır.

- Yapım aşamalarını gözönüne alan düşey yük hesabı
- Rüzgar etkisi altında hesap
- Betonarme binalarda sünme hesabı yapılacaktır.



Prof. Dr. Kutlu Darılmaz (İTÜ)

### (b) Yeni Yapılacak veya Mevcut Yüksek Binalar (BYS = 1)

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-4	KK	DGT	—	—
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT <sup>(3)</sup>	KH	DGT <sup>(3,4)</sup>
DD-1	GÖ	ŞGDT	KH	ŞGDT

DTS'ye bağlı olarak diğer aşamalar DGT veya ŞGDT ile yapılacak ve performans hedefleri kontrol edilecektir.

Prof. Dr. Kutlu Darılmaz (İTÜ)



**Sabrınız ve İlginiz için Teşekkürler.**

**Sorular...**

**Öneriler...**