TMMOB İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI İSTANBUL ŞUBESİ

FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ

DEPREME DAYANIKLI BETONARME YAPILAR

İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul Şubesi
Meslekiçi Eğitim Programı
14 Kasım 2026

Prof.Dr. Zekai Celep
Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
zcelep@fsm.edu.tr

1

1. GİRİŞ
2. BETON
3. DONATI
4. SÜNEKLİK
5. DÖŞEMELER
6. KİRİŞLER
6.1. Süneklik Düzeyi Yüksek Kirişler
6.2. Süneklik Düzeyi Sınırlı Kirişler
7. KOLONLAR
7.1. Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonlar
7.2. Süneklik Düzeyi Sınırlı Kolonlar
8. PERDELER
8.1. Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler
8.2. Süneklik Düzeyi Sınırlı Perdeler
9. BİRLEŞİM BÖLGELERİ
9.1. Döşeme-Kiriş Birleşimi
9.2. Döşeme-Kolon ve Döşeme-Perde Birleşimi
9.3. Kiriş-Kolon Birleşimi
10. YAPISAL DÜZENSİZLİKLER
11. BETONARME TAŞIYICI SİSTEMİN GENEL DAVRANIŞI
11.1. Taşıyıcı sistemler
11.2. Plastik Mafsal Kavramı
11.3. Tasarımda Kapasite Kavramı
11.4. Kısa Kolon Kavramı
11.5. Performans Düzeyi Kavramı

2

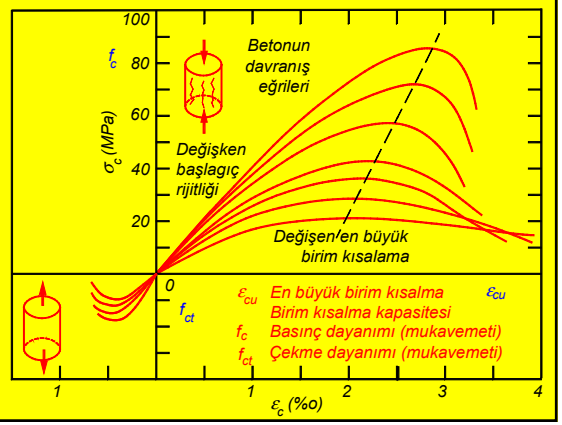
1.GİRİŞ

- **TS500 ve TBDY (2018)'in 7. Bölümü:**
- **Deprem etkisi altındaki yerinde dökme betonarme binalar**
- **En az değişikliğe uğrayan bölüm,**
- **Konu ile ilgili açıklayıcı bilgiler ve değişiklikler verilmiştir.**
- **Önemli değişiklikler:**
  - **Perde donatı düzeninde,**
  - **Döşemelerde düzlem için gerilmelerin hesabı ve karşılanması,**
  - **Kirişsiz döşemelerden perdelere kuvvet iletimi,**
  - **Kirişsiz döşemelerde zımbalama hesabı.**

3

2. BETON

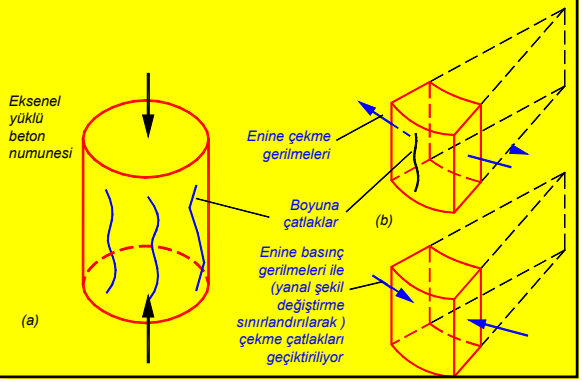
- **Gerilme-birim kısalma davranış eğrisi,**
- **Yüksek basınç dayanımı,**
- **Düşük çekme dayanımı,**
- **Düşük birim kısalma,**
- **Gevrek güç tükenmesi,**
- **Max birim kısalma ~0.003 – EC2 0.0035**



4

Depreme dayanıklı betonarme yapılar

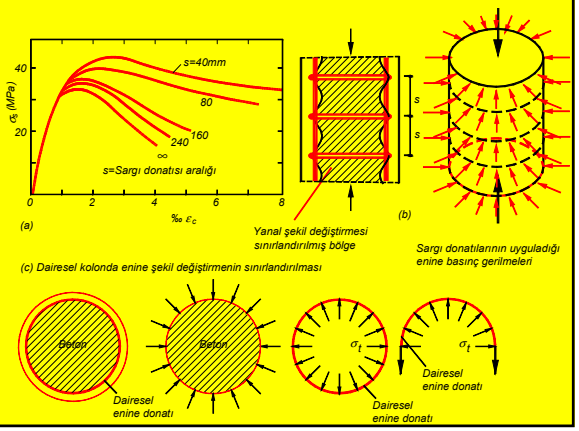
- **Eksenel yüklü beton silindirde çembersel çekme gerilmeleri sonucu boyuna çatlak oluşumu,**
- **Basınç gerilmesi uygulayarak çatlak oluşumunun geciktirilmesi,**
- **Enine şekil değiştirmenin sınırlandırılarak dayanım ve max birim kısalmanın artırılması,**



5

Depreme dayanıklı betonarme yapılar

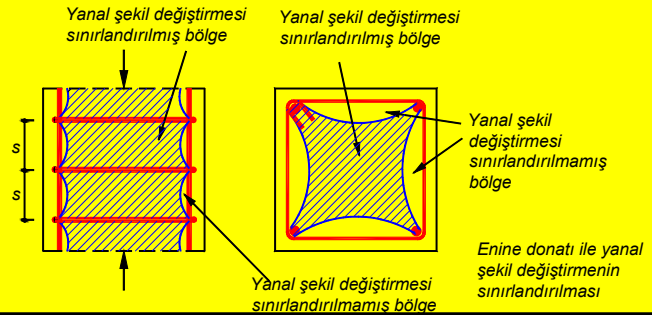
- **Dairesel kolonda yanal şekil değiştirmeyi sınırlayarak dayanım ve max kısalmanın artırılması,**
- **Sargı donatısının etkisi,**



6

Depreme dayanıklı betonarme yapılar

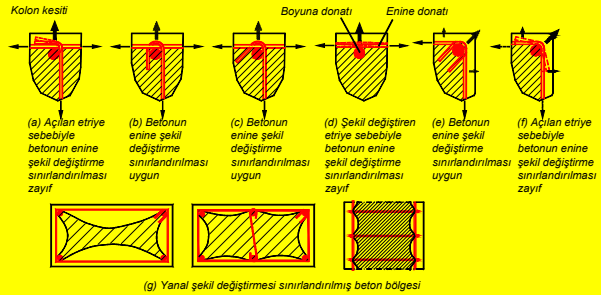
- **Kare kolonda sargı donatısının betonun yanal şekil değiştirmesini sınırlandırması,**
- **Kesit kenarının uzaması ile ara çiroz gerekliliği,**



7

Depreme dayanıklı betonarme yapılar

- **Enine donatı ve çirozların betonun yanal şekil değiştirmeleri sınırlanmasında uçlarının kenetlenmesinin önemi,**
- **Etriye ve çiroz uçlarında yeterli kenetlenme boyu bırakılması ve 135 derece kıvrılmasının önemi,**
- **Enine donatı için mesnetlenmemiş mesafenin sınırlandırılması (25ϕ_t),**

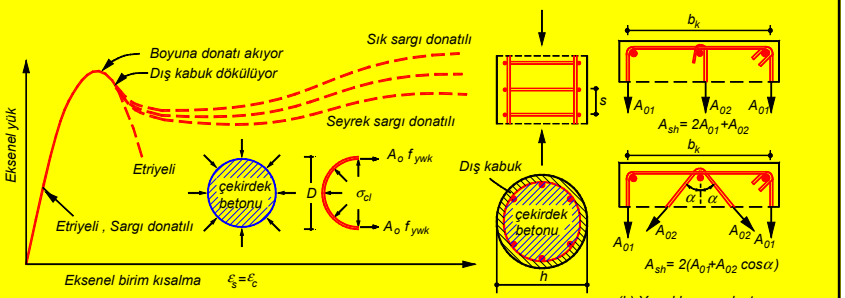


8

- **Sargı donatısının belirlenmesinde, enine şekil değiştirmenin sınırlandırılması sebebiyle ortaya çıkan ikinci tepe noktasının en az birinci tepe noktasından aşağıda olmaması kabulü,**

$$\frac{A_{sh}}{s\,b_k} \geq 0.30\left[\left(\frac{A_c}{A_{ck}}\right)-1\right]\frac{f_{ck}}{f_{ywk}}$$

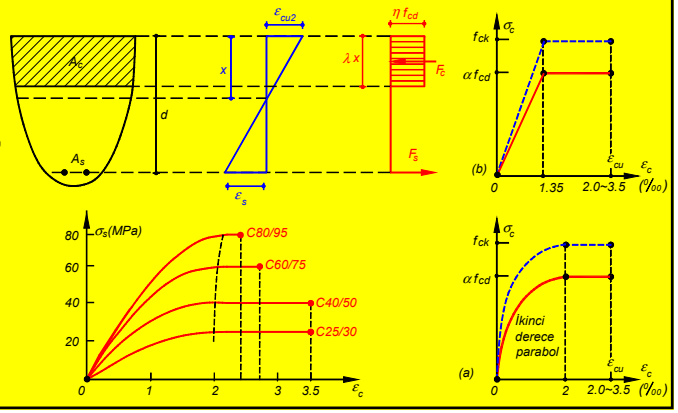
$$\frac{A_{sh}}{s\,b_k} \geq 0.075\,\frac{f_{ck}}{f_{ywk}}$$



(a) Basıç etkisindeki kolonda yük-kısalma değişimi

(b) Yanal basınç oluşturan enine donatılar

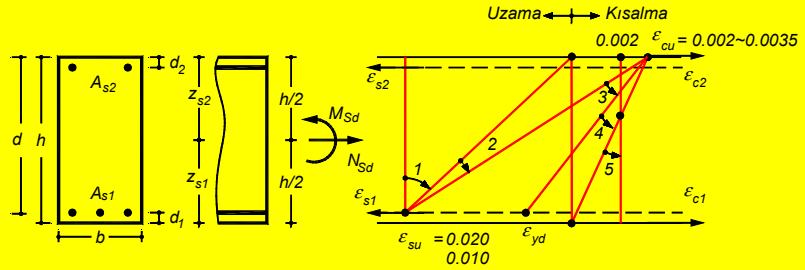
- **Deprem etkisindeki binalarda C25-C80 betonları kullanılması,**
- **TSEN206 kullanılarak 28 günden farklı yaşlarda beton dayanımı tayin edilmesi,**



- **Deprem etkisindeki binalarda TS EN 206-1 Beton-Bölüm 1: Özellik, performans, imalat ve uygunluk (Nisan 2002) da verilen C25-C80 betonları kullanılması,**

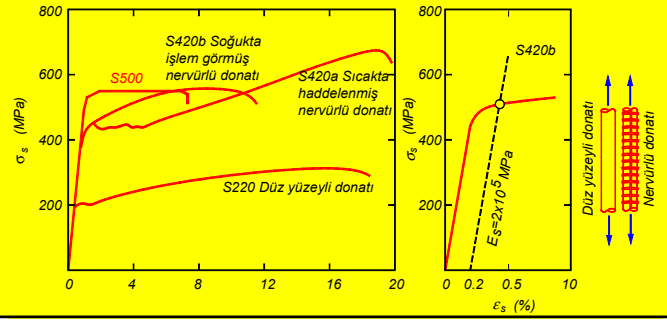
		Beton sınıfları									
Sembol	**Birim**	**C25/30**	**C30/37**	**C35/45**	**C40/50**	**C45/55**	**C50/60**	**C55/67**	**C60/75**	**C70/85**	**C80/95**
f_{ck}	N/mm²	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80
$f_{ck,cube}$	N/mm²	39	37	45	50	55	60	67	75	85	95
f_{cd}	N/mm²	16.7	20.0	23.3	26.7	30.0	33.3	36.2	39.2	44.9	50.0
f_{ctk}	N/mm²	1.8	2.0	2.2	2.5	2.7	2.9	3.0	3.1	3.2	3.4
E_{cm}	kN/mm²	31.5	32.8	34.1	35.2	36.3	37.3	38.2	39.1	40.7	42.2
E_{com}	kN/mm²	33.1	34.4	35.8	37.0	38.1	39.2	40.1	41.1	42.7	44.3
ε_{c2}	‰ (<0)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.2	2.3	2.4	2.5
ε_{cu2}	‰ (<0)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.1	2.9	2.7	2.6
γ_c		1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.52	1.53	1.56	1.60
η		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.975	0.95	0.90	0.85
λ		0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.7875	0.775	0.75	0.725

- **C55-C80 betonlarının kullanılmasında EC2 kurallarından faydalanılması,**



3. DONATI

- **Gerilme-birim uzama değişimi,**
- **Süneklik ve kenetlenme önemli,**



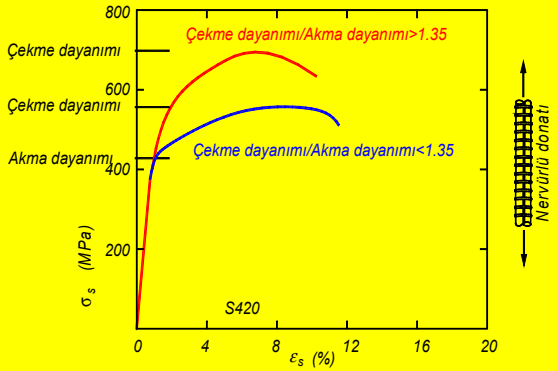
13

- **TS 708'de verilen B420C ve B500C nervürlü donatı çelikleri kullanılacaktır. TS 708'de verilen koşullara ek olarak, "*çekme dayanımı/akma dayanımı*" oranının 1.35 değerinden küçük olması ve eşdeğer karbon oranının %0.55'i geçmemesi şartı ile S420 beton çeliği de kullanılabilir.**

Donatı sınıfları							
Tip	***Düz yüzeyli***	***Nervürlü***					***Profilli*** [a]
Sınıf	***S220***	***S420***	***B420B***	***B420C***	***B500B***	***B500C***	***B500A***
Akma dayanımı (en az) R_e (N/mm²)	***220***	***420***	***420***	***420***	***500***	***500***	***500***
Çekme dayanımı (en az) R_m (N/mm²)	***340***	***500***	***-***	***-***	***-***	***-***	***550***
Çekme dayanımı/akma dayanımı oranı R_m/R_e	***1,20(en az)***	***1,15 (en az)***	***1,08 (en az)***	***≥1,15 <1,35***	***1,08 (en az)***	***≥1,15 <1,35***	***-***
Deneysel akma dayanımı/karakteristik akma dayanımı oranı $R_{e\,act}/R_{e\,nom}$ (max)	***-***	***1,30***	***-***	***1,30***	***-***	***1,30***	***-***
Kopma uzaması (en az) A_5 (%)	***18***	***10***	***12***	***12***	***12***	***12***	***5***
Maksimum yükte toplam uzama (en az) A_{gt} (%)	***-***	***-***	***5***	***7,5***	***5***	***7,5***	***2,5***

14

- **Çekme dayanımı/akma dayanımı <1.35 şartı:**

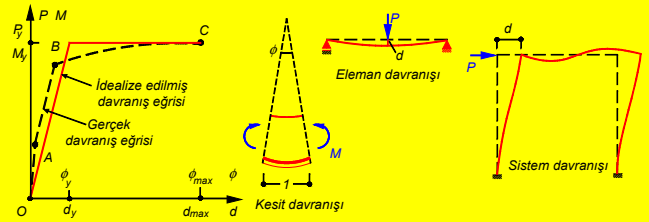


Zekai Celep

15

4. SÜNEKLİK

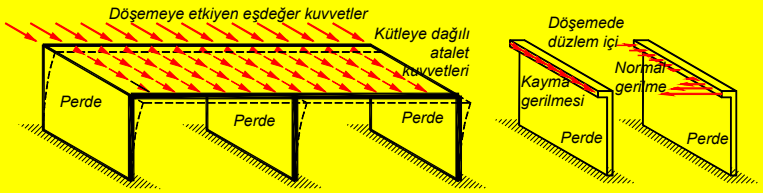
- **Süneklik, (a) dayanımda kayda değer bir azalma olmadan elastik ötesi şekil değiştirmeler yapabilme yeteneği ve (b) kararlı çevrimsel davranışla deprem enerjisini tüketebilme yeteneği,**
- **a) Deprem etkisinin karşılanması, b) tasarım yüklemesi üzerinde güç tükenme biçiminin kontrolü ve c) doğrusal ötesi davranış için ve elemanlar arası yardımlaşma için önemli,**
- **Kesit için, eleman için ve sistem için süneklik tanımlanabilir,**



16

5. DÖŞEMELER

- **Düşey yükte, düzlemine dik kuvvetler etkisinde (rijitliği göreli küçük),**
- **Deprem etkisinde, düzlemi içindeki kuvvetler etkisinde (rijitliği göreli büyük),**
- **Rijit diyafram etkisi,**

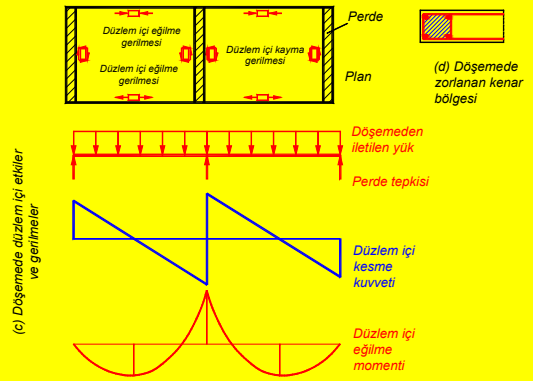


(a) Döşemede öteleme yerdeğiştirmesi

(b) Döşemede düzlem içi gerilmeler

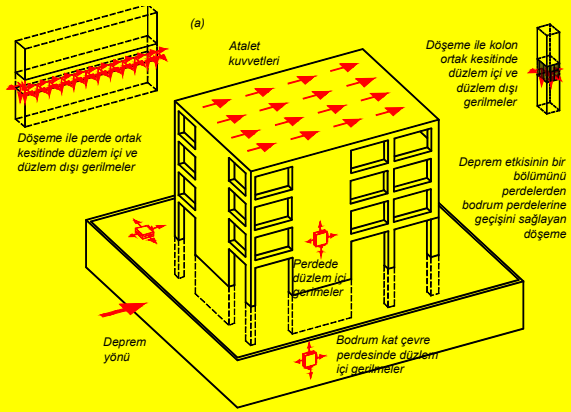
17

- **Düzlem içi gerilmeler etkisi altındaki döşemede yüksek kiriş davranışı,**
- **Kolon ve perdeye döşemeden kuvvet iletiminde düzlem içi etkiler önemli,**
- **Düzlem içi gerilmelerin ayrıntılı hesabı için elastik davranış kabulü gerekli,**



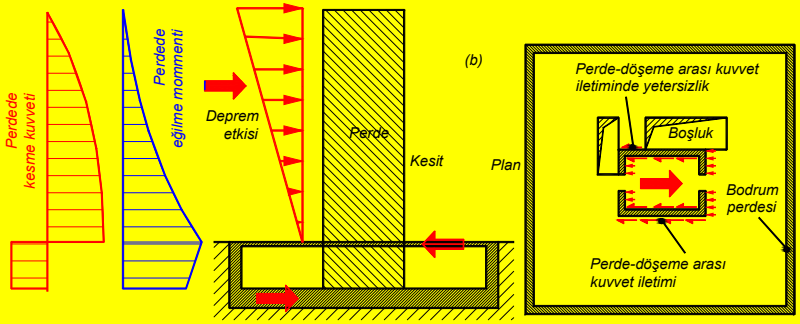
18

- **Döşemede meydana gelen deprem kuvvetinin kolon, perde ve zemin kat döşemesi ile çevre perdesine iletilmesi,**



19

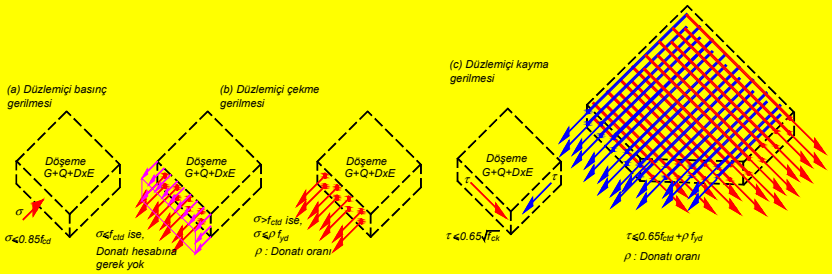
- **Perde kenarındaki döşeme boşluğunun olumsuz etkisi,**
- **Perdedeki etkilerin bodrum çevre perdesi sebebiyle değişimi,**



20

Depreme dayanıklı betonarme yapılar

- **Düzlem içi normal ve kayma gerilmelerinin, kiriş ve döşemeden perdeye (kolona) iletilmesi,**
- **Dişli döşemelerde ince plaktan perdeye düzlem içi kuvvetlerin iletilmesindeki zorluk,**



21

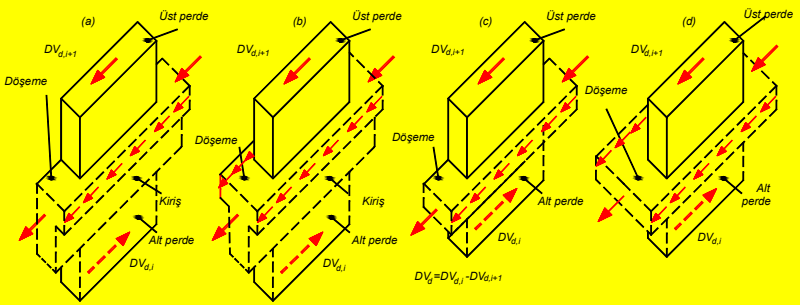
Depreme dayanıklı betonarme yapılar

- **Elastik diyafram kabulü ile kirişsiz döşemeli binaların döşemelerindeki düzlem içi normal ve kayma gerilmeleri hesap edilecektir.**
- **Döşemelerindeki düzlem içi ortalama çekme, basınç ve kayma gerilmelerinin karşılanmasında *D* Dayanım Fazlalığı Katsayısı kullanılacaktır.**
- **Döşeme düzlemi içinde oluşan çekme gerilmesi f_{ctd} den büyük olduğu durumda, düzlem içi çekme gerilmesinin değeri, döşemenin eğilme dayanımı için gerekli olandan arta kalan donatı $\rho\ f_{yd}$ sınırını aşmayacaktır.**
- **Döşeme düzlemi içinde oluşan basınç gerilmesi $0.85\ f_{cd}$ sınırını aşmayacaktır.**
- **Döşeme düzlemi içindeki yatay kayma gerilmeleri sınırını (her iki doğrultuda) aşmayacaktır.** $0.65\ f_{ctd} + \rho f_{vd}$

22

Depreme dayanıklı betonarme yapılar

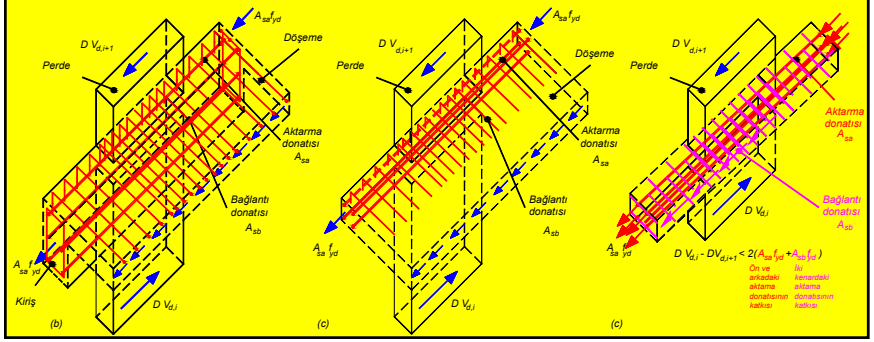
- **Kiriş ve döşemeden perdeye (kolona) düzlem içi kuvvetlerin iletilmesi,**
- **Plak kalınlığının küçük olması durumunda düzlem içi kuvvetlerin iletim güçlüğü,**



23

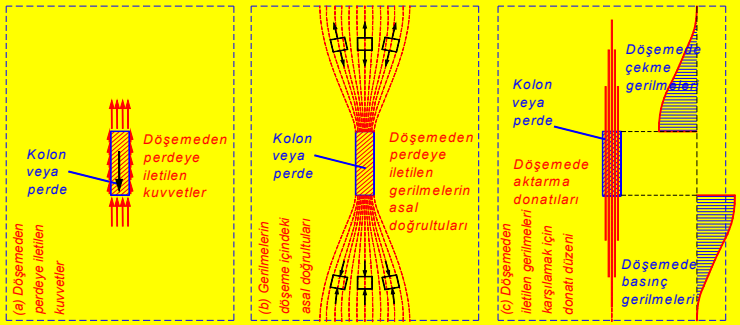
Depreme dayanıklı betonarme yapılar

- **Kiriş ve döşemeden perdeye iletilmesinde birleşen kiriş ve döşemelerdeki donatıların katkısı,**



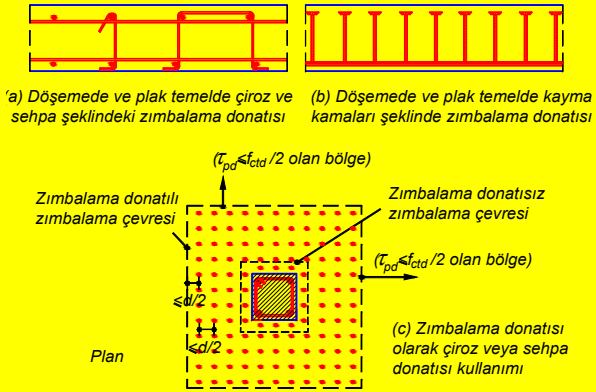
24

- **Kirişsiz döşeme ve perdenin (kolonun) ortak kesitinde düzlemiçi asal gerilmelerinin yörüngesi ve değişimi**



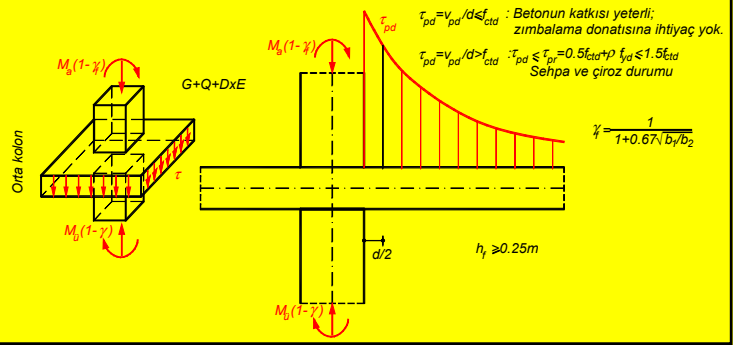
25

- **Kirişsiz döşemelerde zımbalama güvenliğinin sağlanması,**
- **Zımbalama çevresi ve donatısı,**



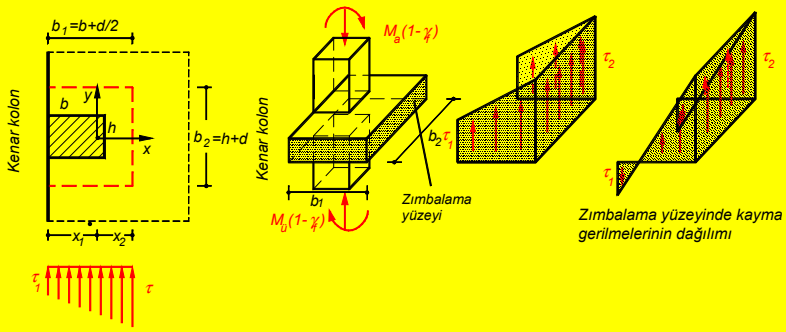
26

- **Zımbalama gerilmesinin (döşeme kesitindeki düşey kayma gerilmesinin) değişimi,**



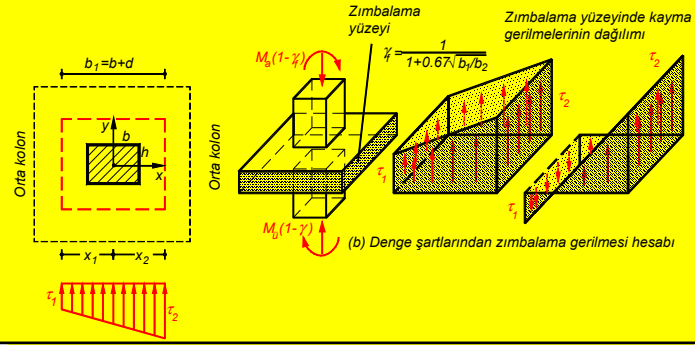
27

- **Kenar kolonda zımbalama gerilmelerinin hesabı için, moment katkısının da gözönüne alan basitleştirilmiş model:**



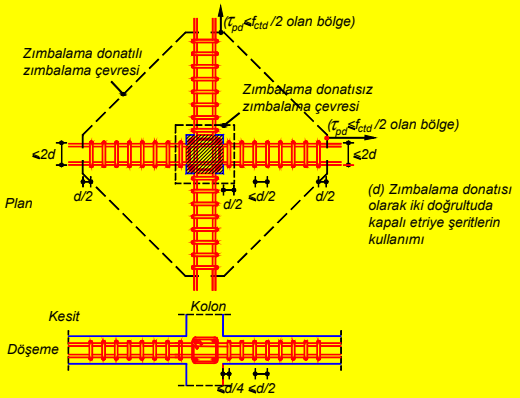
28

- **Kenar kolonda zımbalama gerilmelerinin hesabı için, moment katkısının da gözönüne alan basitleştirilmiş model:**

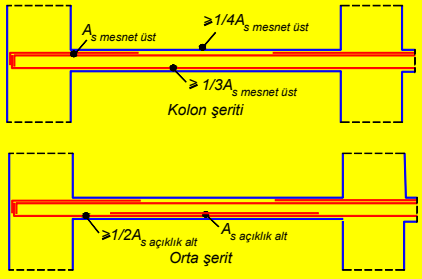


(b) Denge şartlarından zımbalama gerilmesi hesabı

- **Zımbalama donatısının birbirine dik iki doğrultuda kapalı etriye şeritleri veya kayma kaması rayları kullanılabilir.**



- **Kirişsiz döşemelerde kolonlar döşeme şeritleriyle birleştirildiği için, bu şeritlerde kirişlere benzer donatı düzeni öngörülmüştür.**
- **Bu düzende özellikle mesnette alt ve üstte belirli oranda donatının bulunması gerekliği vurgulanmıştır.**

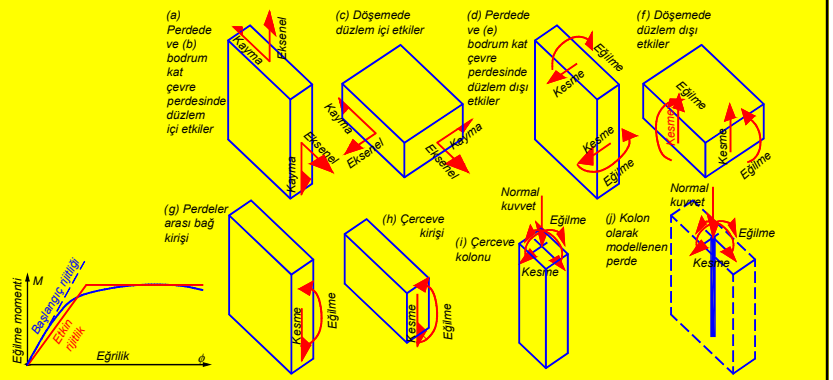


Kirişsiz döşemelerin kolon ve orta şeritlerinde donatı düzeni

Kesit rijitlikleri:

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
Perde – Döşeme (Düzlem İçi)	*Eksenel*	*Kayma*
Perde	0.50	0.50
Bodrum perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)	*Eğilme*	*Kesme*
Perde	0.25	1.00
Bodrum perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
Çubuk eleman	*Eğilme*	*Kesme*
Bağ kirişi	0.15	1.00
Çerçeve kirişi	0.35	1.00
Çerçeve kolonu	0.70	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.50	0.50

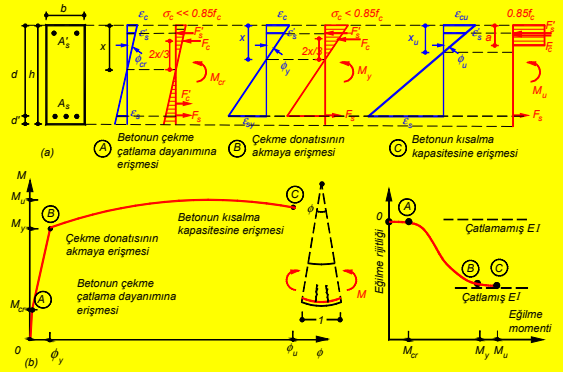
Kesit rijitlikleri:



33

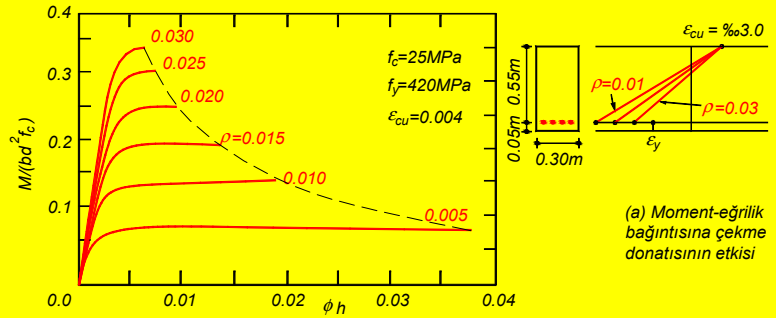
6. KİRİŞLER

- **Kirişin eğilme momenti etkisindeki davranışı,**



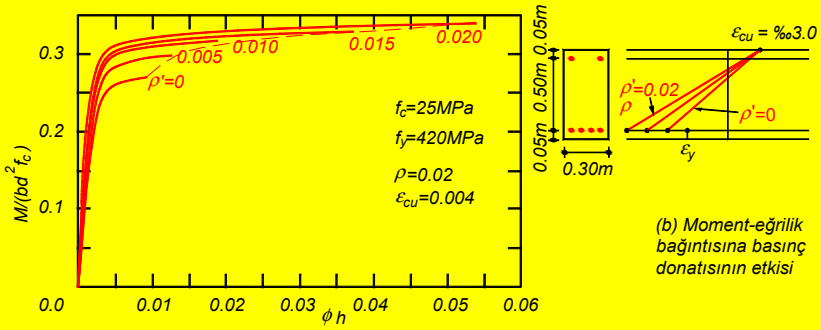
34

- **Eğilme momenti eğrilik değişimi**



35

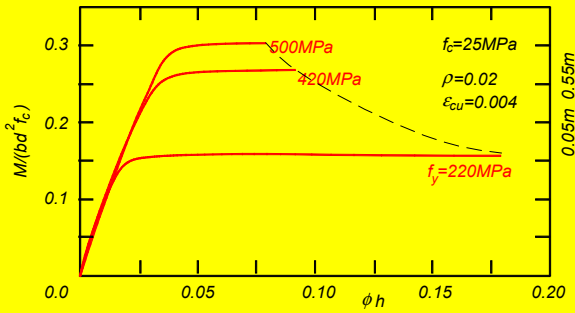
- **Eğilme momenti eğrilik değişimi**



36

Depreme dayanıklı betonarme yapılar

- **Eğilme momenti eğrilik değişimi**

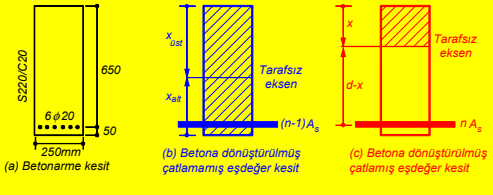


(d) Moment-eğrilik bağıntısına donatısının akma gerilmesinin etkisi

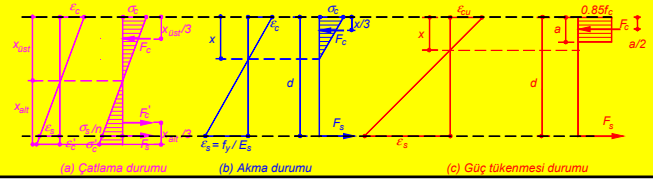
37

Depreme dayanıklı betonarme yapılar

- **Tek donatılı kesitte moment-eğrilik bağıntısı**



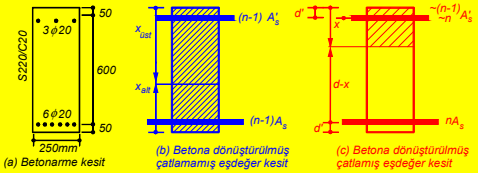
Şekil A3.2



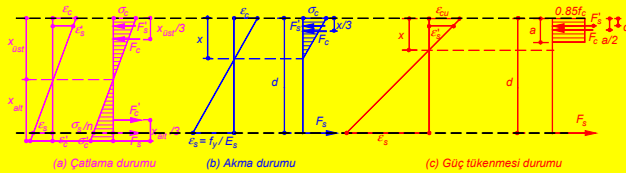
38

Depreme dayanıklı betonarme yapılar

- **Çift donatılı kesitte moment-eğrilik bağıntısı**



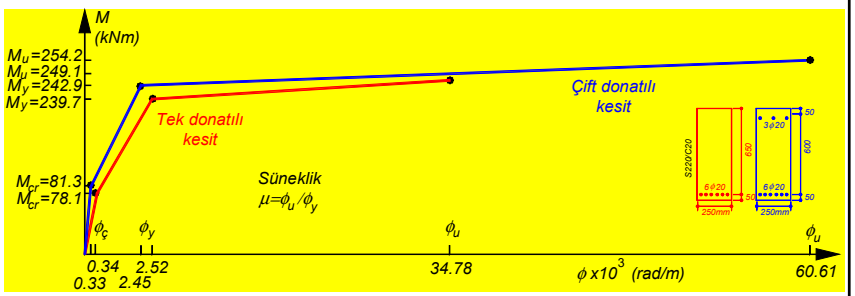
Şekil A3.4



39

Depreme dayanıklı betonarme yapılar

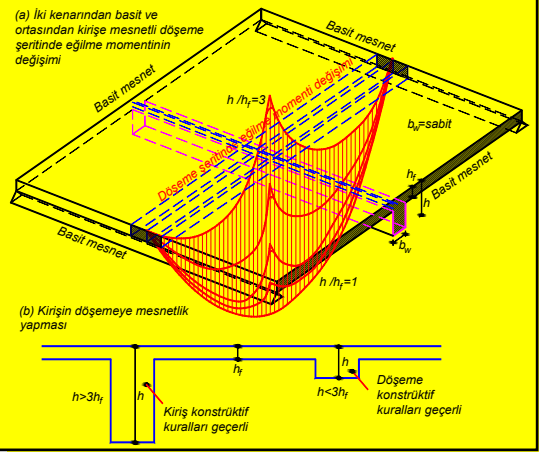
- **Tek donatılı kesitte moment-eğrilik bağıntısı ve süneklik**



40

Depreme dayanıklı betonarme yapılar

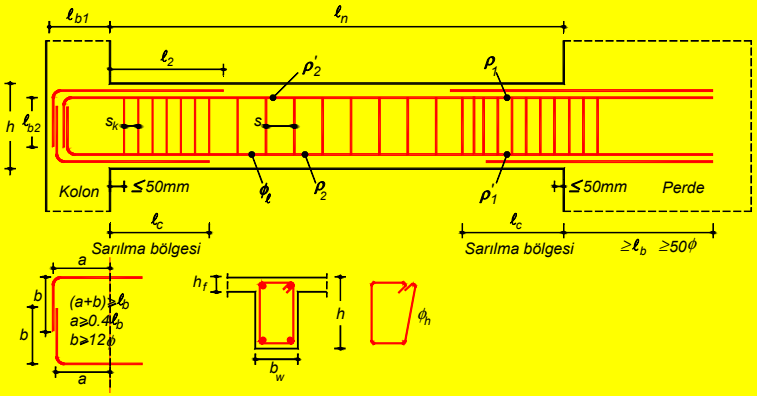
- **Kirişin döşemeye mesnetlik yapabilmesi için yeterli rijitliğe sahip olmalı,**
- **Yeterli rijitlikte olmayan kiriş döşemenin bir parçası olarak davranır.**



41

Depreme dayanıklı betonarme yapılar

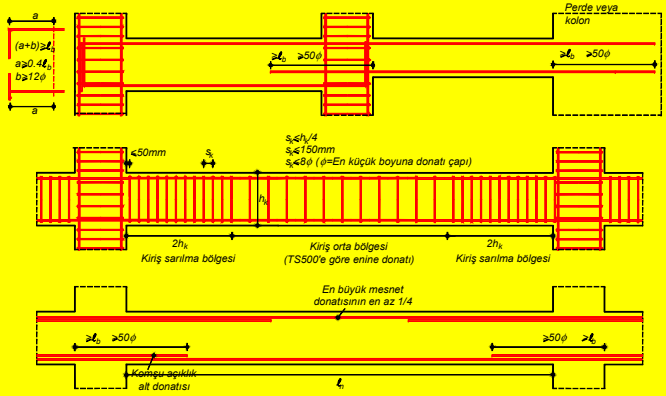
- **Kirişlerle ilgili konstrüktif kurallar,**



42

Depreme dayanıklı betonarme yapılar

- **Kirişlerle ilgili konstrüktif kurallar,**



43

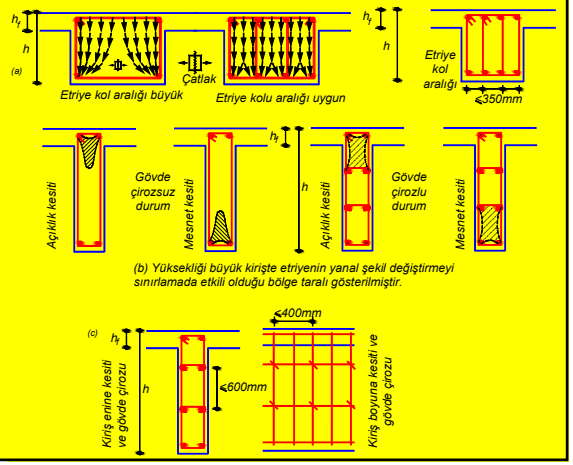
Depreme dayanıklı betonarme yapılar

- **Kirişlerde konstrüktif geometri ve donatı kuralları,**

Tanım	*TS500*	*Deprem Yönetmeliği*
min b_w	$200mm$	$250mm$
max b_w	*kolon genişliği* + h	*kolon genişliği* + h
min h	$300mm$; $3h_f$	$300mm$; $3h_f$
max h	–	$\ell_n / 4$; $3.5b_w$
min ℓ_c	–	$2h$
min ℓ_2	–	$\ell_n / 4$
min $(\ell_{b1} + \ell_{b2})$	–	ℓ_b; $(0.4\ell_b + 12\phi)$; 50ϕ $(\ell_{b2} = 0$ *ise*$)$
max s	$d / 2$; $300mm$	–
max s_k	$d / 4$; $8\phi_\ell$; $150mm$	$h / 4$; $8\phi_\ell$; $150mm$
min ρ_1	–	f_{ctd} / f_{yd}
min ρ_2	$0.8 f_{ctd} / f_{yd}$	$0.8 f_{ctd} / f_{yd}$
maxρ_1; maxρ_2	$0.85\rho_b$; 0.02	0.02
min ρ_1'	$\rho_2 / 3$	$0.3\rho_1$ $[0.5\rho_1$ *(DTS=1, 1a, 2 ve 2a)*$]$
min ρ_2'	–	$\rho_1 / 4$
min ϕ_ℓ	–	$12mm$
min ϕ_h	–	$8mm$

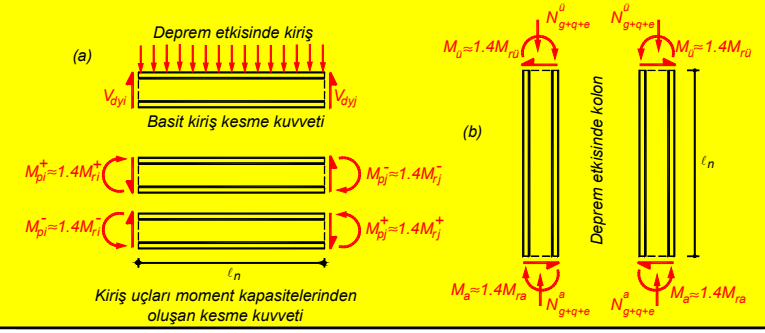
44

- **Kirişte etriyenin boyuna ve enine çirozlarla belirli aralıklarla bağlanmasıyla, kiriş gövde betonun sargılanması, sünekliğin artırılması öngörülmüştür.**
- **Bu madde, kolon kesitlerde mesnetlenmemiş etriye boyunun sınırlandırılmasına benzer bir şart olarak kabul edilebilir.**



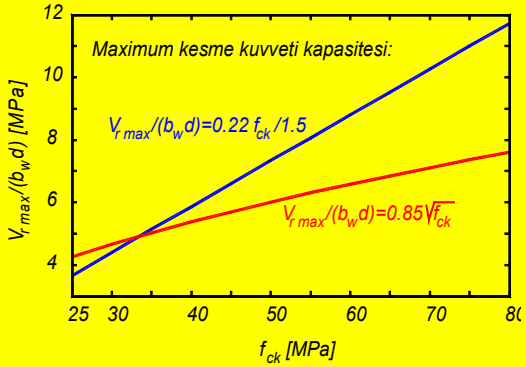
45

- **Süneklik düzeyi yüksek kiriş ve kolonda tasarıma esas kesme kuvvetinin uç moment kapasitelerinden hesabı (Kapasite tasarımın uygulaması):**



46

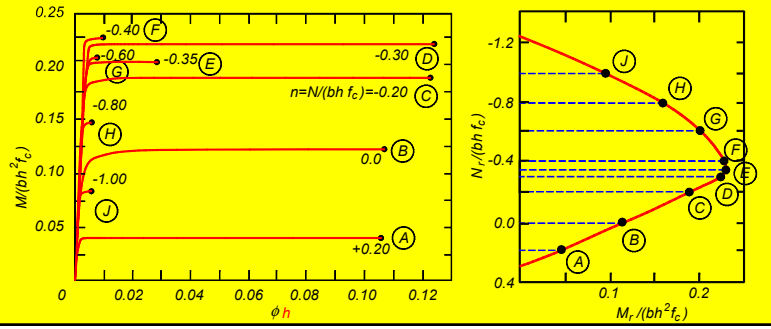
- **Maksimum kesme kuvveti kapasitesinde değişiklik:**



47

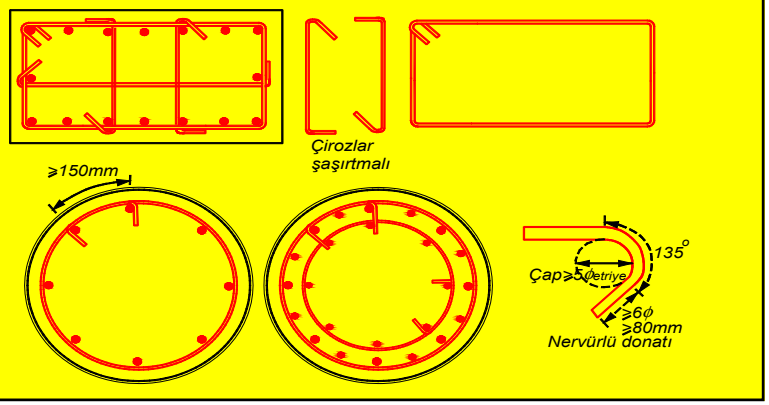
7. KOLONLAR

- **Kolonun eğilme momenti kapasitesine ve sünekliğine, normal kuvvetin (ortama basınç gerilmesinin) etkisi:**



48

- **Kolon kesitinde donatı düzeni:**

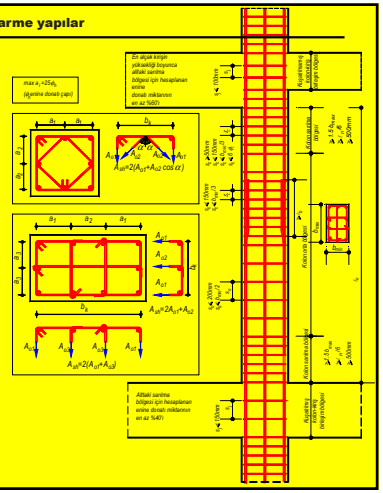


49

- **Kolonlar:**
- **Minimum kesit 300mmx300mm**
- **Deprem etkisinde (*G+Q+E)***
- **Minimum kesit $A_c \geq N_{dm} / (0.40\ f_{ck})$ (Süneklik düzeyi yüksek)**
- **Minimum kesit $A_c \geq N_{dm} / (0.40\ f_{ck})$ (Süneklik düzeyi sınırlı)**
- **Süneklik düzeyi sınırlı kolonlarda, düşey yükler ve deprem etkisi altında belirlenen ve Dayanım Fazlalığı Katsayısı *D* ile arttırılarak hesaplanan kesme kuvveti *Vd*, enine donatı hesabında esas alınacaktır. Ayrıca, kesme kuvvetinin üst sınırına ilişkin şart, Dayanım Fazlalığı Katsayısı *D* gözetilerek arttırılan *Vd* alınarak kullanılacaktır.**
- **Max kesme kuvveti:** $V_e \leq 0.85\sqrt{f_{ck}}\, b\, h$

50

- **Kolonda donatı bölgeleri,**
- **Kesme kuvvetinin karşılanmasında etkili olan etriyeler,**
- **Boyuna donatının kolon orta bölgesinde eklenmesi,**
- **Kolonda sargı bölgeleri,**
- **Etriyelerin mesnetlenmemiş boyunun sınırlandırılması,**
- **Etriye ve çirozlarla betonun yanal şekil değiştirmesinin sınırlandırılarak sünekliğin artırılması,**



51

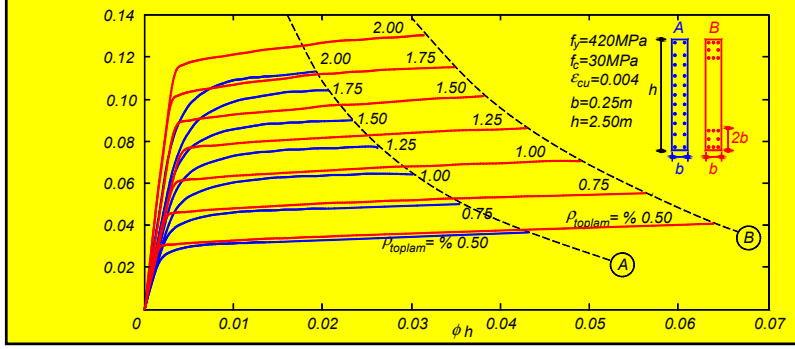
- **Süneklik düzeyin yüksek kolonlarda konstrüktif kurallar,**

Tanım	*TS500*	*Deprem Yönetmeliği*
max N_d	$0.6\,A_c\,f_{ck}$	$0.4\,A_c\,f_{ck}$
min b	$250mm$	$300mm$ (dairesel kolon çapı $350mm$)
max (h/b)		6.0
max a	$300mm$	$25\phi_h$
max s_o	$200mm$; $12\phi_\ell$	$200mm$; $b/2$; $h/2$
min s_o	–	$50mm$
max s_c	–	$100mm$; $b/3$; $h/3$
max s_{cj}	–	$150mm$ *(kuşatılmış)* ; $100mm$ *(kuşatılmamış)*
max ℓ_c	–	$500mm$; h ; b ; $\ell_n/6$
min ϕ_h ; min ϕ_c	$\phi_\ell/3$	$8mm$
min ρ_{toplam}	0.01	0.01
max ρ_{toplam}	0.04	0.04 *(Bindirme bölgesinde* 0.06*)*
min A_s	$4\phi14$	$6\phi14$ *veya* $4\phi16$ *(Dairesel kolon* $6\phi14$*)*
min A_c	-	$75000mm^2$
min *Dışmerkezlik*	$0.1h$; $25mm$	–

52

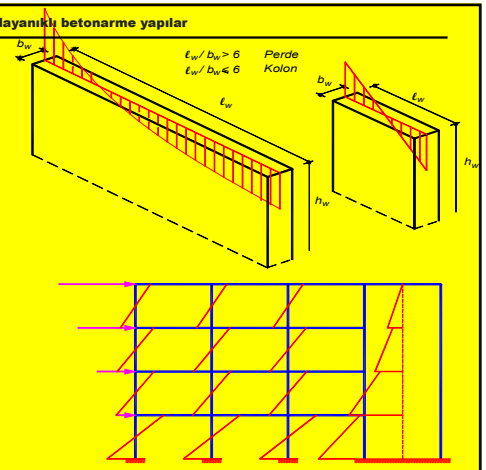
8. PERDELER

- **Perdenin eğilme momenti etkisindeki davranışı,**



53

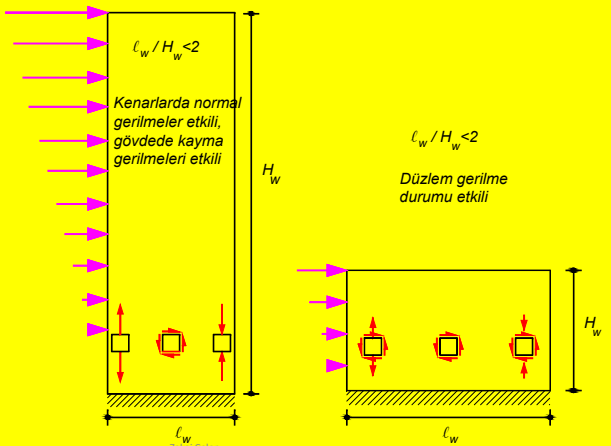
- **Perde ve kolon ayrımı,**
- **Perde ve kolonda moment diyagramlarının farklılığı,**
- **Zorlanan kesitlerin sayısının farklılığı, kolonda uç kesitler zorlanırken, perdede taban kesitinin zorlanması,**



Kolon ve perdede moment diyagramındaki farklılık: İşaret değiştirmesi ve kritik kesit sayısı

54

Uzun ve kısa perdede gerilmeler

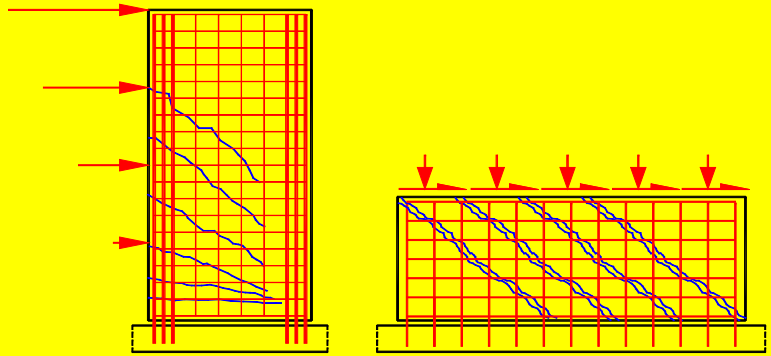


13.11.2026

Zekai Celep

55

- **Eğilme perdesinde (Hw/lw>2) ve bodur perdede donatı düzeni (Hw/lw<2)**



56

- **Sünelik sağlanması sebebiyle ortalama gerilmede sınırlama:**
- **Minimum kesit $A_c \geq N_{dm} / (0.35\ f_{ck})$ (Sünek düzeyi yüksek)**
- **Minimum kesit $A_c \geq N_{dm} / (0.35\ f_{ck})$ (Sünek düzeyi sınırlı)**

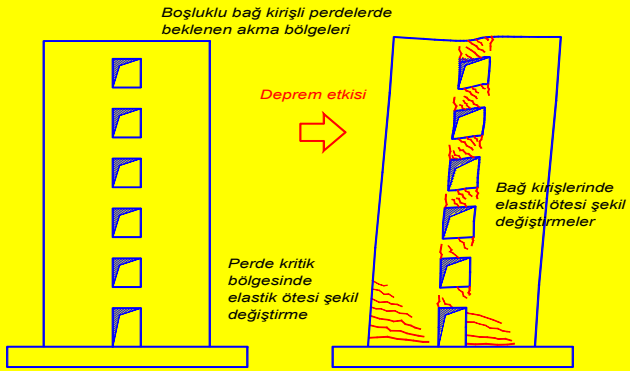
- **Tünel kalıp bina gibi binalarda düşey ve yatay toplam gövde donatısı oranlarının her biri 0.002,**

- **Donatının düzeninin basitleştirilmesi ve çiroz ile bağlamanın en dıştaki donatı esas alınarak yapılması,**

- **Perdede boşlukların etrafına gerilme yığılmalarının karşılamak için başlık bölgesine kolona benzer donatı düzeni,**

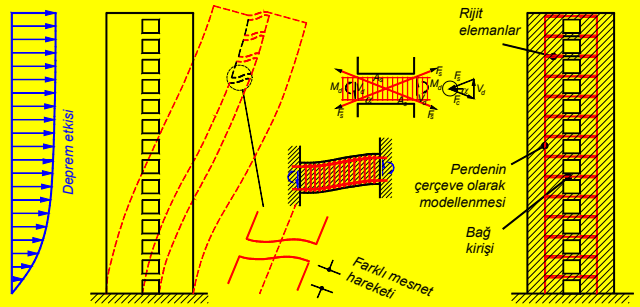
57

- **Perde bağ kirişleri:**



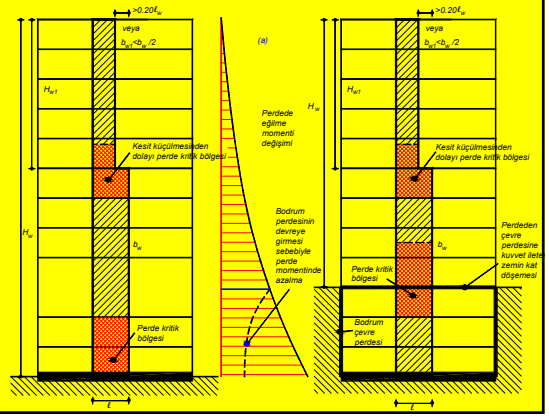
58

- **Deprem etkisinde a) bağ kirişli iki perdenin davranışı, b) bağ kirişinin zorlanması ve donatısı ve c) sistemin kolon ve kiriş olarak modellenmesi**



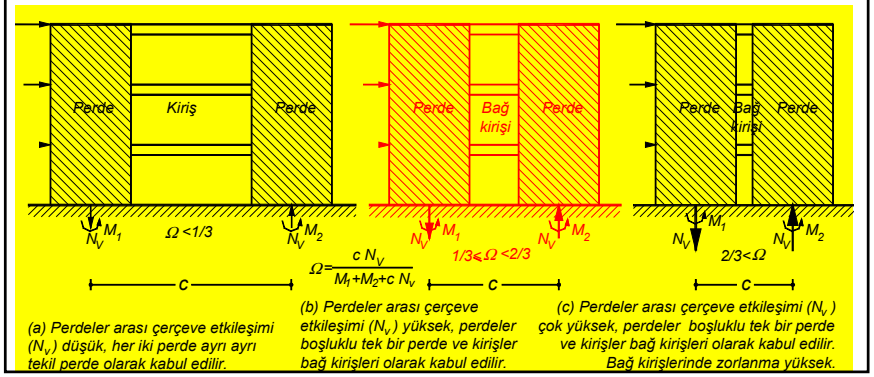
59

- **Perdelerde kritik bölgeler:**
- **Perdenin temele mesnetlenme bölgesi,**
- **Kesitte önemli değişiklik olduğu bölge,**
- **Çevre perdesi üstündeki bölge,**



60

- **Boşluksuz ve boşluklu perde davranışı**



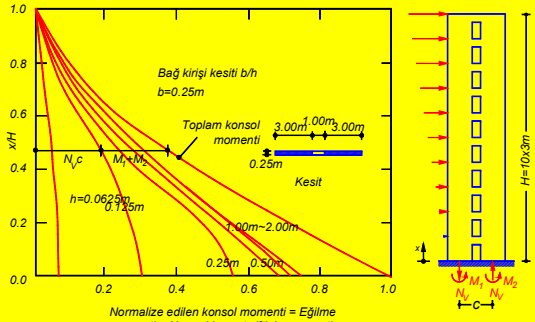
(a) Perdeler arası çerçeve etkileşimi (N_V) düşük, her iki perde ayrı ayrı tekil perde olarak kabul edilir.

(b) Perdeler arası çerçeve etkileşimi (N_V) yüksek, perdeler boşluklu tek bir perde ve kirişler bağ kirişleri olarak kabul edilir.

(c) Perdeler arası çerçeve etkileşimi (N_V) çok yüksek, perdeler boşluklu tek bir perde ve kirişler bağ kirişleri olarak kabul edilir. Bağ kirişlerinde zorlanma yüksek.

61

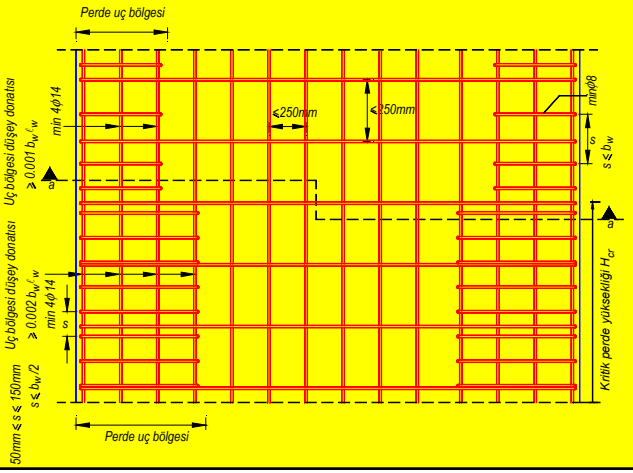
- **Bağ kirişli iki perdeli sistemde konsol momentinin perde momentleri ve çerçeve etkisi ile karşılanması:**



Normalize edilen konsol momenti = Eğilme momenti + Normal kuvvet çiftinin momenti

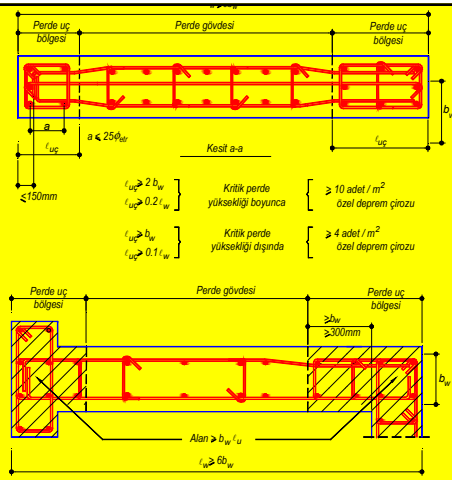
62

- **Perdede donatı düzeni**



63

- **Perdede donatı düzeni**



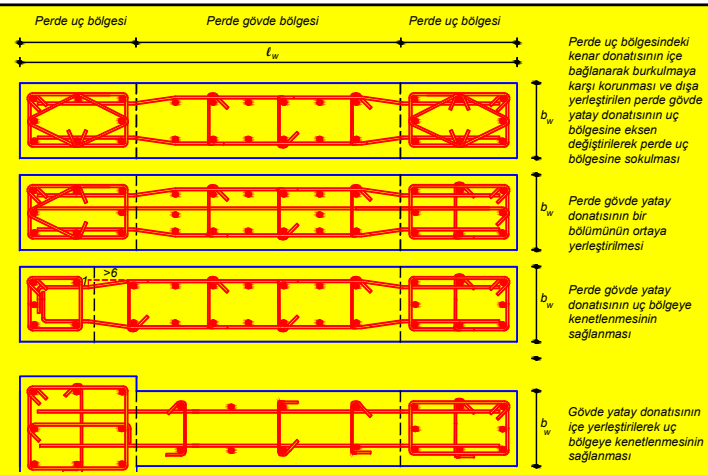
64

- **Perdede konstrüktif geometri ve donatı kuralları**

Tanım	*TS500*	*Deprem Yönetmeliği*
$\min \ell_w$	–	$6b_w$
$\min b_w$	–	$200mm$; *Kat yüksekliği* / 15
$\max s_w$; $\max s_h$	–	$250mm$
$\min \phi_v$; $\min \phi_h$	–	$8mm$
$\min \rho_v$; $\min \rho_h$	–	0.0025
$\min \rho_{uç} = A_{s,uç} / (b_w \ell_w)$	–	0.001
$\min A_{s,uç}$	–	$4\phi14$
$\min \ell_{uç}$ [H_{cr} *içinde (dışında)*]	–	$0.2(0.1)\ell_w$; $2.0(1.0)b_w$
$\max s_{uç}$ [H_{cr} *içinde (dışında)*]	–	$100(200)mm$; $0.5(1.0)b_w$
$\min \phi_{uç}$	–	$8mm$

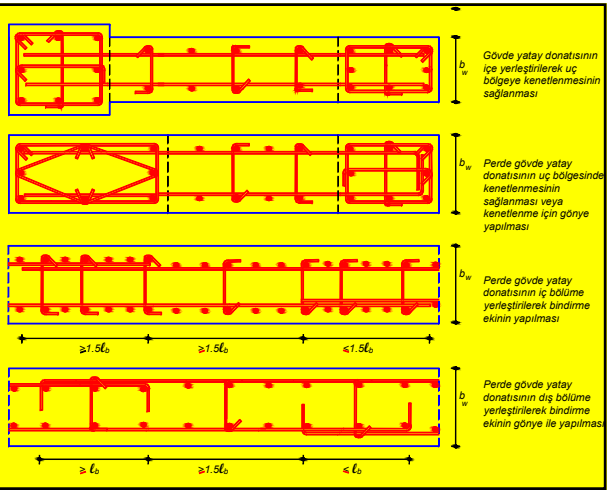
65

- **Perdede donatı düzeni,**



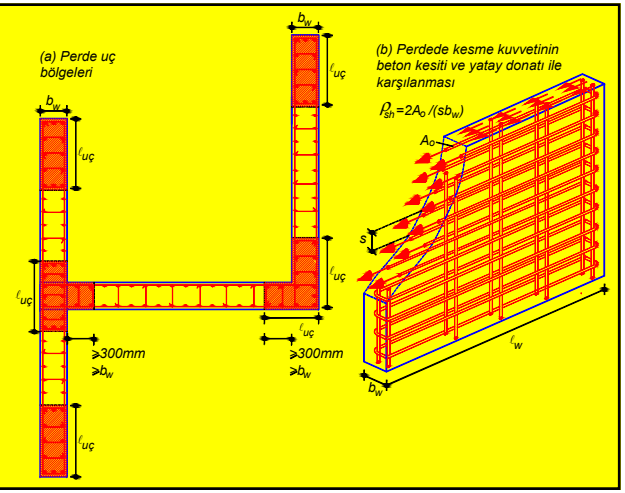
66

- **Perdede donatı düzeni,**
- **Gövde donatılarının iç bölüme çirozlarla bağlanması,**



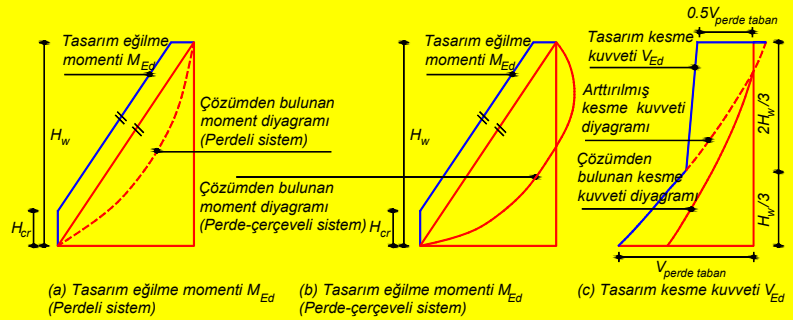
67

- **Perdede uç bölgesi,**
- **Perdede kesme kuvvetinin; beton kesiti ve yatay gövde donatısı ile karşılanması**



68

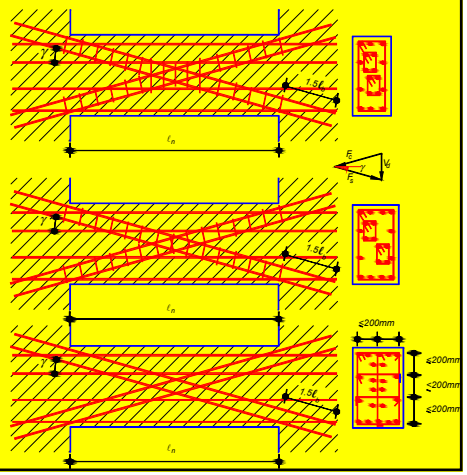
- **Perdelerde a) ve b) tasarım eğilme momenti ve c) tasarım kesme kuvvetinin perde yüksekliğince değişimi**



(a) Tasarım eğilme momenti M_{Ed} (Perdeli sistem) (b) Tasarım eğilme momenti M_{Ed} (Perde-çerçeveli sistem) (c) Tasarım kesme kuvveti V_{Ed}

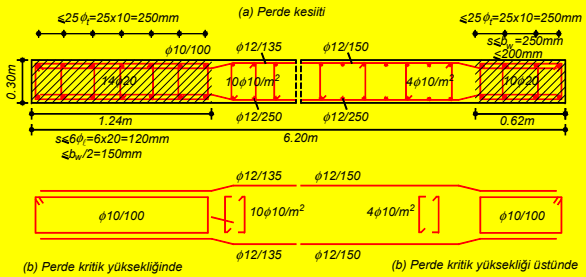
69

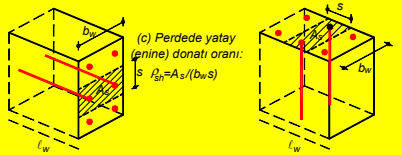
- **Boşluklu perdelerin bağ kirişlerinde donatı düzeninde iyileştirme örnekleri ,**



70

- **Perdede donatı düzeni, başlık bölgeleri boyuna ve gövde donatı oranları**

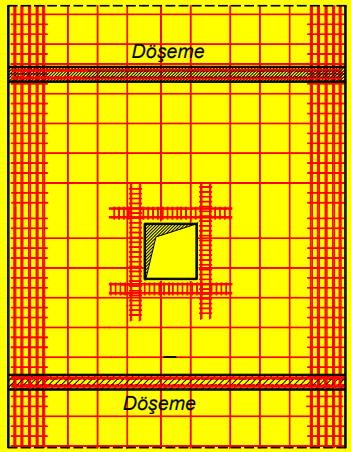




(cd Perdede düşey (boyuna) donatı oranı:
$\rho_{sh}=A_s/(b_w s)$
$\rho_{min}=0.0025$

71

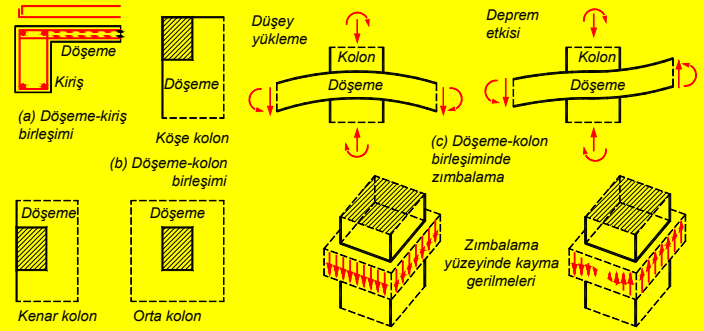
- **Perdede küçük boşluk için öngörülen donatı düzeni,**
- **Boşluk kenarlarında ve özellikle köşelerinde oluşan gerilme yığılmaların karşılanması için etriyeli boyuna donatılar,**



72

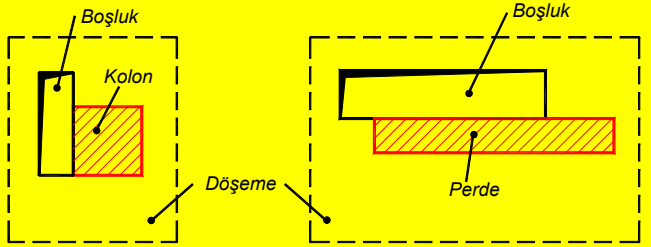
9. BİRLEŞİM BÖLGELERİ

- **Döşeme-kolon birleşim bölgesi: a) Düşey yükler ve b) deprem etkisi,**



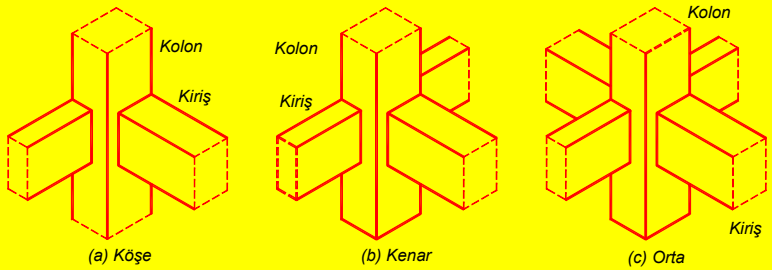
73

Kolon/perde ile döşeme birleşim bölgeleri:



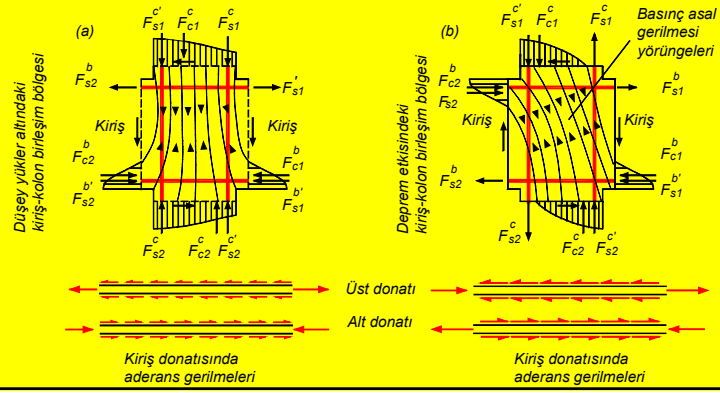
74

- **Kiriş-kolon birleşim türleri:**



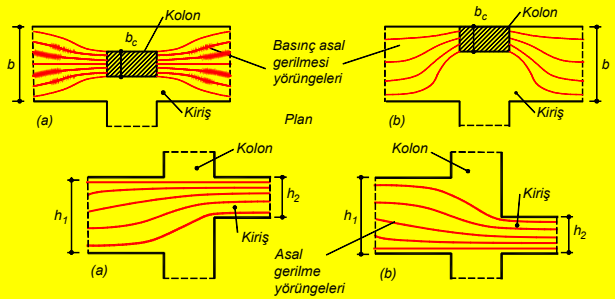
75

- **Kiriş-kolon birleşim bölgesinde iç kuvvetler: a) Düşey yük ve b) deprem etkisi**



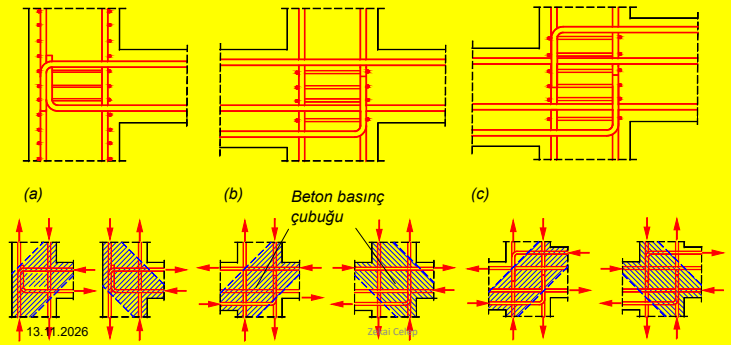
76

- **Dar kolonun geniş kirişe mesnetlik yapması**
- **Yüksekliği değişen kirişin kolonla birleşimi**



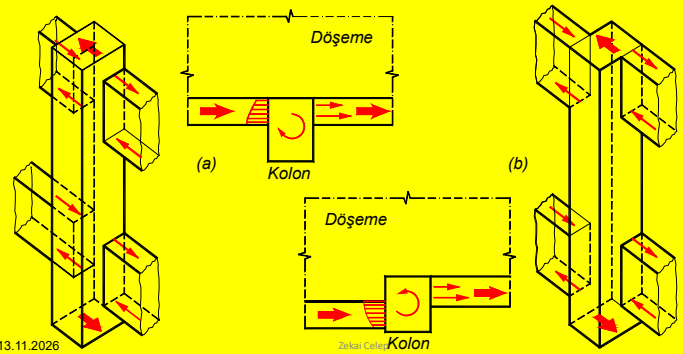
77

Kolon ile kiriş birleşim bölgeleri:



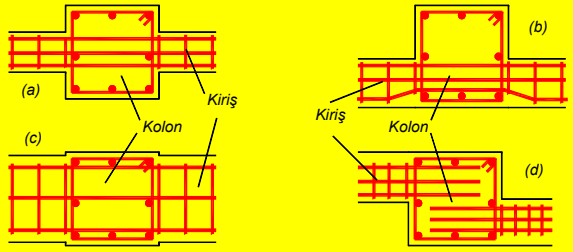
78

Kolon ile kiriş birleşim bölgeleri:



79

Kolon ile kiriş birleşim bölgeleri



80

- **Kuşatılmış kiriş-kolon birleşim bölgesi**

Kuşatılmış birleşim şartları:

$\min(b_{w1}, b_{w2})/b_c \geq 0.75$

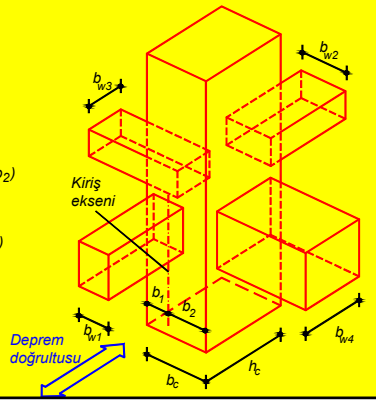
$\min(b_{w3}, b_{w4})/h_c \geq 0.75$

$b_{w1} \leq b_{w2}$ için $b_j = 2\min(b_1, b_2)$

$b_{w1} \geq b$ ve $b_{w2} \geq b$ ise $b_j = b$

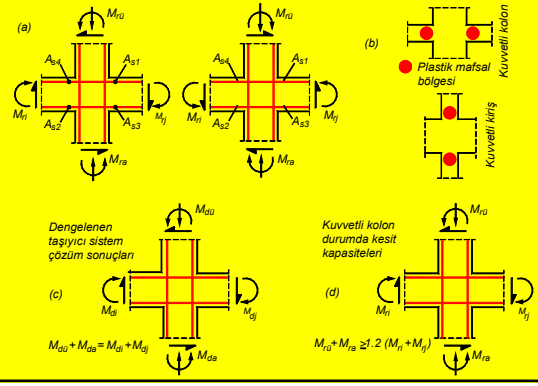
$b_{w1} < b$ ve $b_{w2} < b$ ise $b_j = 2\min(b_1; b_2)$

$b_j \leq (b_{w1} + h)$ ($b_{w1} < b_{w2}$ için)



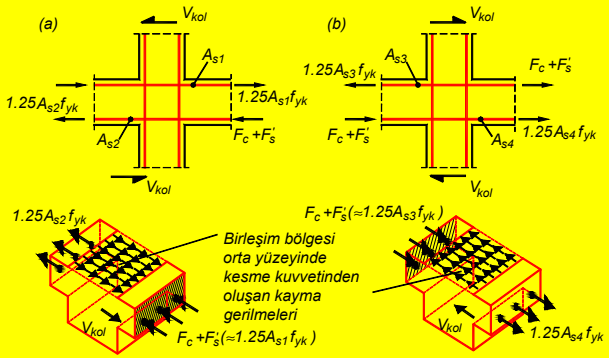
81

- **Kiriş-kolon birleşim bölgesinde oluşan etkiler**
- **Kolonların kirişlerden daha güçlü olmasının sağlanması,**



82

- **Kiriş-kolon birleşim bölgesinde güç tükenmesinde oluşan etkiler,**
- **Birleşim bölgesinde kesme kuvveti kapasitesine erişilmeden donatıların akmaya eriştiği sağlanıyor.**

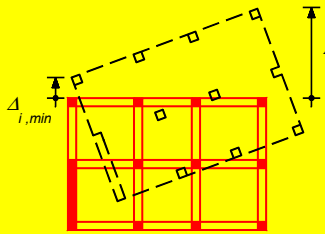


83

10. YAPISAL DÜZENSİZLİKLER

Planda düzensizlikler:

A1: Burulma düzensizliği
Burulma sebebiyle kolonlarda ek etkiler



$\Delta_{i,ort} = (\Delta_{i,max} + \Delta_{i,min})/2$

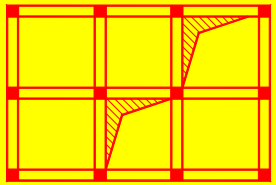
$\eta_{bi} = (\Delta_{i,max}/\Delta_{i,ort}) > 1.2$

A_1 Düzensizliği

84

A2: Döşeme süreksizlik düzensizliği

Rijit diyafram kabulünün geçerliliği
Özellikle kirişsiz döşemelerde deprem kuvvetlerinin kirişlere iletimİ

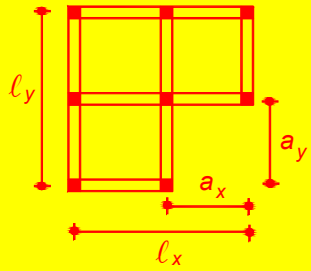


$$\frac{A_b}{A} = \frac{\text{Boşluk alanı}}{\text{Toplam kat alanı}} > 1/3$$

A_2 Düzensizliği

A3: Planda çıkıntı düzensizliği

Rijit diyafram kabulünün geçerliliği



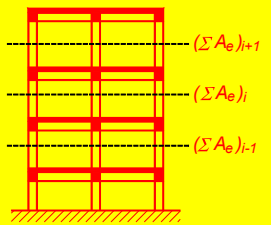
$a_x/\ell_x > 0.20$
$a_y/\ell_y > 0.20$

A_3 Düzensizliği

Kesitte düzensizlikler:

B1: Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (Zayıf kat)

Katlar arası kapasite farklılığı

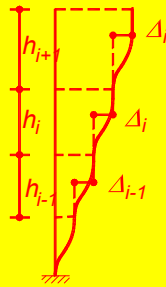


ΣA_e =kolon+perde+
+0.15 duvar kesit alanı

$\eta_{ci} = (\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1} < 0.80$

B_1 Düzensizliği

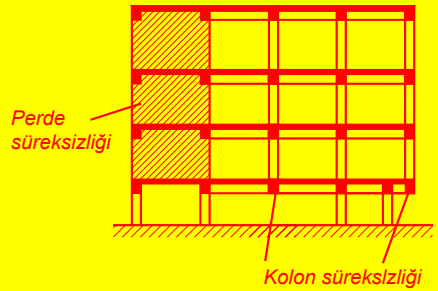
B2: Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak kat)



$\eta_{ki} = (\Delta_{i,ort} / h_i)/(\Delta_{i+1,ort} / h_{i+1}) > 2.0$
$\eta_{ki} = (\Delta_{i,ort} / h_i)/(\Delta_{i-1,ort} / h_{i-1}) > 2.0$

B_2 Düzensizliği

B3: Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarındaki süreksizlik düzensizliği



B_3 Düzensizliği

89

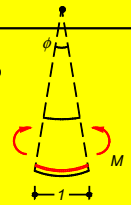
Taşıyıcı sistemde düzensizlikler

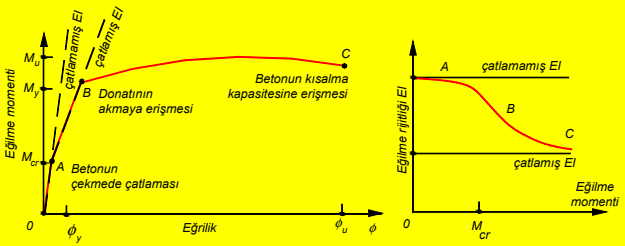
Düzensizlik	Tanım	Önlem
A1) Burulma düzensizliği	Bir katta (%5 lik ek dışmerkezlik de göz önüne alınarak) öteleme ve burulma sonucu oluşan en büyük göreli yerdeğiştirmenin ortalama öteleme yerdeğiştirmesine oranının 1.2 den büyük olması ($\eta_{bi} > 1.2$)	$\eta_{bi} > 1.2$ ise, ek dışmerkezlik arttırılır. $\eta_{bi} > 2.0$ ise, hesap yönteminin seçimine etkili olan düzensizlik
A2) Döşeme süreksizlik düzensizliği	a. Katlarda diyafram görevi yapan döşeme sisteminde %33 den fazla boşluk bulunması ($A_b / A > 1/3$) b. Deprem yüklerinin iletimini engelleyen yerel döşeme boşluklarının bulunması c. Döşemelerde düzlem içi rijitlikte ve dayanımda ani değişiklik bulunması,	Döşeme düzlemiçi gerilmelerin hesabı için gerekli modelleme yapılır ve deprem yükünün döşemelerden kolon ve perdelere iletildiği hesapla gösterilir.
A3) Planda çıkıntı düzensizliği	Plandaki her iki doğrultudaki çıkıntıların bu doğrultudaki bina boyutunun %20 sinden fazla olması ($a_x > \ell_x / 5 ; a_y > \ell_y / 5$)	

90

Betonarme kesitte eğilme etkisi, eğilme rijitliği v değiştirme:

Eğilme momenti-eğrilik bağıntısı, Eğilme rijitliği yüklemeye bağlı,





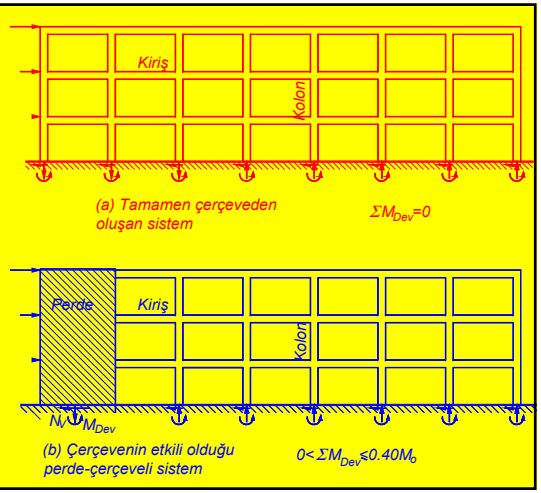
91

91

11. BETONARME TAŞIYICI SİSTEMLER VE ELASTİK ÖTESİ DAVRANIŞ

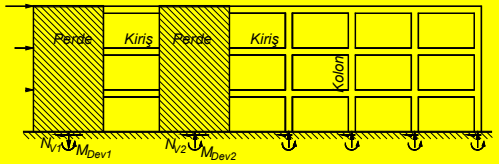
11. 1. TAŞIYICİ SİSTEMLER

- **Çerçeve ve perdeli taşıyıcı sistemler**



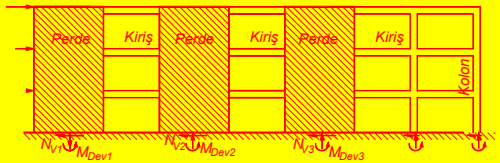
92

- **Çerçeve ve perdeli taşıyıcı sistemler**



(c) Çerçevenin ve perdenin berabece etkili olduğu perde-çerçeveli sistem

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

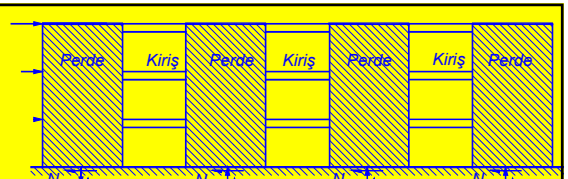


(d) Perdelerin etkili olduğu perde-çerçeveli sistem

$0.75M_o \leq \Sigma M_{Dev}$

93

- **Çerçeve ve perdeli taşıyıcı sistemler**



(d) Tamamen perdelerden oluşan sistem

$M_o=\Sigma M_{Dev}$

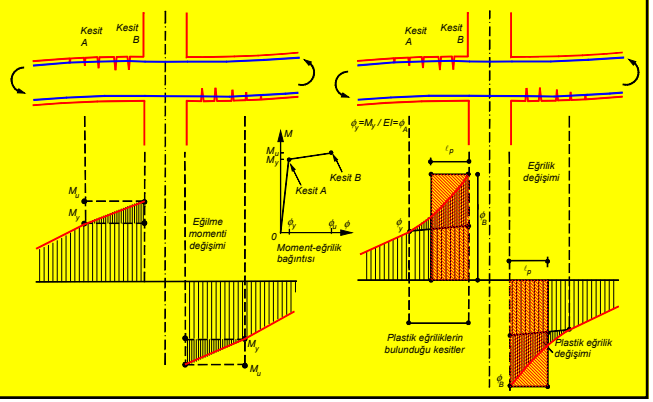
M_o: Deprem etkilerinden oluşan toplam taban devriilme momenti

ΣM_{Dev}: Perde taban devrilme momentlerinin toplamı

94

11.2. PLASTİK MAFSAL KAVRAMI

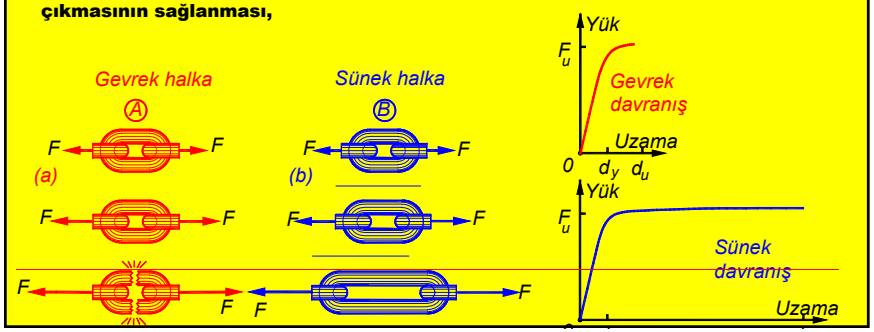
- **Kirişte deprem yükü altında mesnet bölgesinde plastik eğriliğin değişimi ve plastik mafsal kabulü,**



95

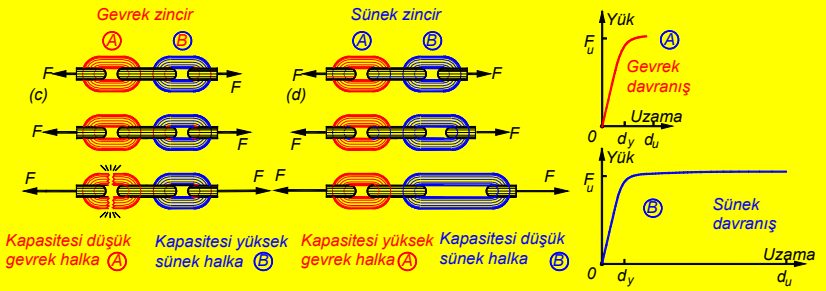
11.3. TASARIMDA KAPASİTE KAVRAMI

- **Sünek güç tükenmesi (örneğin; eğilme momenti güç tükenmesi) ile sünek olmayan güç tükenmesi (örneğin; aderans çözülmesi, kesme kuvveti ve zımbalama güç tükenmesi) beraber bulunduğunda, sünek olmayan etkiye ait kapasite arttırılarak, eleman beklenilenin üstünde zorlandığında, güç tükenmesinin sünek olarak ortaya çıkmasının sağlanması,**



96

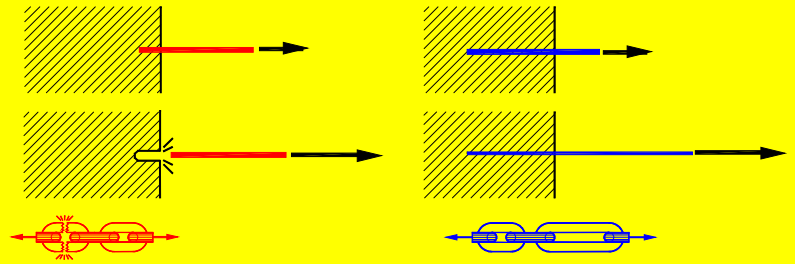
11.2. TASARIMDA KAPASİTE KAVRAMI



97

Sünek ve gevrek güç tükenme biçimleri:

KENETLEME

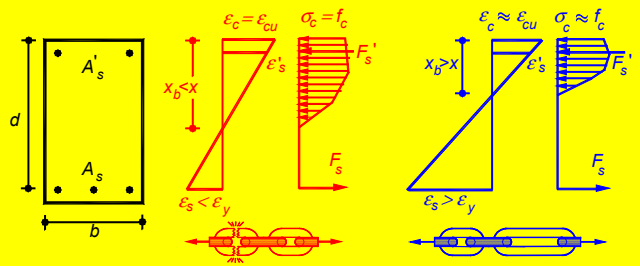


Kenetlenme boyu küçük donatıda gevrek güç tükenmesi (donatının sıyrılması)

Kenetlenme boyu büyük donatıda sünek güç tükenmesi (donatının akması)

98

EĞİLME MOMENTİ

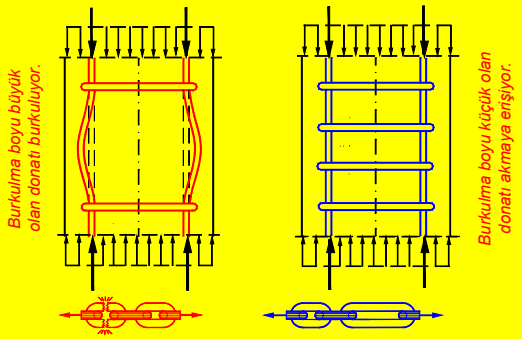


Donatı akmaya erişmeden önce beton güç tükenmesine erişiyor

Donatı akmaya erişilikten sonra beton güç tükenmesine erişiyor

99

DONATI BURKULMASI



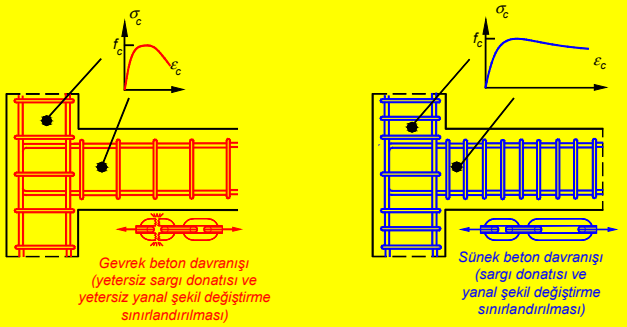
Burkulma boyu büyük donatıda gevrek güç tükenmesi

Burkulma boyu küçük donatıda sünek güç tükenmesi

100

Depreme dayanıklı betonarme yapılar

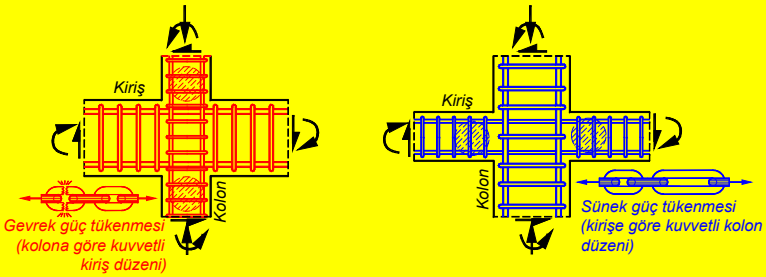
SARGI DONATISI



101

Depreme dayanıklı betonarme yapılar

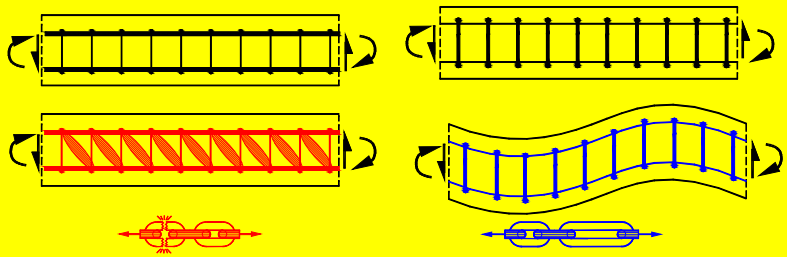
KİRİŞTEN GÜÇLÜ KOLON



102

Depreme dayanıklı betonarme yapılar

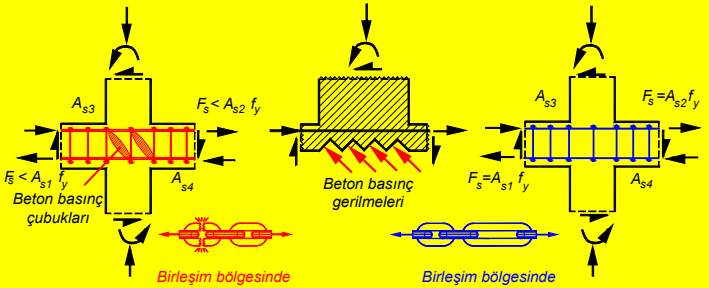
EĞİLME MOMENTİ VE KESME KUVVETİ GÜÇ TÜKENMESİ



103

Depreme dayanıklı betonarme yapılar

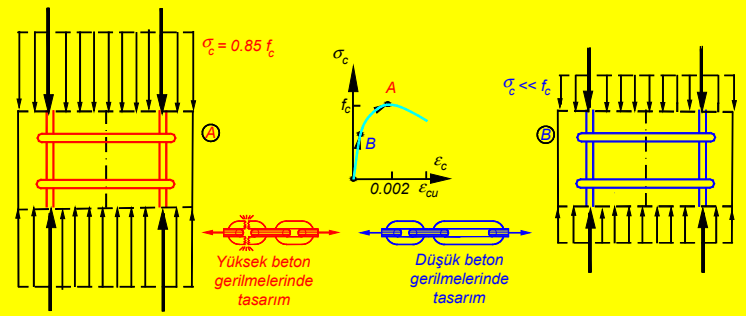
BİRLEŞİM BÖLGESİ



104

Depreme dayanıklı betonarme yapılar

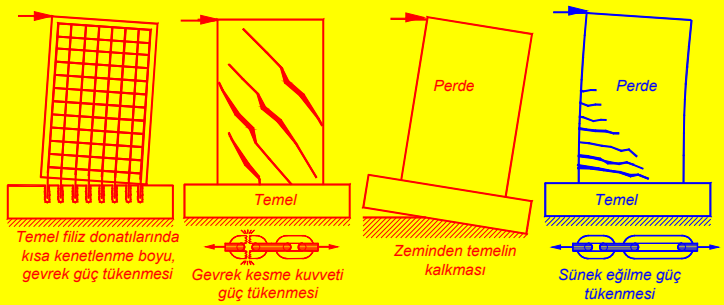
BETON GERİLMESİNDE SINIRLAMA



105

Depreme dayanıklı betonarme yapılar

PERDE



106

Depreme dayanıklı betonarme yapılar

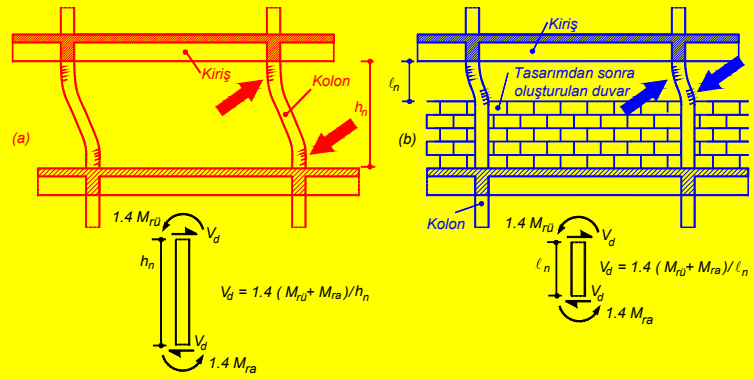
ZIMBALAMA



107

Depreme dayanıklı betonarme yapılar

11.4. KISA KOLON



108

Kısa kolon hasarı:

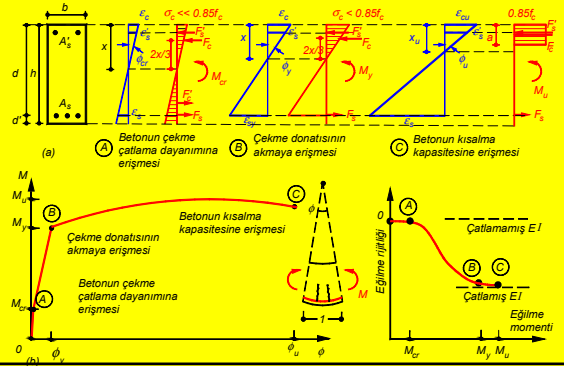




109

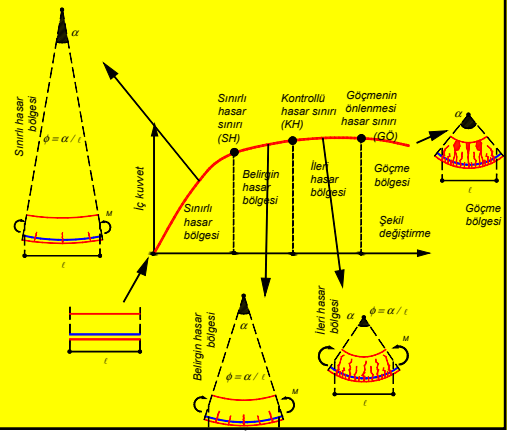
11.5. PERFORMANS DÜZEYLERİ

- **Moment-eğrilik değişimi**



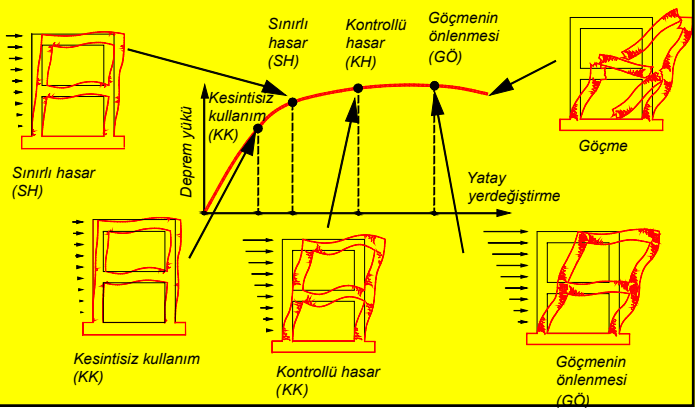
110

- **Kesit hasar sınırları ve bölgeleri,**
- **Beton ve donatıda meydana gelen birim kısalma ve uzamalara bağlı olarak tanımlanan hasar bölgeleri,**



111

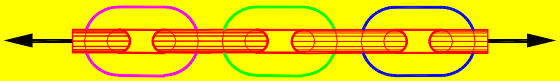
- **Bina performans sınırları ve bölgeleri**



112

Depreme Dayanıklı Bina Tasarımı'nda bütün adımlar önemli

Yönetmelikler *Yerinde uygulama*

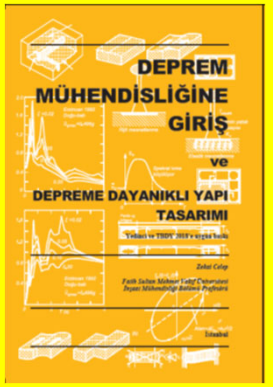


Tasarım, projenin hazırlanması

Dikkat ve sabrınız için teşekkürler...

113







114