



TMMOB İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI DİYARBAKIR ŞUBESİ

Meslekiçi Eğitim Semineri

BETONARME ELEMANLARDA DONATI DÜZENLEME İLKELERİ

Prof. Dr. Kadir GÜLER
kguler@itu.edu.tr

İstanbul Teknik Üniversitesi
İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

17 Kasım 2012
DİYARBAKIR

BAŞLICA DEPREM HASARI NEDENLERİ

- Taşıyıcı sistemin kötü seçilmiş olması
- Donatı düzeninin uygun olmaması
- Beton dayanımının düşük olması
- Zeminle ilgili hasarlar
-

Deprem hasarı, genellikle yukarıdaki hususlardan sadece bir tanesi nedeniyle oluşmaz

DONATI

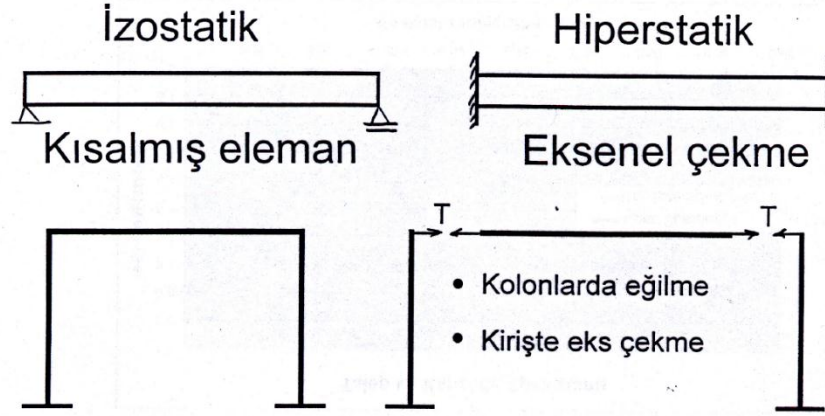
- **Betonun çekme dayanımı çok küçük, çekme kuvvetlerinin donatı tarafından taşındığının kabul edilmesi**
- **Eğilme ve çekme ile zorlanan yapı elemanlarında çekme kuvvetlerini almak, çekme bölgelerine donatı yerleştirmek**
 - **boyuna donatı (eğilme / aksenal çekme)**
 - **enine donatı (kesme / burulma)**
- **Kesit hesabının gerektirdiği durumlarda basınç bölgesine de donatı koymak (kolonlar, basınç donatılı kirişler gibi)**

DONATI

- Sıcaklık değişimi, rötre gibi etkilerden oluşan çekme gerilmelerinin karşılanması ve çatlak genişliklerinin sınırlı kalmasının sağlanması
- Kolonlarda donatı basınç kuvveti ile zorlanan betonun taşıma kapasitesini arttırır
- Narin kolonlarda burkulmaya karşı güvenlik sağlar
- Büyük çatlakları önler ve ortaya çıkan eğilme momentlerini karşılar

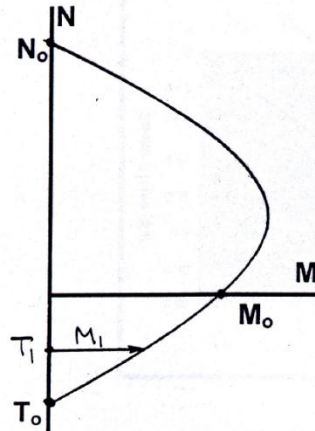
BÜZÜLME (Rötre)

- Fazla karışım suyunun buharlaşması sonucu boy kısalması



BÜZÜLME (Rötre)

- Eksenel çekme nedeniyle güç azalması
 - Eğilme
 - Kesme



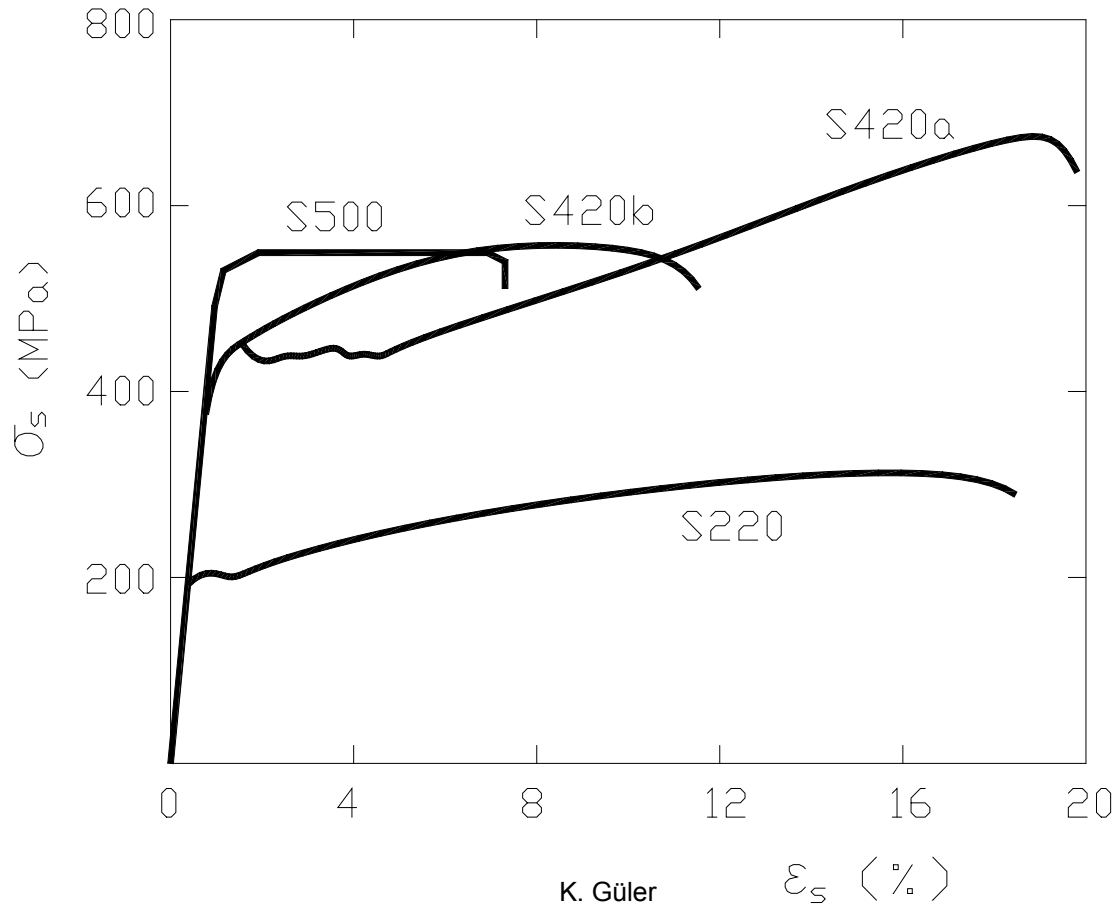
$$V_r = 0.65 f_{ctd} b_w d (1 - 0.07 \sigma_t)$$

❖ **Önemli sorunlara yol açabilir.**

DONATI

- Basınç donatısı olarak betonun sünme ve rötre şekildeğişirmelerini azaltır
- Sadece basınç gerilmeleri ile zorlanan ve burkulma tehlikesi olmayan yapı elemanlarında, betonun yüksek basınç dayanımı nedeniyle donatının önemi fazla değilse de, yüksek basınç gerilmelerine maruz betonarme elemanlarda yarılmalara karşı enine donatı veya fret donatısı kullanılır
- Enine donatı betonun göçme şekildeğişirmesinin büyümesini sağlayarak sünekliği artırır
- Sargı donatısı (spiral / etriye)
- Basınç donatısı (kiriş)

Değişik çelik türlerinde Gerilme-Şekildeğiştirme eğrisi



Donatının sünekliği

- Gerilme-şekil değiştirme diyagramından görüleceği gibi:
- S220 (BÇI) ve S420a (BÇIIIa) de iyi
- S420b (BÇIIIb) ve S500 (BÇIV) de yetersizdir
- Süneklik gerektiren durumlarda ilk ikisi kullanılmalıdır (DBYBHY)

Donatı Mekanik Özellikleri

<i>Çelik sınıfı</i>	<i>Minimum akma sınırı</i> $f_{yk} ; f_{0.2}$ (MPa)	<i>Minimum çekme dayanımı</i> f_{su} (MPa)	<i>Minimum kopma uzaması</i> ϵ_{su}
<i>S220(a)</i> <i>Doğal sertlikte düz yüzeyli beton çeliği</i>	220	340	0.18
<i>S420(a)</i> <i>Doğal sertlikte nervürlü beton çeliği</i>	420	500	0.12
<i>S420(b)</i> <i>Soğukta işlenmiş nervürlü beton çeliği</i>	420	500	0.10
<i>S500(bs)</i> <i>Doğal sertlikte çelik hasır</i>	500	550	0.08
<i>S500(bk)</i> <i>Soğukta işlenmiş çelik hasır</i>	500	550	0.05

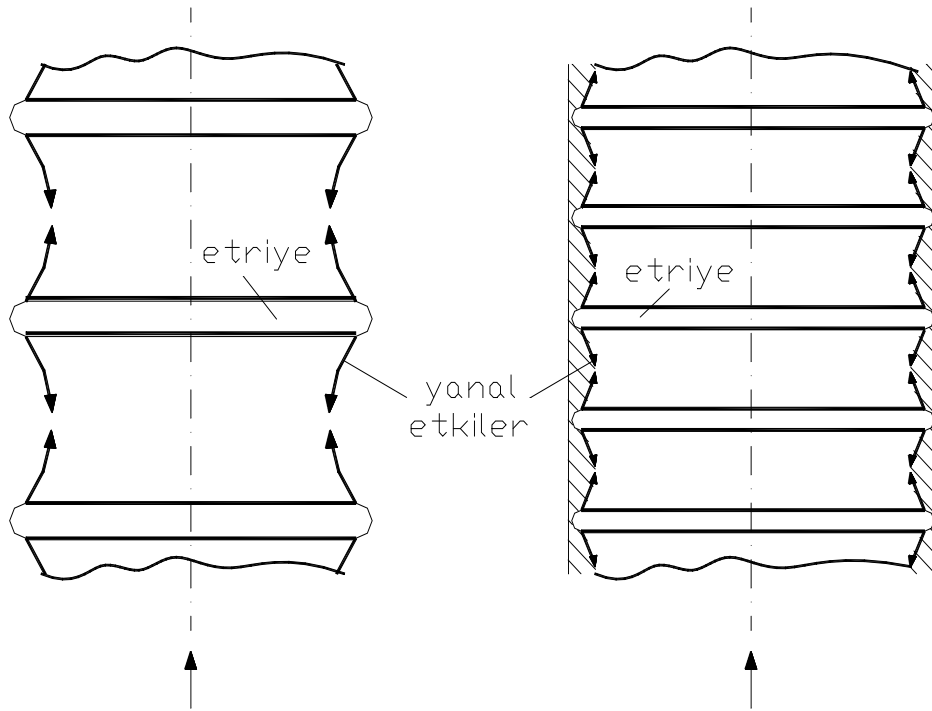
Beton

- Yüksek basınç dayanımı,
- Düşük çekme dayanımı,
- Gevrek davranış,
- Basınç etkisi altında yanıl çekme gerilmeleri oluşabiliyor,
- Yanıl (enine) şekil değiştirmelerin önlenmesi, çatlakları geciktiriyor ve dayanımı ve sünekliği arttırıyor,
- Sargı donatısı kullanılarak pasif olarak (yanıl şekil değiştirmeyi önleyen) basınç gerilmesi uygulanıyor,

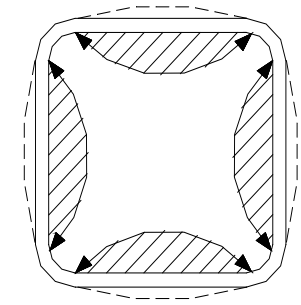
Beton dayanımı ve sünekliği

- Tek eksenli ve iki ya da üç eksenli gerilme durumunda farklıdır
- Yanal basınç şekilde görüldüğü gibi basınç dayanımını ve sünekliği artırır
- Sargılama, bu nedenle, hem basınç dayanımı hem de göçme şekil değiştirmesinin artmasını sağlar

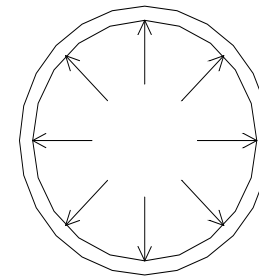
Sargı etkisi



b)

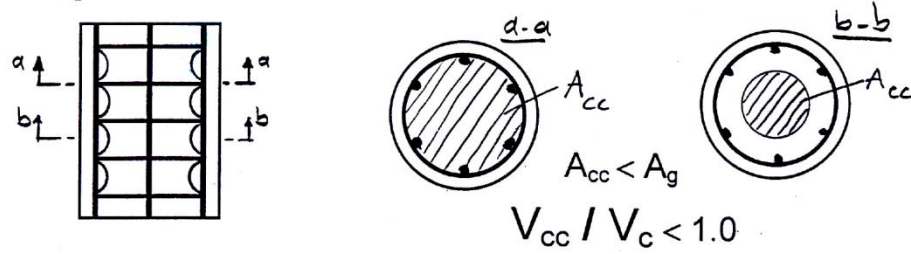


şarýlmamýþ beton

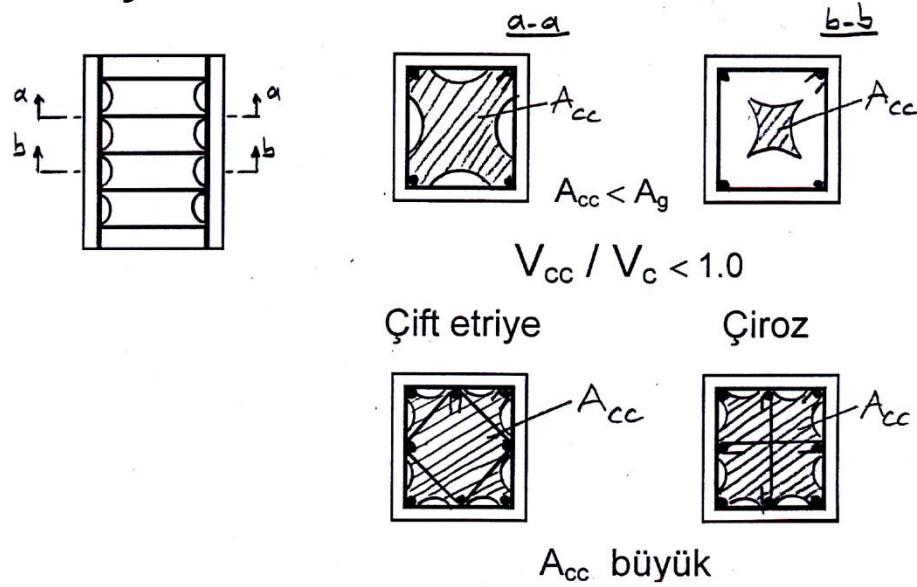


SARGILAMA (Uygulama)

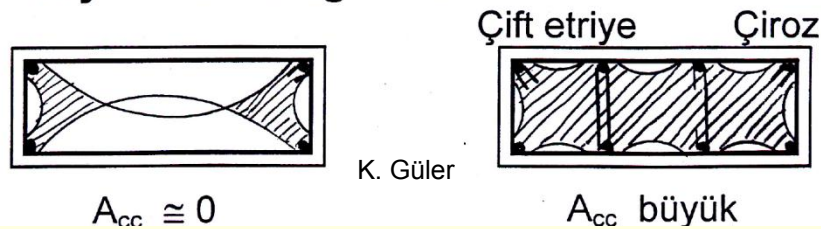
➤ Spiralli kolon



➤ Etriyeli kare kolon

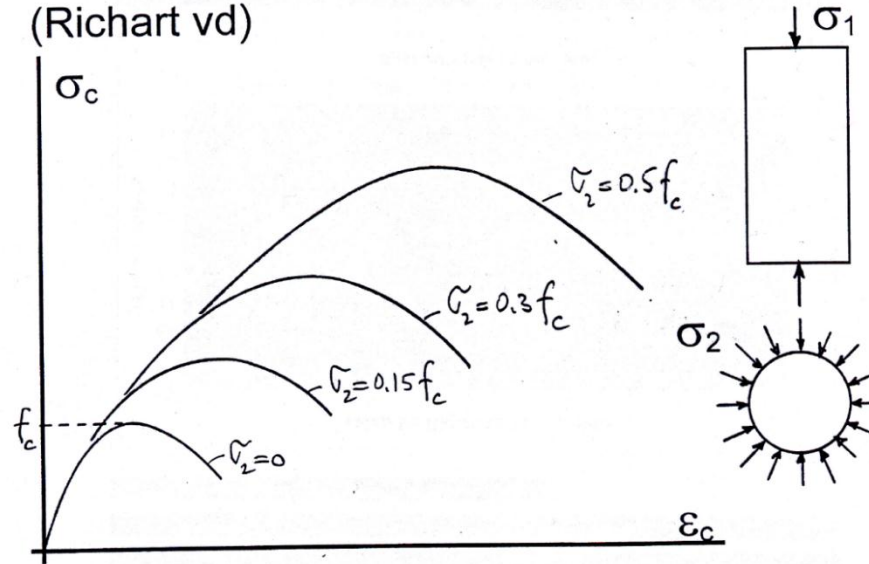


➤ Etriyeli dikdörtgen kolon



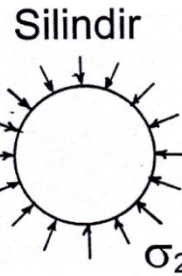
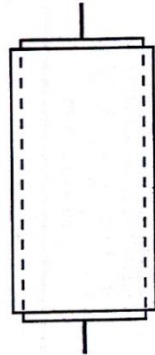
SARGILAMA (Aktif)

- Üç eksenli basınç altında beton davranışı (Richart vd)



SARGILAMA (Pasif)

- Sürekli çelik tüp



K. Güler

- ❖ Tüm beton kütlesi sargılanmış, $V_{cc}/V_c=1.0$

Enine donatı ile sargılamada

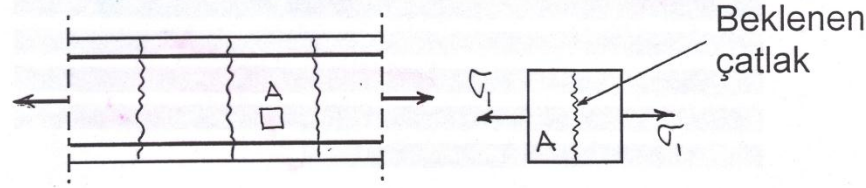
- Sargılanamayan beton hacmi dairesel kesitte en azdır
- Kare kesitte sargılama etkisi dikdörtgenden daha iyi
- Enine donatı aralığı azaldıkça sargılanamayan beton hacmi de azalır

ÇATLAMA

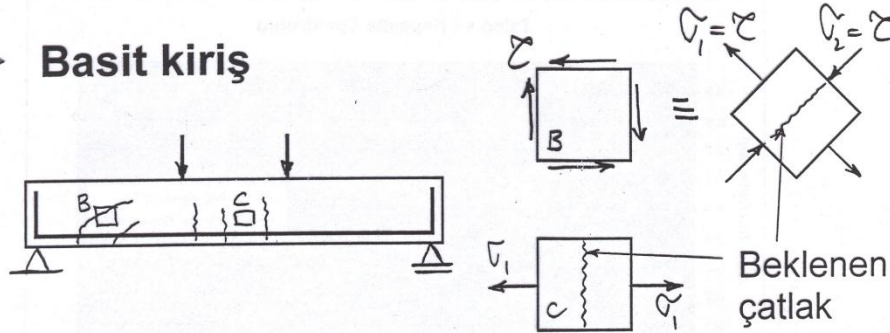
- **Betonda çekme kırılması**
(Gerilmeler donatıya aktarılır; göçme olmaz.)
- Asal çekme gerilmesine dik doğrultuda olur.
- Donatı çatlamaı önlemez, denetler.

ÇATLAMA ÖRNEKLERİ

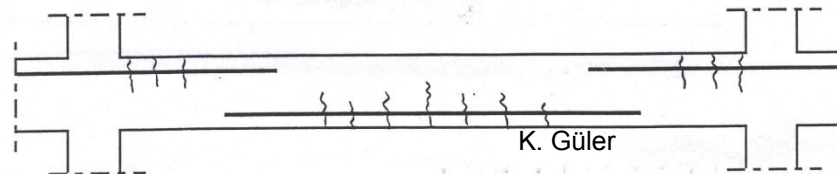
- **Eksenel çekme (Büzülme)**



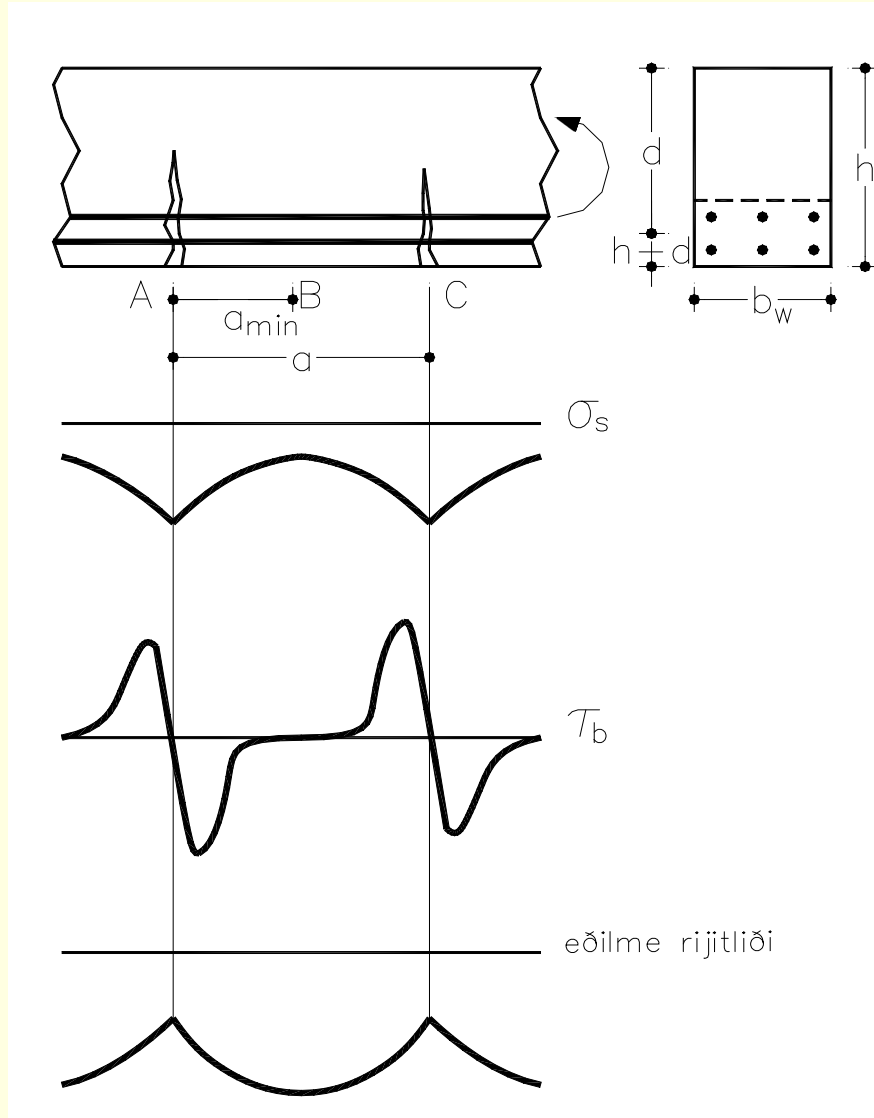
- **Basit kiriş**



- **Sürekli kiriş**



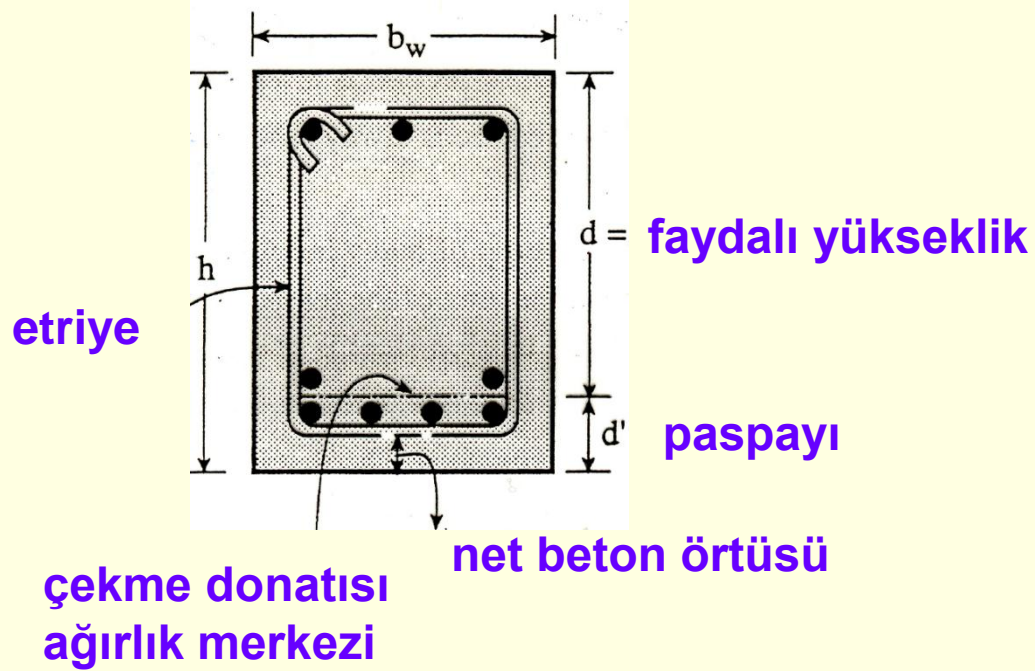
Basit eğilmede çatlama



Çatlama

- Betonun gevrekliği nedeni ile betonarmede çatlak oluşması doğaldır, beklenir
- Çatlakların zararlı düzeye çıkmaması, uygun yerleştirilmiş donatı ile sağlanır
- Donatı çatlamayı önlemez, sınırlar

Beton Örtüsü

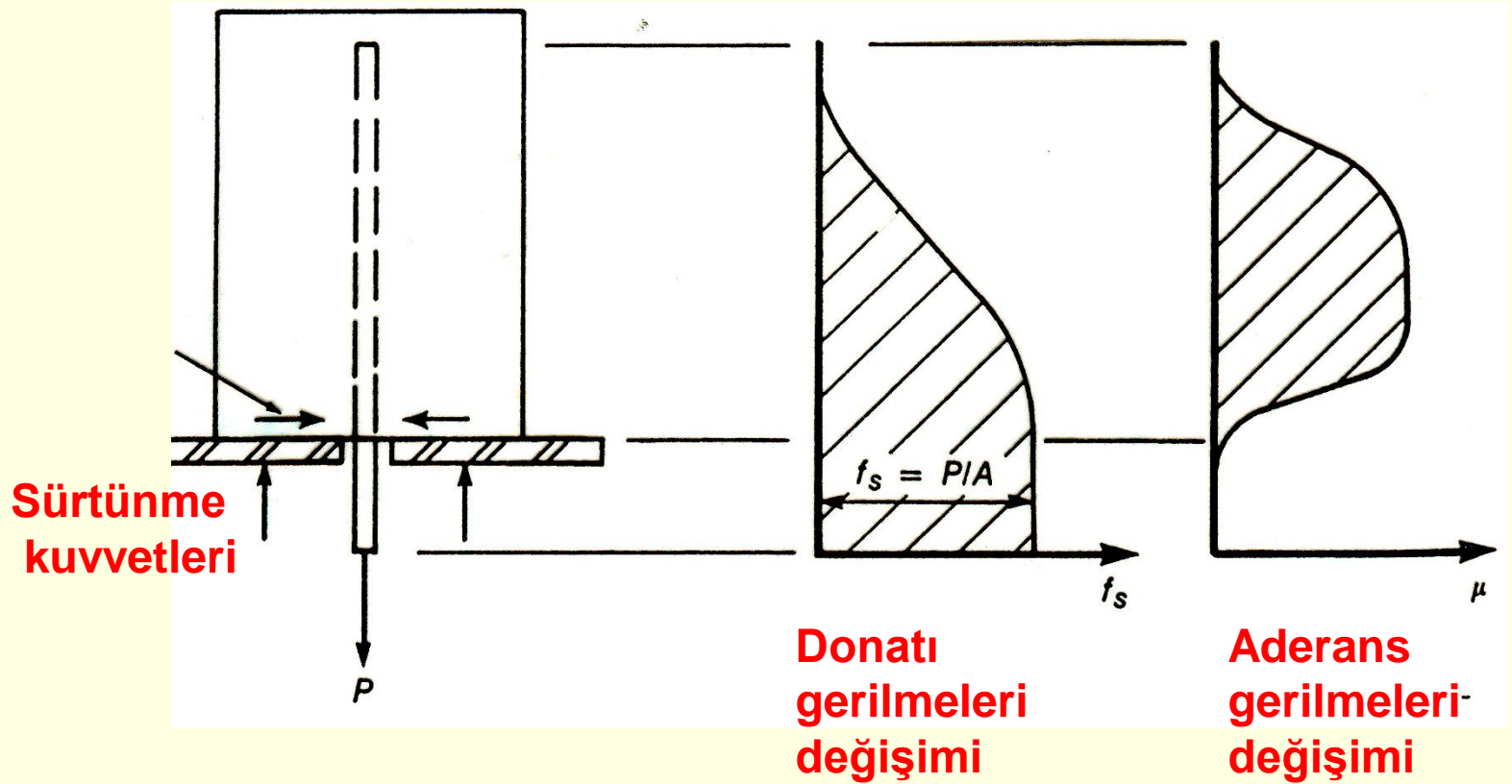


Beton Örtüsü

TABLO 2: Beton örtü tabakası kalınlıkları (TS500)

Eleman	
Zeminle doğrudan ilişkide olan elemanlarda	$c_c \geq 50\text{mm}$
Hava koşullarına açık kolon ve kirişlerde	$c_c \geq 25\text{mm}$
Yapı içinde dış etkilere açık olmayan kolon ve kirişlerde	$c_c \geq 20\text{mm}$
Perde duvar ve döşemelerde	$c_c \geq 15\text{mm}$
Kabuk ve katlanmış plaklarda	$c_c \geq 15\text{mm}$

Çekip çıkarma deneyi

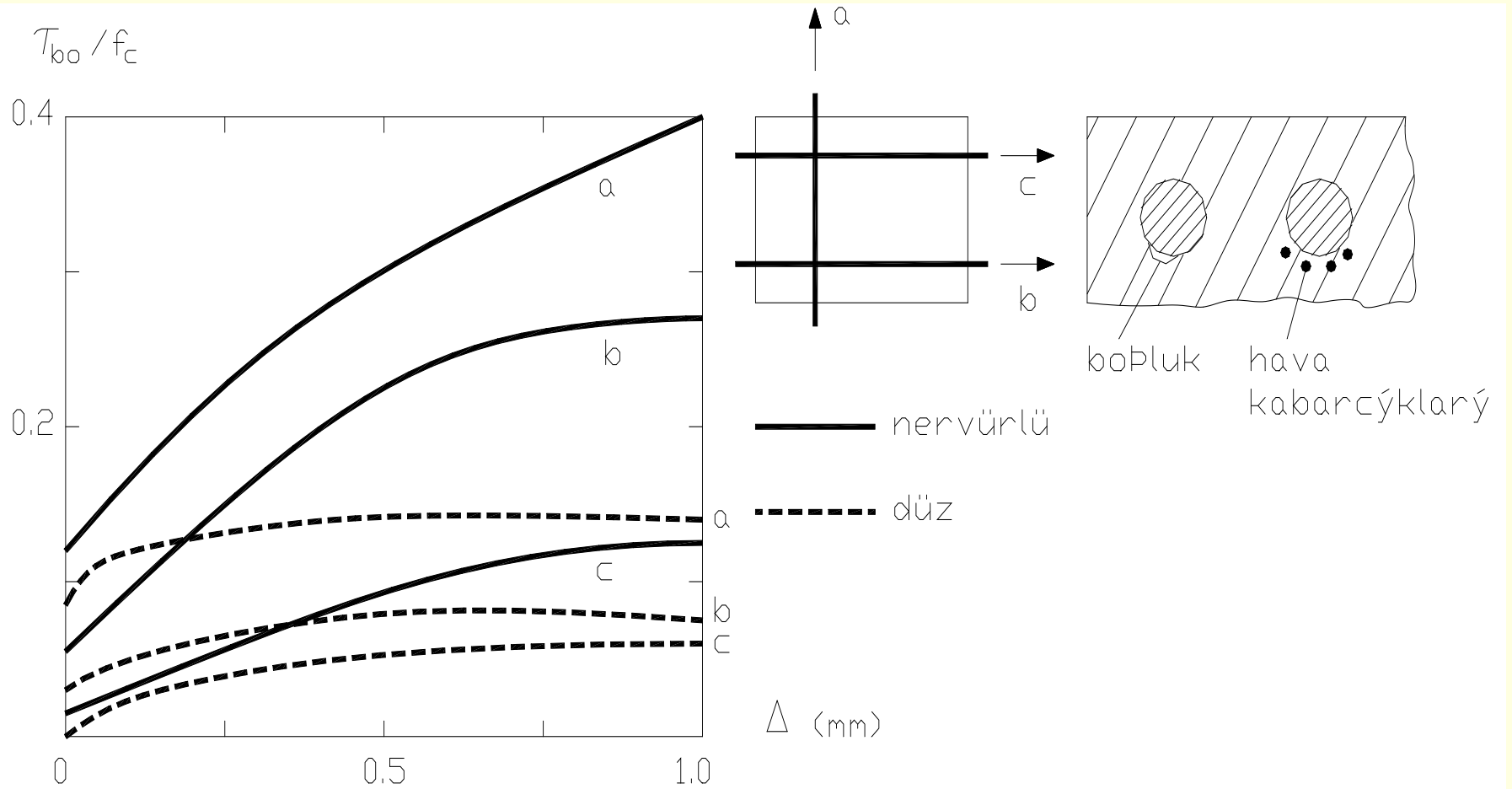


$$P = A_s f_{yd} = \pi \Phi^2 / 4 f_{yd}$$

$$P = \pi \Phi f_{ctd} l_b = \pi \Phi^2 / 4 f_{yd}$$

$$l_b = \Phi / 4 (f_{yd} / f_{ctd})$$

Değişik konumlarda aderans

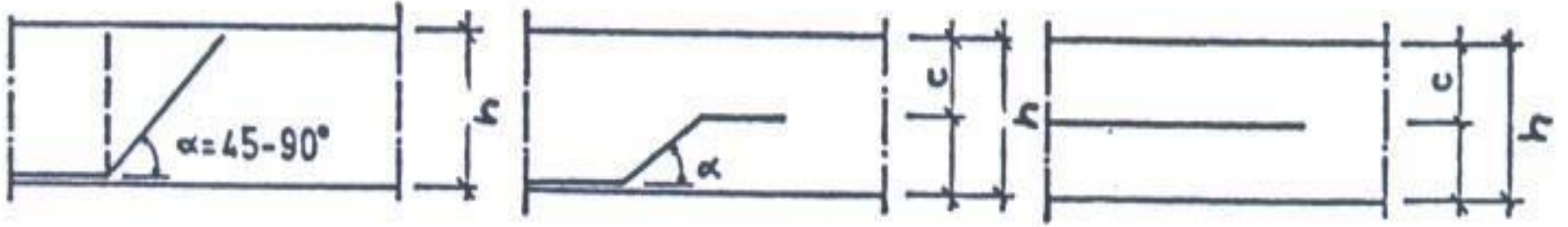


Konum II

$$\alpha \geq 45 \sim 90^\circ$$

$$\alpha < 45^\circ \quad c \geq \frac{d}{2}$$

$$c = 30 \text{ cm}$$

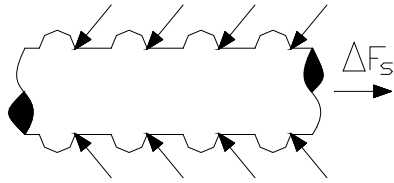


Konum I' deki donatıların düz kenetlenmesinde kenetlenme boyu %40 arttırılmalıdır.

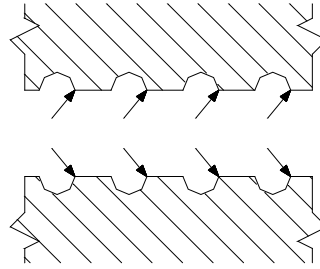
Çekip çıkarma deneyi

- Aderansın konuma göre ve donatı yüzey durumuna göre değiştiği
- Nervürlü donatının düz yüzeyliye, a konumunun c ye göre yaklaşık iki kat iyi olduğu
- Betonun oturması nedeni ile c konumunun en düşük aderans düzeyinde olduğu görülüyor

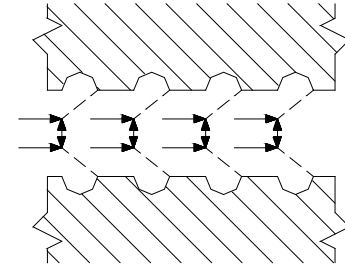
Nervürlü donatının yarılma etkisi



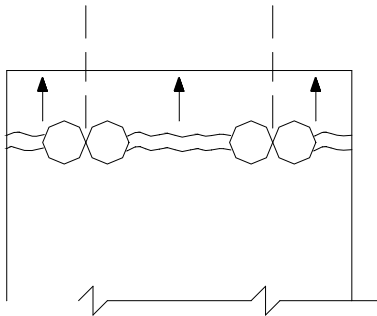
donatı



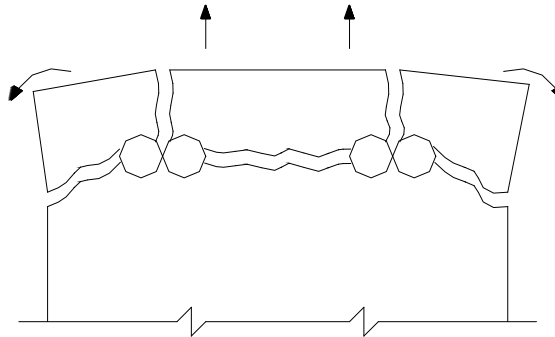
beton



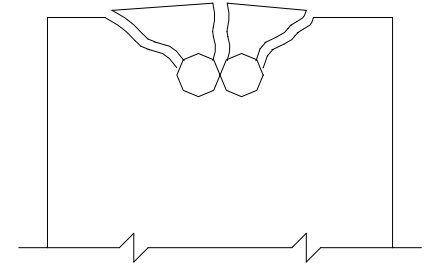
betonda
bileşenler



yanal yarıлма

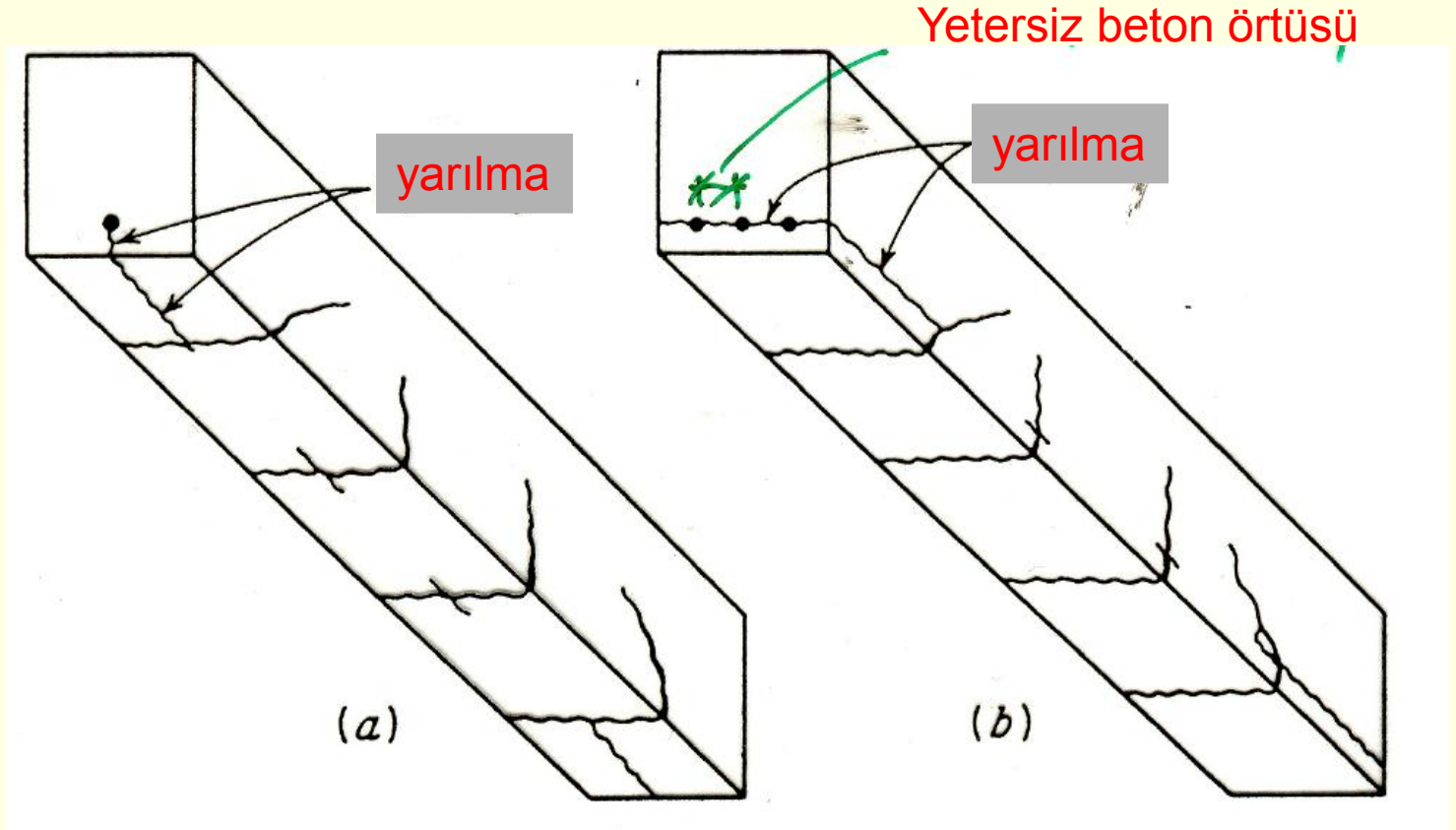


K. Güler



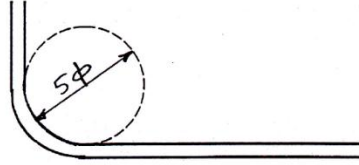
V-yarıлма

- Yetersiz donatı aralığı ve beton örtüsü durumlarında çatlama ya da yarıma etkisi oluşturabilir



DONATININ BÜKÜLMESİ

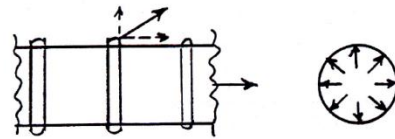
- **Minimum büküm çapı** - TS 500 de verilir.
(Genellikle 5ϕ)



- Nervürlü donatı 90° den fazla bükülmemeli; düz yüzeyli donatı 180° bükülebilir.
- Nervürlü donatıya kanca yapılmamalı, zaten gerekmez; L yapılabilir.
- **Kolon donatısına kanca yapılmaz.**

DONATININ ÇEVRESİNE ETKİLERİ

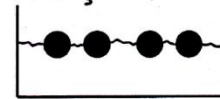
- **Yarılma** (Nervürlü donatı)



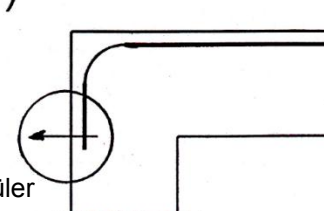
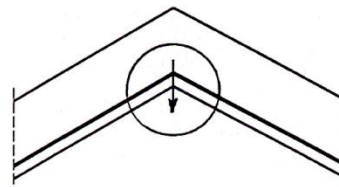
- Yetersiz beton örtüsü



- Yetersiz çubuk aralığı



- **Yaslanma** (Beton yırtılır)



K. Güler

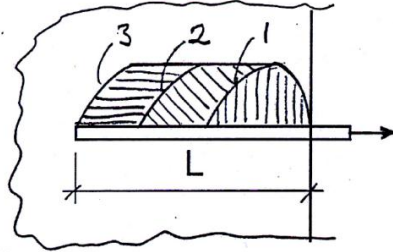
DONATININ KENETLENMESİ

- **Düz kenetlenme**
- **Kancalı kenetlenme**
- **Fiyong ile kenetlenme**
- **Mekanik kenetlenme**

DONATININ KENETLENMESİ

- Gerilme taşıyabilmesi için donatının kenetlenmesi önkoşuldur (**Ucunu sıkıca tutmadığınız ipi çekemezsiniz.**).

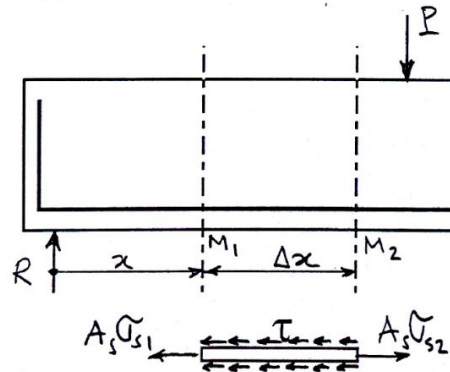
- **Kenetlenme boyu-** Sıyrılma olmaksızın donatının akmasını sağlamağa yetecek en küçük gömülme boyu.



$L < l_b$	3 de sıyrılma
$L = l_b$	3 de akma
$L > l_b$	2 de akma

DONATININ KENETLENMESİ

- **Eğilmelerde kenetlenme**



$$M_1 \rightarrow \sigma_{s1}$$

$$M_2 \rightarrow \sigma_{s2}$$

$$M_1 < M_2$$

$$\sigma_{s1} < \sigma_{s2}$$

$$\Delta T = A_s (\sigma_{s2} - \sigma_{s1})$$

- ❖ ΔT nin τ ile karşılanması gerektiğinden, kiriş davranışı için tam kenetlenme önkoşuldur.

Nervürlü ve düz yüzeyle donatıda kenetlenme boyu

$$l_b = 0.12 (f_{yd}/f_{ctd}) \Phi \geq 20 \Phi \text{ (nervürlü donatı)}$$

$$l_b = 0.24 (f_{yd}/f_{ctd}) \Phi \geq 40 \Phi \text{ (düz yüzeyle donatı)}$$

$$32\text{mm} < \Phi \leq 40\text{mm} \quad l_b = (100/(132-\Phi)) \Phi$$

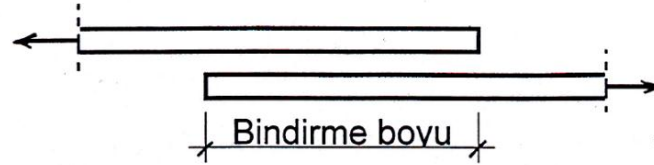
$$P = A_s f_{yd} = \pi \Phi^2/4 f_{yd}$$

$$P = \pi \Phi f_{ctd} l_b = \pi \Phi^2/4 f_{yd}$$

$$l_b = \Phi/4 (f_{yd}/f_{ctd})$$

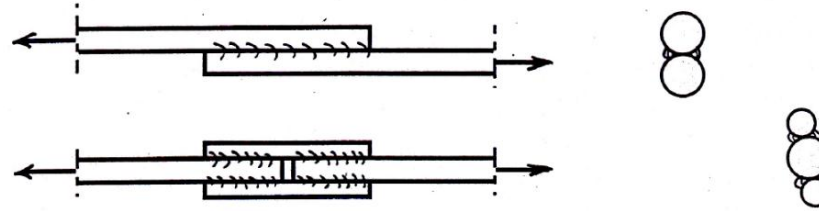
DONATININ EKLENMESİ

- **Bindirmeli ek** (Türkiye’de yaygın)



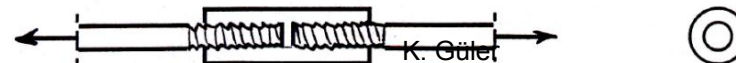
- **Bindirme boyu** - “Kenetlenme boyu” cinsinden verilir (TS 500)

- **Kaynaklı ek** (Türkiye’de tehlikeli)

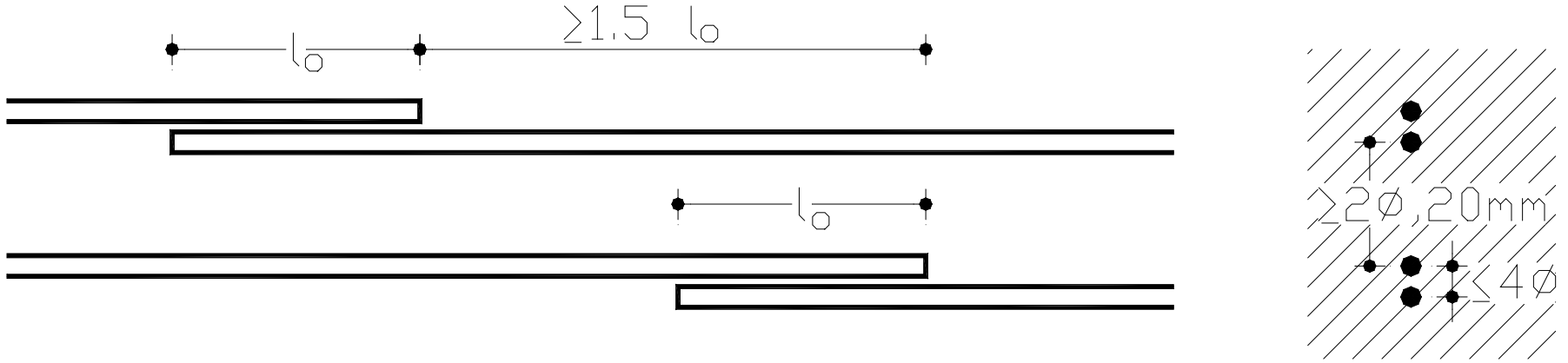


- ❖ Kaynak kopmadan çubuklar akmalı

- **Manşonlu ek** (Türkiye’de seyrek)



Bindirme ekinde şaşırtma



Eklerin aynı kesitte yapılmamasına çalışılmalıdır.

$$l_0 = \alpha_1 l_b$$

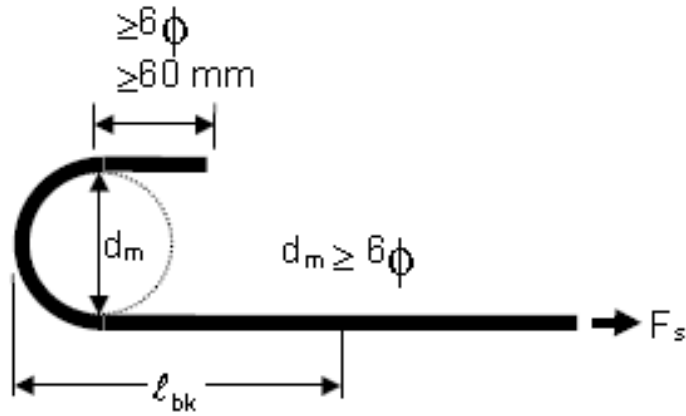
ifadesine α_1 katsayısı aynı kesitte eklenen donatının oranına göre değişir, kanca yapıldığında %75 ine kadar azaltılabilir

$$l_0 = \alpha_1 l_b$$

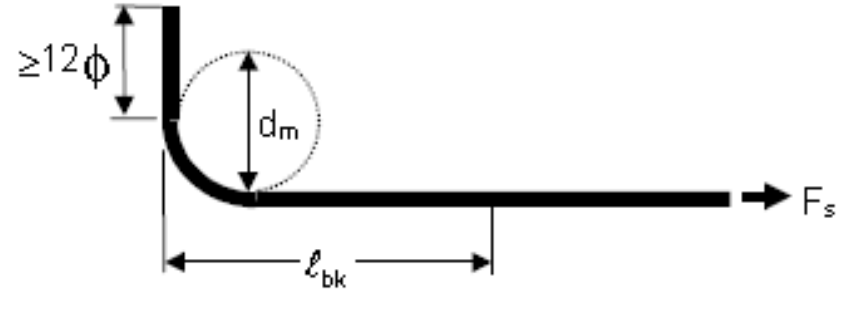
$\alpha_1 = 1 + 0.5 r$; r aynı kesitte eklenen donatının toplam donatıya oranıdır

Eksenel çekmede $\alpha_1 = 1.8$

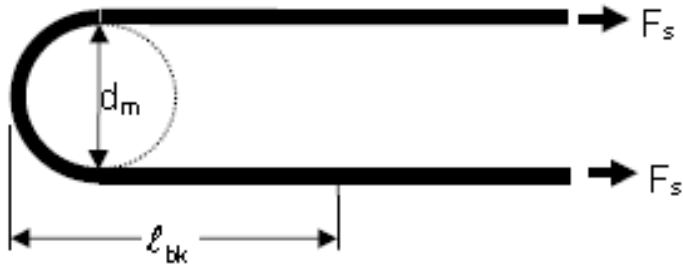
Standart kanca ve fiyonglar



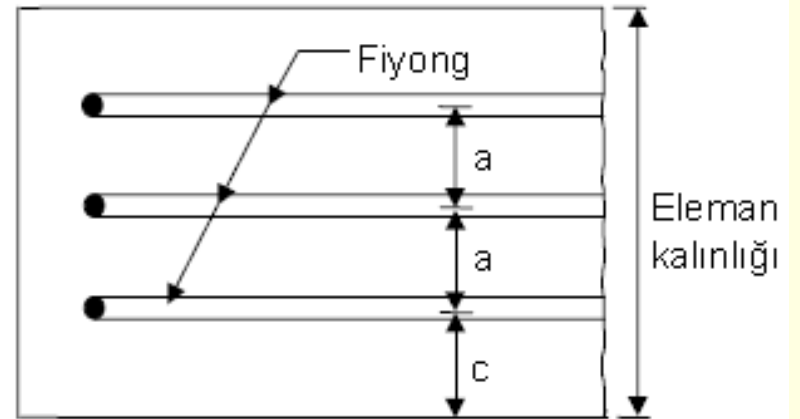
(a)



(b)



(c)



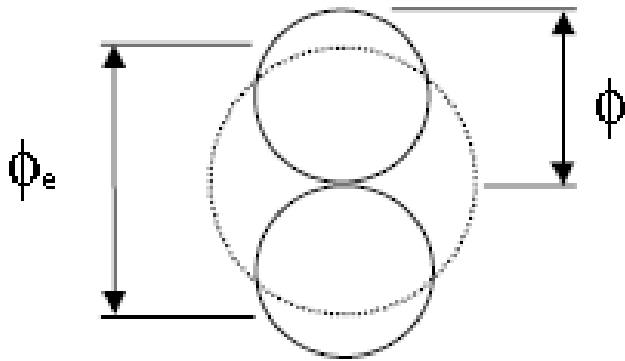
(d)

Boyuna donatı kancalarında, $d_m \geq 6\phi$

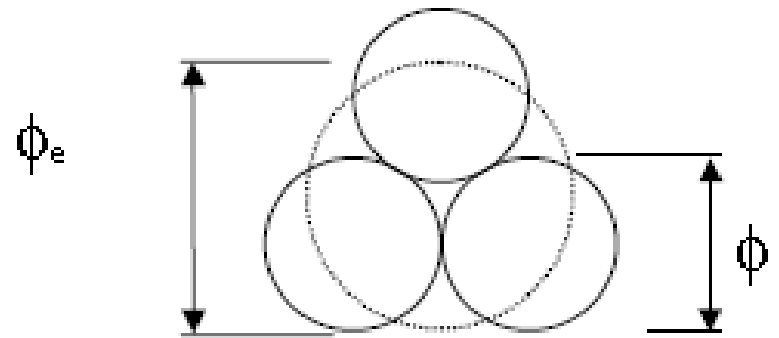
Etriye çiroz ve kancalarında, $d_m \geq 6\phi$

Fiyonglarda, $d_m \geq 12\phi$, $a \geq 2\phi$, $c \geq 3\phi$

Demet donatı düzenlenmesi



$n=2$

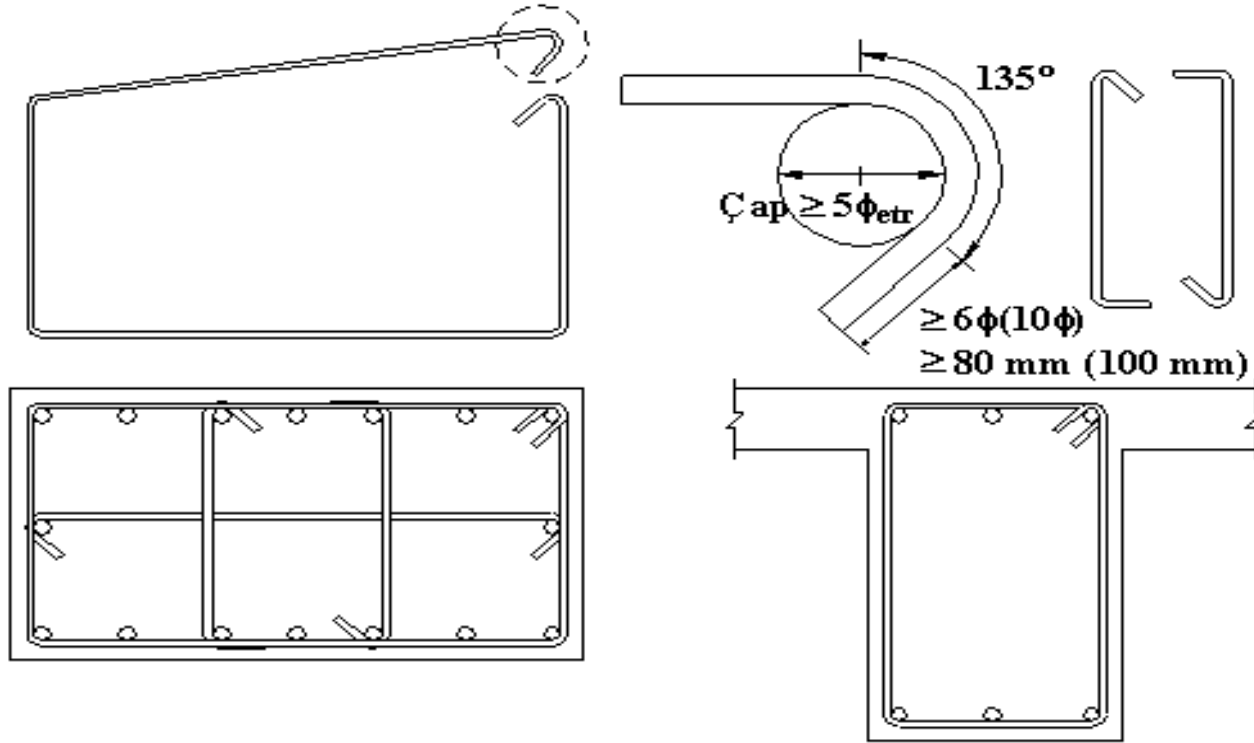


$n=3$

Nervürlü donatı

- 90 dereceden fazla bükülmemelidir
- Bu düşünce ile kanca da yapılmamalıdır
- En az büküm çapı 5ø olabilir
- Etriye kancasının 135 derece olması tercih edilmelidir

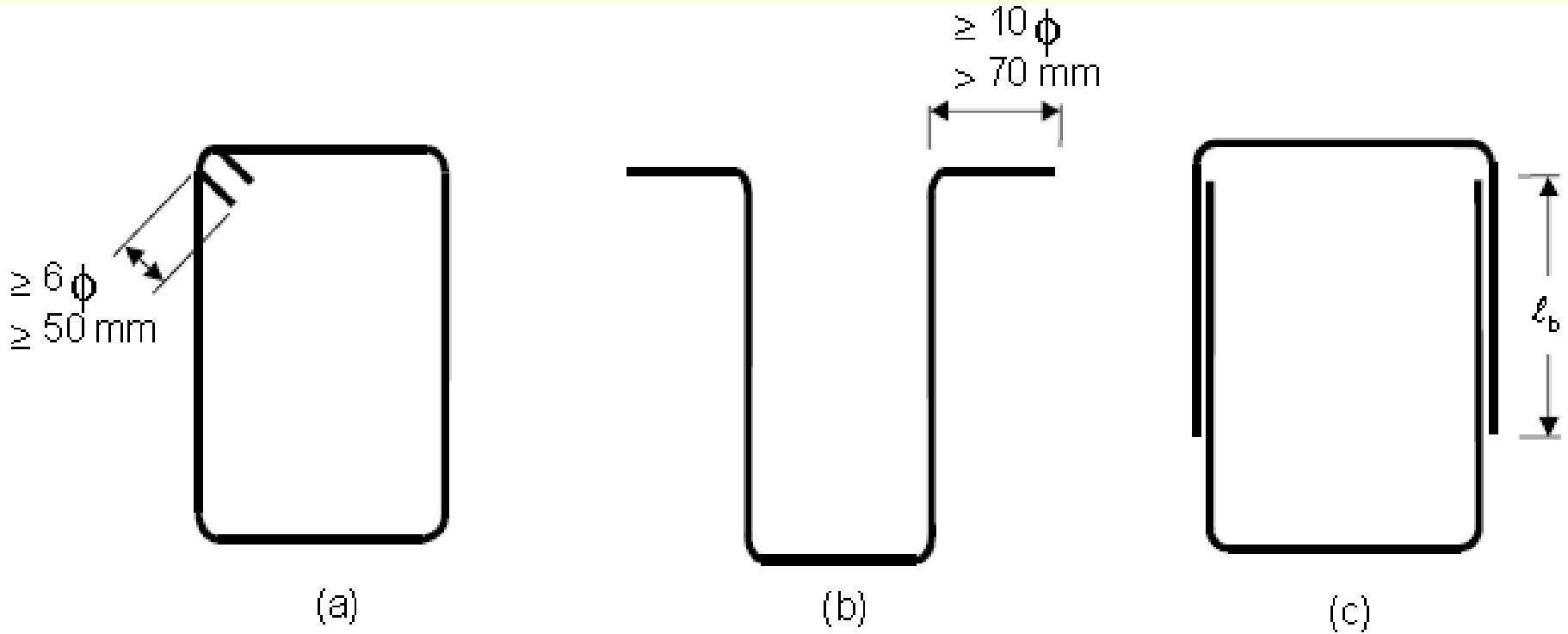
Enine Donatı



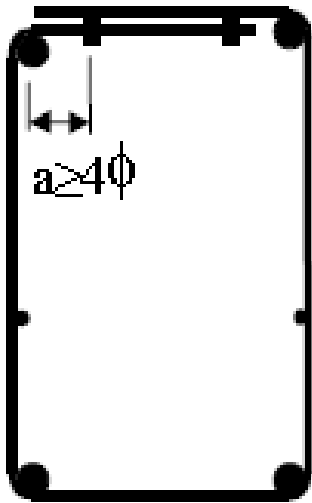
K. Güler

Özel deprem etriyeleri ve deprem çirozları

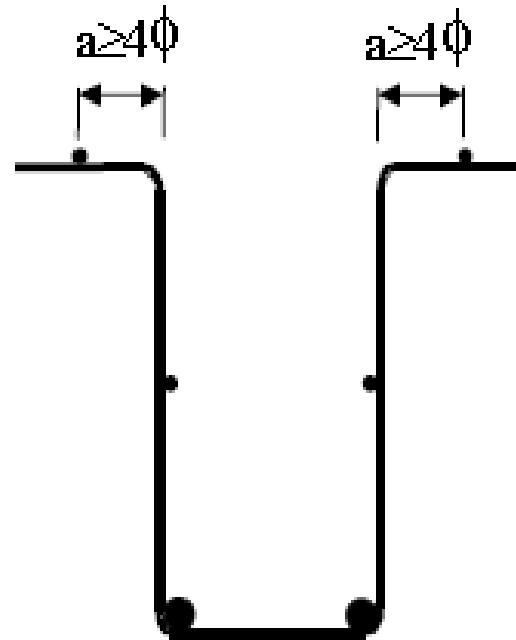
Etriyelerde kancalı kenetlenme



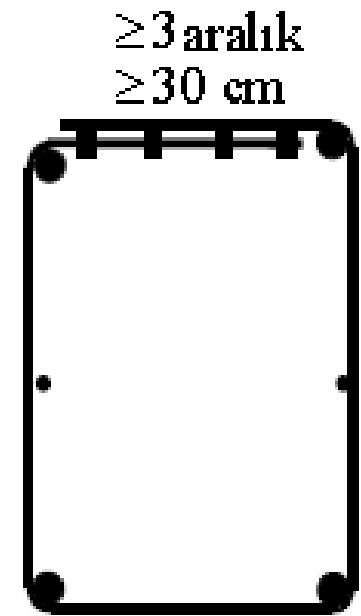
Çelik hasırda kenetlenme



(a)

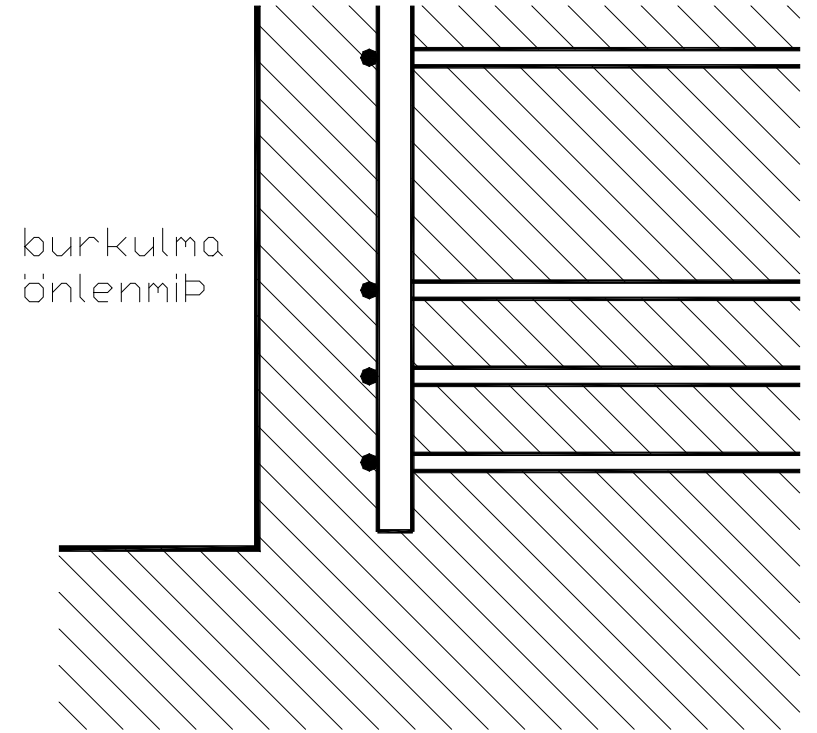
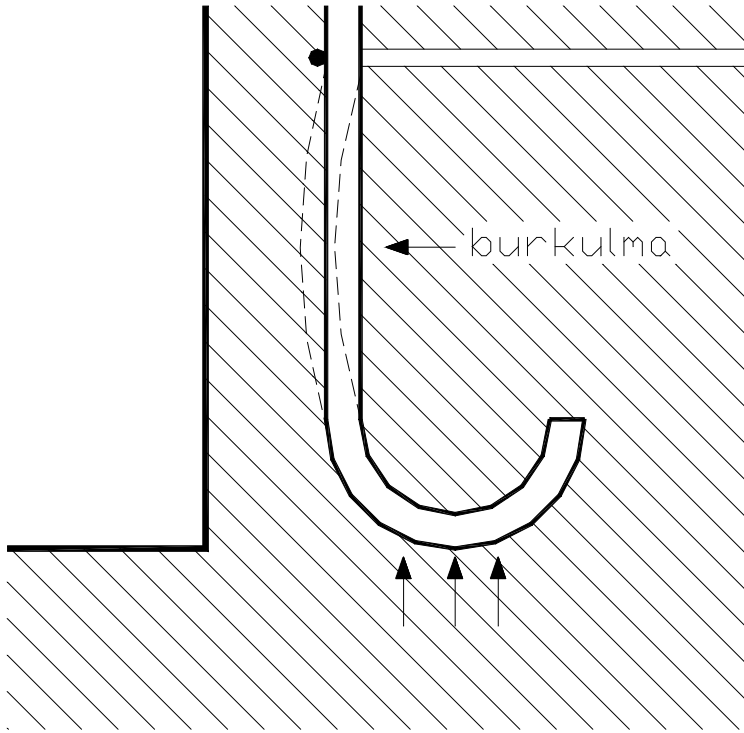


(b)



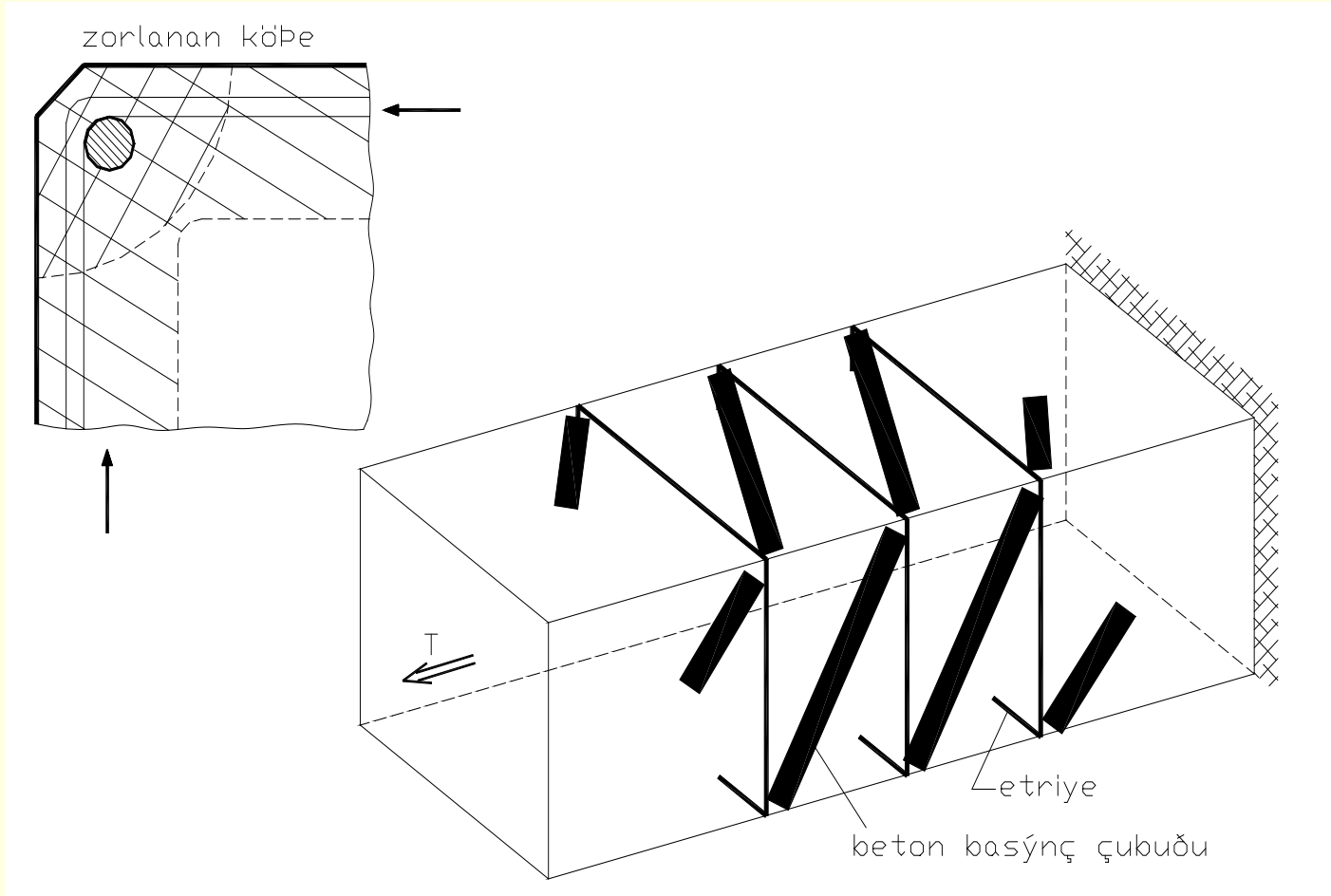
(c)

Basınç donatısında kanca etkisiyle burkulma



- Basınç donatısında kanca yapılmaması daha doğrudur
- Sık etriye ile sarma burkulmayı önler

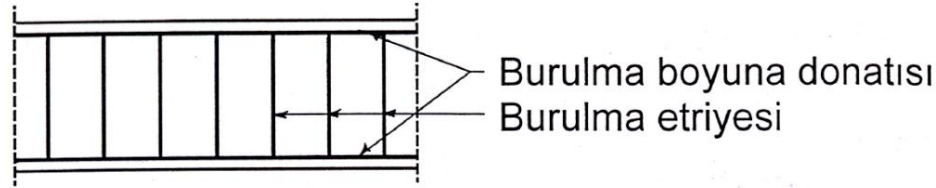
Burulma etkisinde iç kuvvetler ve zorlanan köşe



Burulma etkisi altında iç kuvvetler

- Beton basınç kuvvetleri köşegenlerde
- Donatı çekme kuvvetleri etriye ve boyuna donatıda olmak üzere bir uzay kafes gibi
- Zorlanan köşede etkiler, yeterli etriye kesiti ile karşılanır
- Hem etriye hem de boyuna donatı olmaksızın burulma etkisi karşılanamaz

BURULMA DONATISI - TS 500



- Min etriye (kesme + burulma),

$$A_o/s \geq 0.15 f_{ctd}/f_{ywd}(1+1.3T_d/V_d b_w)b_w$$

- Min boyuna donatı (burulma),

$$A_{sl} \geq T_d u_e / 2f_{yd} A_e$$

- Uygunluk burulması, $T_d = T_{cr}$

* Boyuna ve enine min donatı

- Denge burulması,

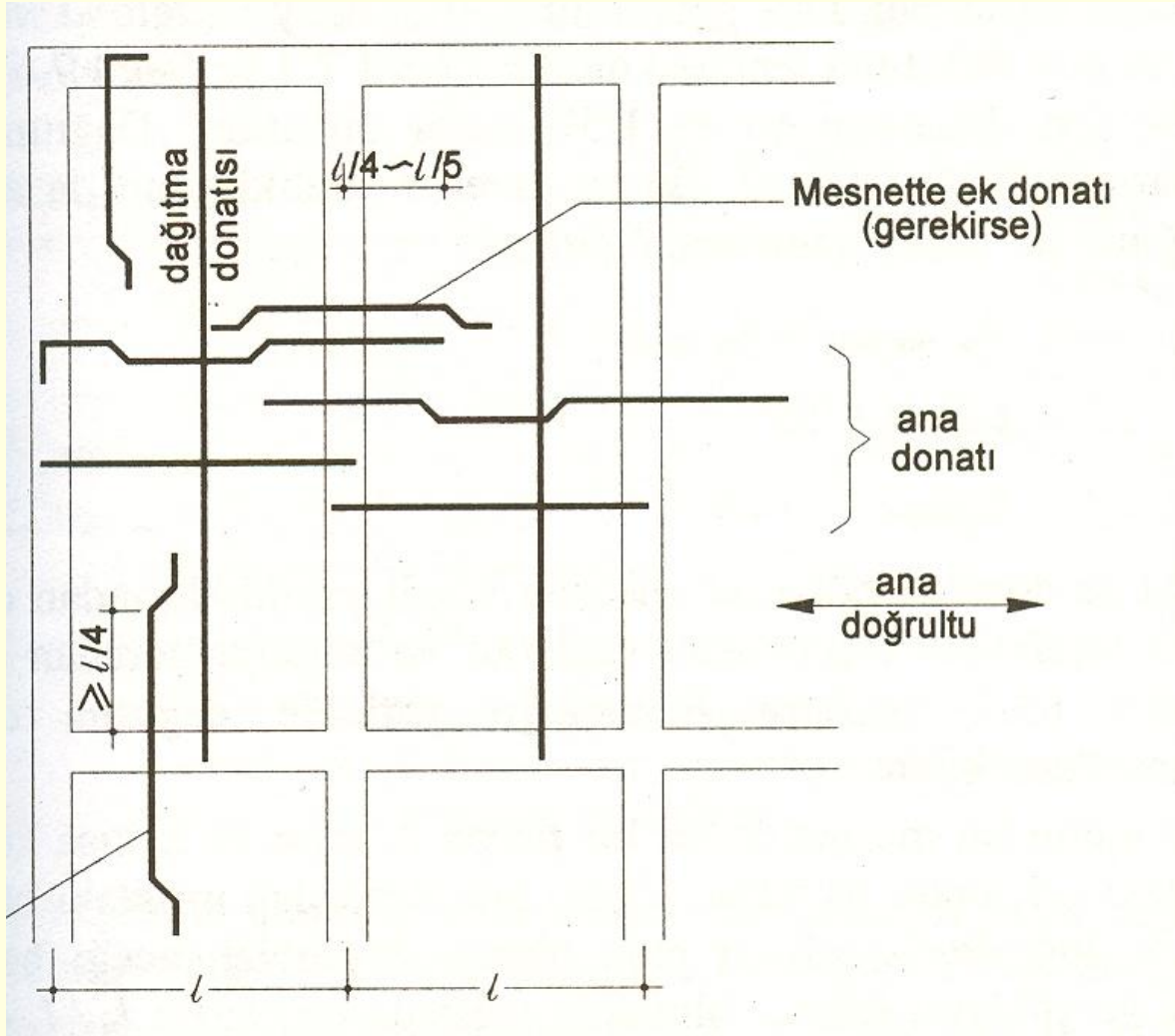
* Kesme ve burulma etriyeleri toplamı

$$(A_o/s) = (A_{os}/s) + (A_{ot}/s) \geq (A_o/s)_{min}$$

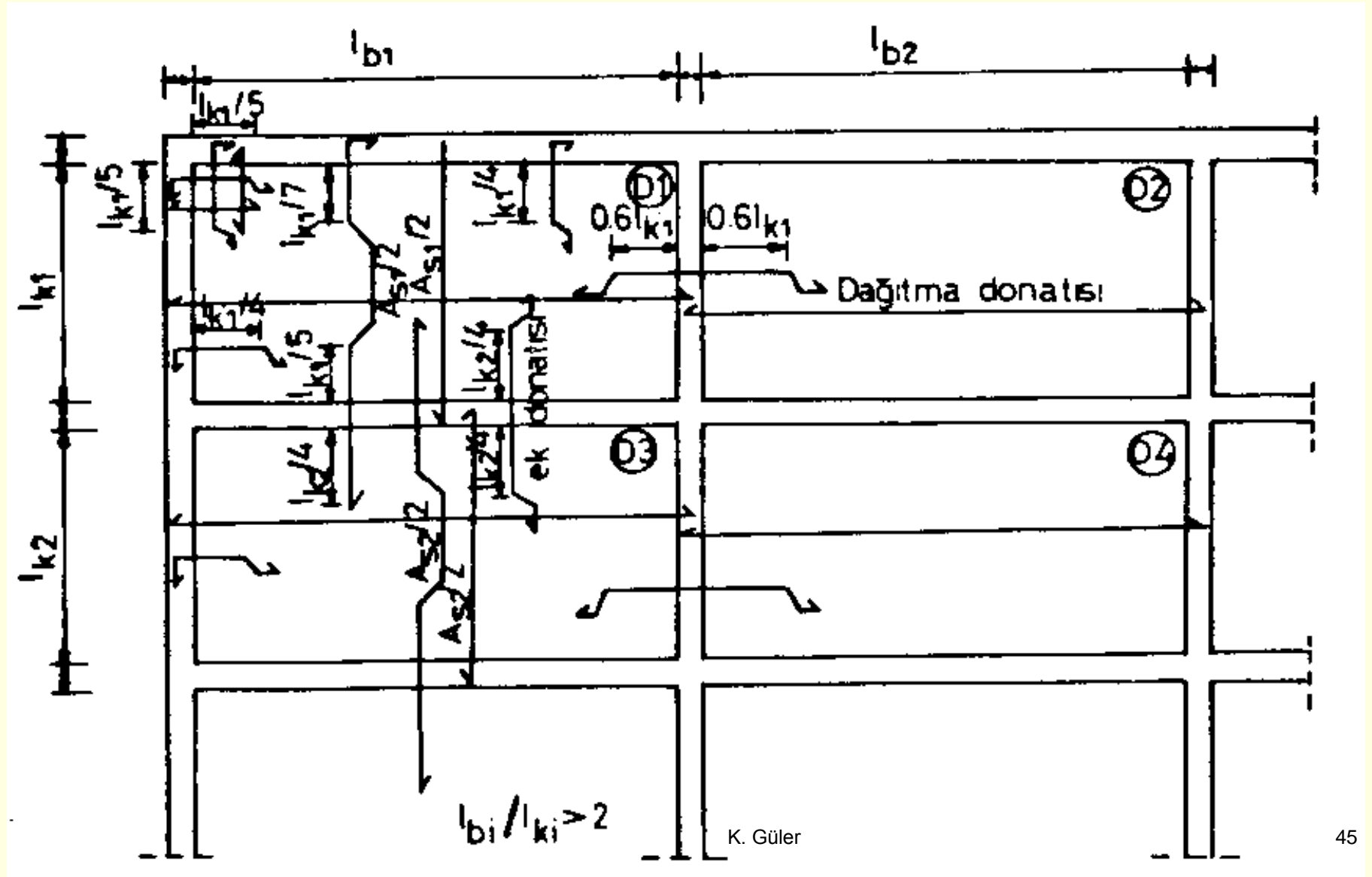
* Eğilme donatısına eklenecek burulma boyuna donatısı

Bir doğrultuda çalışan döşemede

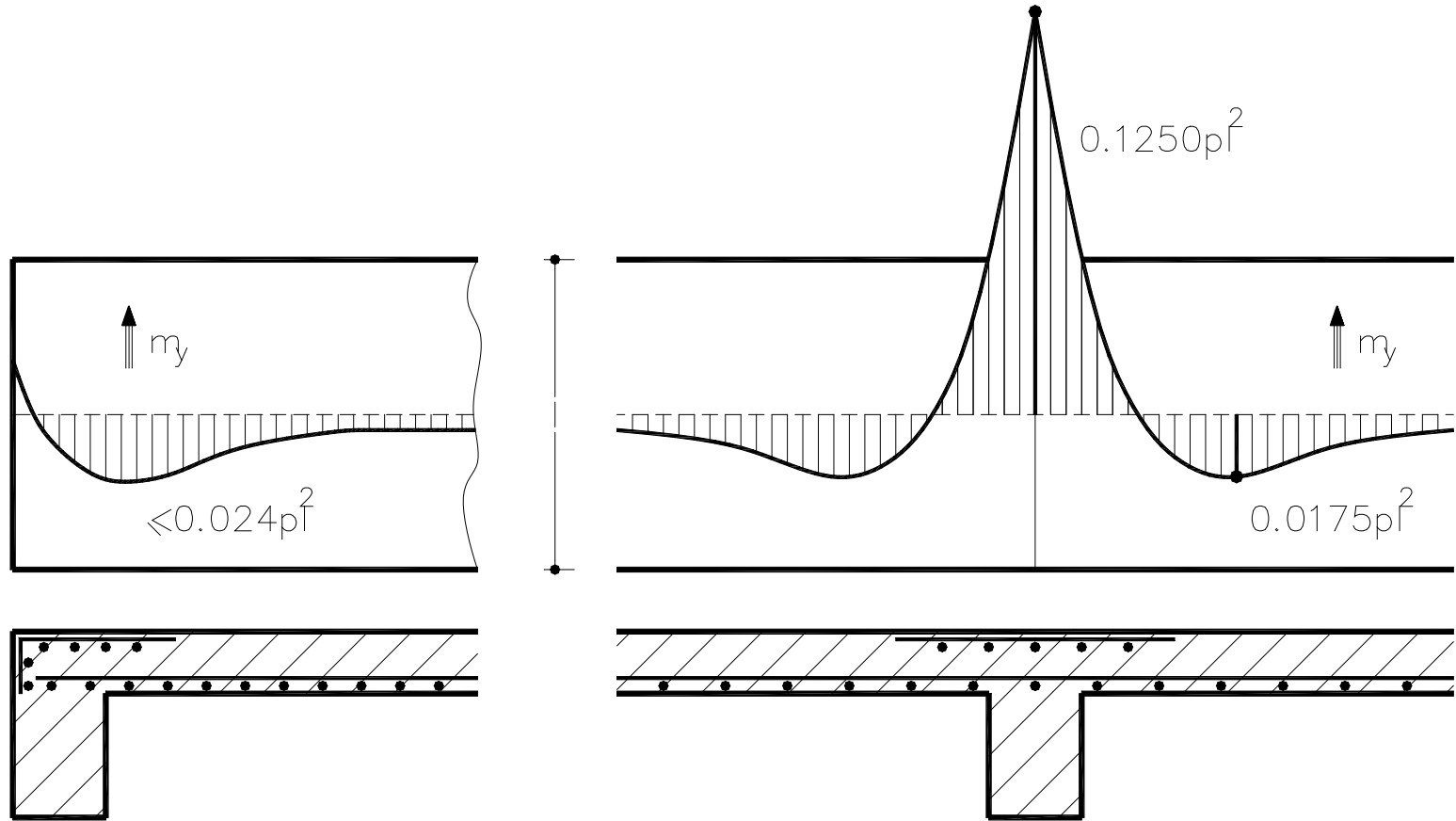
- Dış ve ara mesnet olan kısa kenarlarda mesnet donatısı bulunmalıdır
- Donatı büküm yerleri ve uzatılma boyları
- Betonlama sırasında donatının yerinde kalmasını sağlamaya özen gösterilmelidir



Tek doğrultuda çalışan döşemede donatı düzeni



Kısa kenar mesnet donatısı

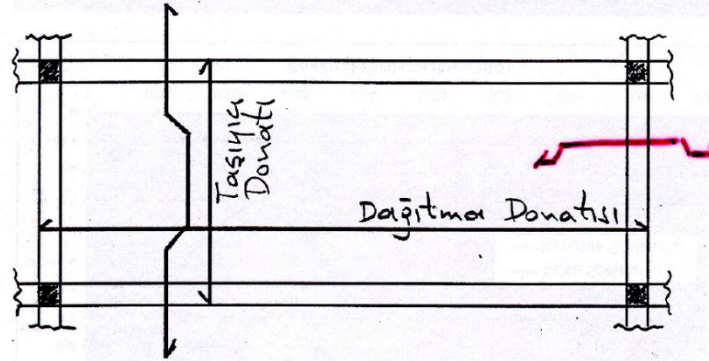


Döşeme kısa kenarında

- İç mesnetlerde eğilme momenti, açıklık momenti düzeyinde olabilir (örnekte uzun kenarlar basit mesnetli)
- Döşemelerde dağıtma donatısı ana donatını bulunduğu tarafta olmalı, gerçekte bu donatını işlevi dağıtma değil, eğilme momenti taşımadır ($M_x\mu$)

DÖŞEME DONATISI - TS 500

➤ Bir doğrultuda çalışan plaklar, $l_u/l_k > 2.0$

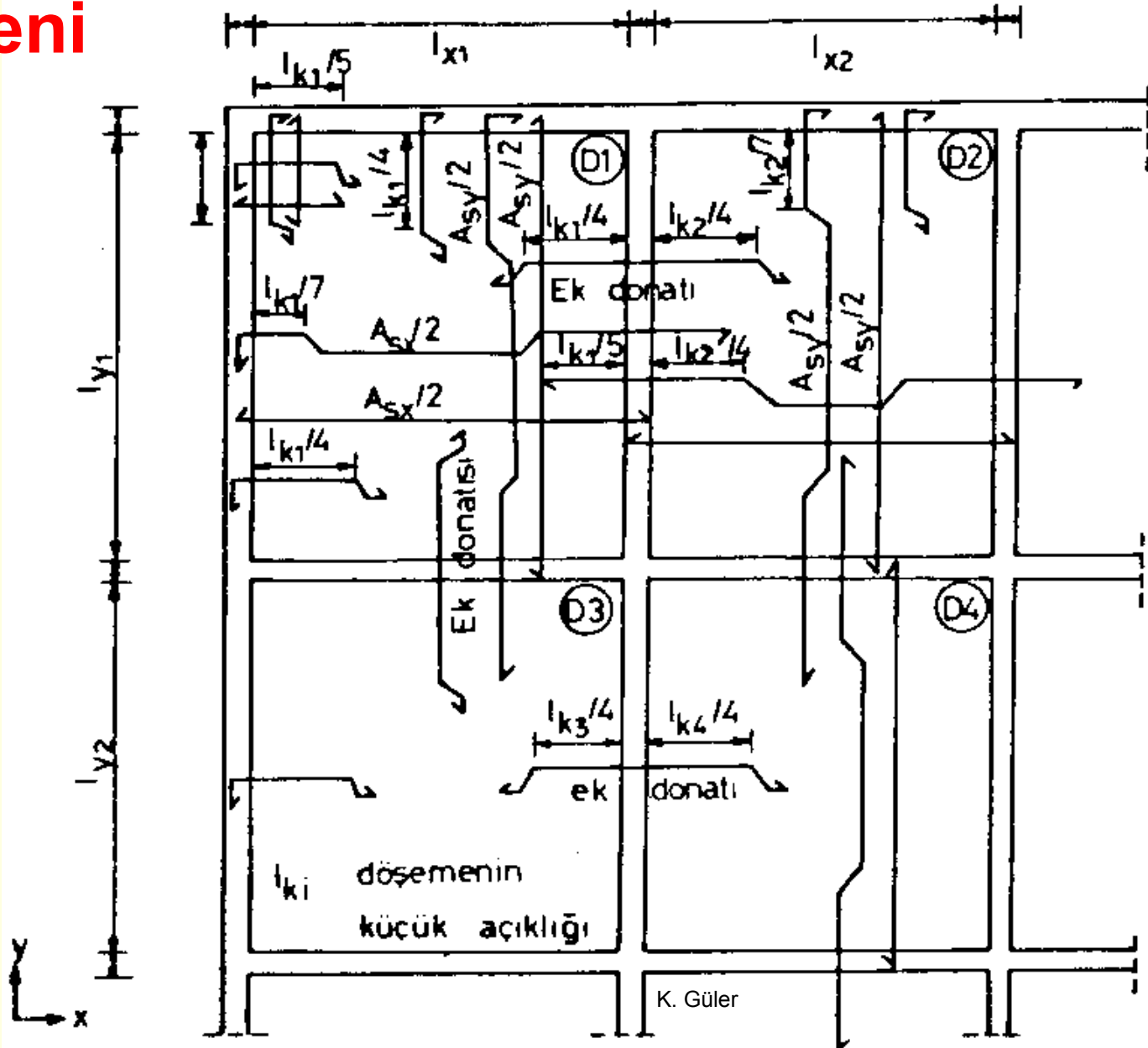


- Min taşıyıcı donatı, $\rho \geq 0.003$ (S220)
0.002 (S420)
 $s \leq 1.5 t$ ve 200 mm
- Mesnete uzanan alt donatı $\geq A_s/2$ (tek açıklık)
 $A_s/3$ (sürekli)
- Min dağıtma donatısı $\geq A_s/5$ ve $s \leq 300$ mm
- Kısa kiriş üstü neg donatı $\geq 0.6A_s$
 $\phi 8/200$ mm (S220); $\phi 8/300$ mm (S420)

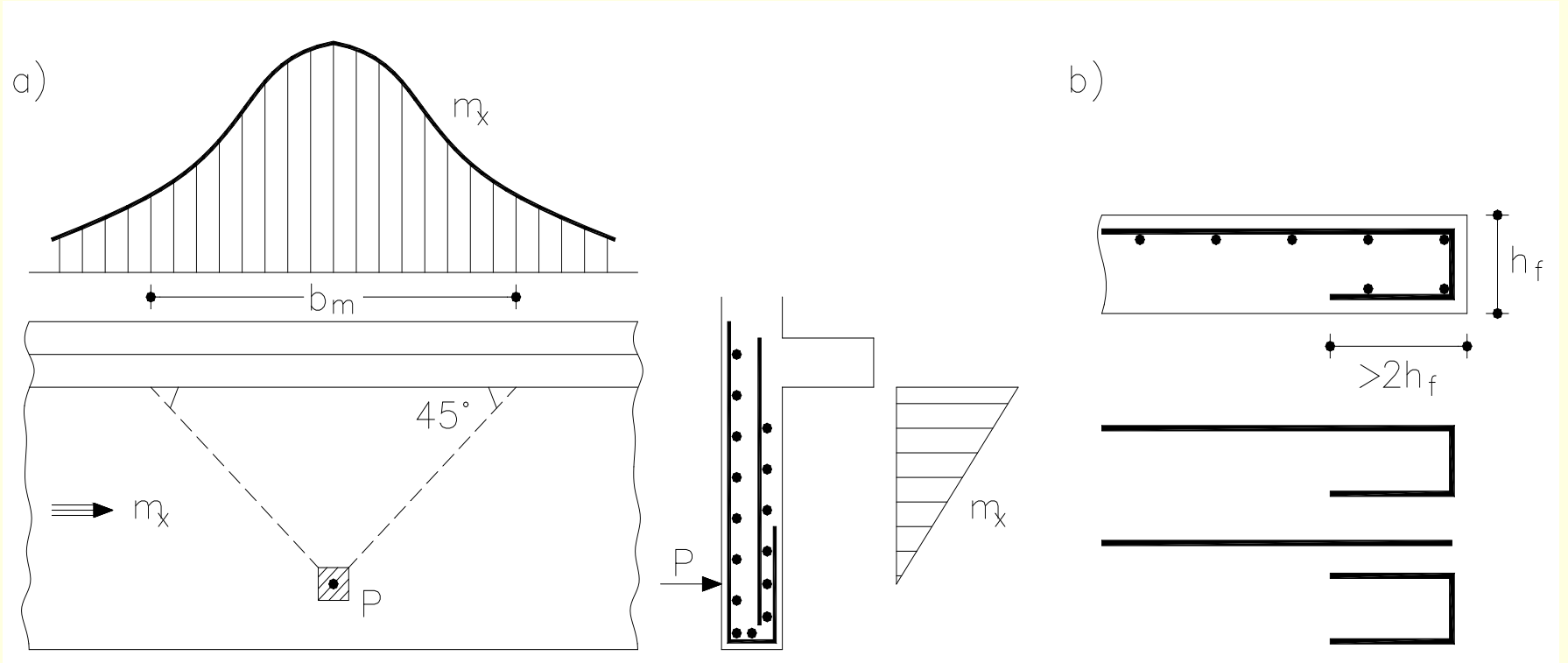
➤ İki doğrultuda çalışan plaklar, $l_u/l_k \leq 2.0$

- Min taşıyıcı donatı,
Herbir doğrultuda, $\rho \geq 0.0015$
İki doğrultu toplamı, $\Sigma \rho \geq 0.004$ (S220)
0.035 (S420); 0.035 (S500)
 $s \leq 1.5t$ ve 200 mm (kısa); 250 mm (uzun)

İki doğrultuda çalışan döşemede donatı düzeni



Konsol plakta tekil yük ve donatı



a) Ana donatı yanında buna dik doğrultudaki eğilme etkisi de gözönünde tutulmalı

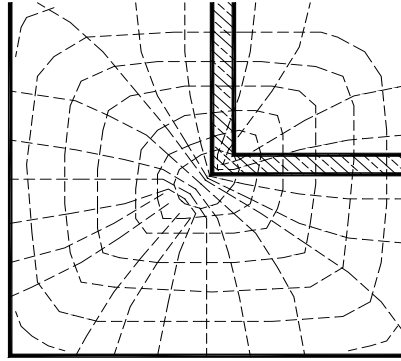
b) Serbest plak kenarında donatı: $2h$ kadar alta bükülmelidir

Tekil yük etkisinde

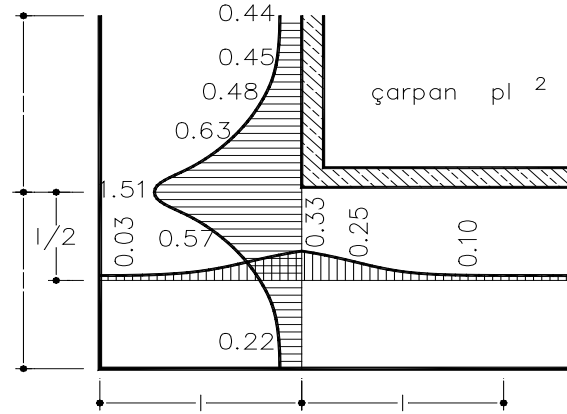
- a) Ana donatı yanında buna dik doğrultudaki eğilme etkisi de gözönünde tutulmalı
- b) Serbest plak kenarında donatı: $2h$ kadar alta bükülmelidir

Saçak döşemesi donatısı

a) asal moment çizgileri



b) m değışimi



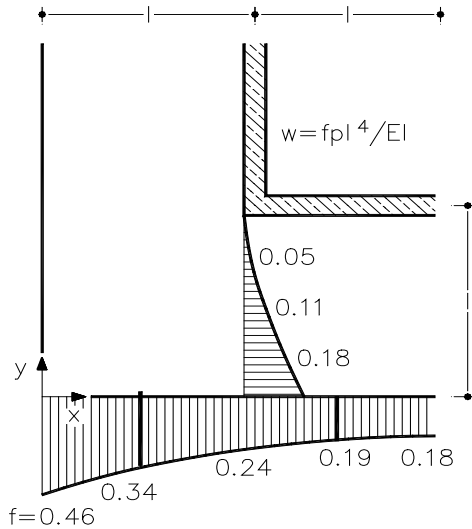
a) Asal moment
yörüngeleri

b) m_x değışimi

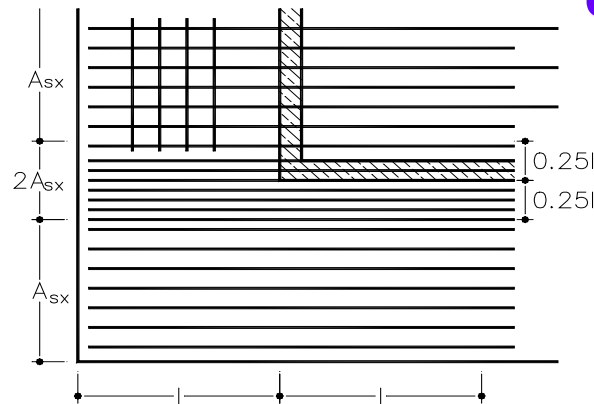
c) Sehim

d) x doğrultusu için
donatı

c) sehim

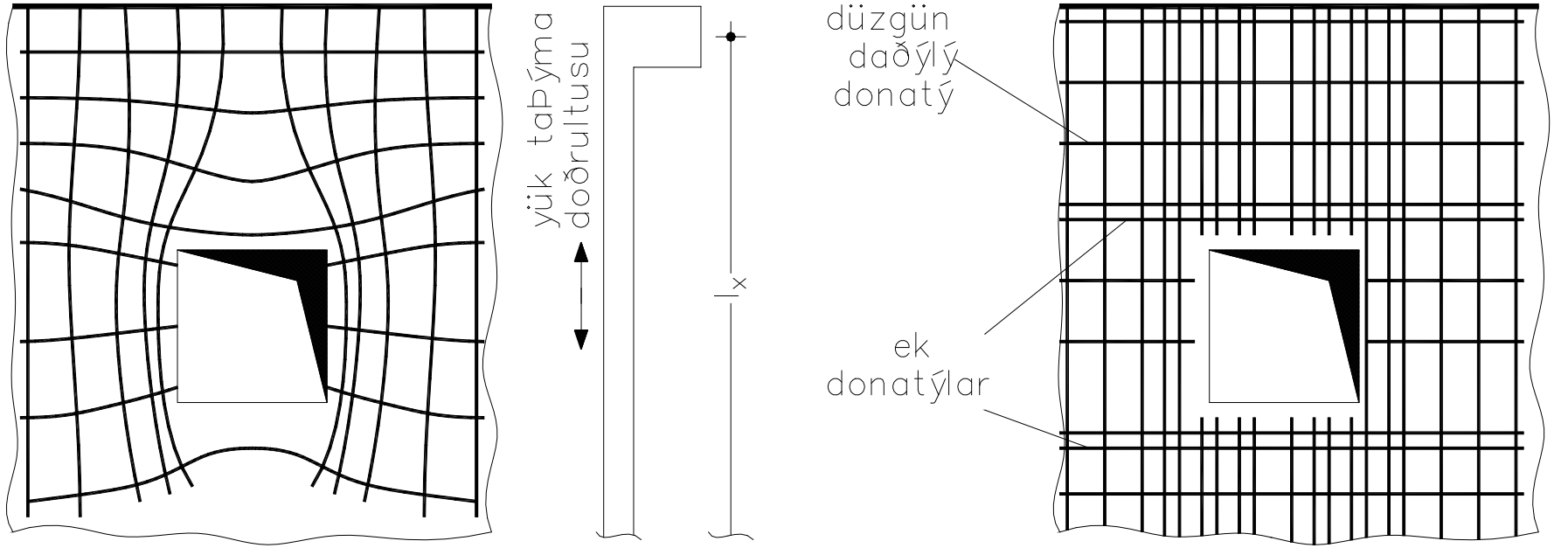


d)



K. Güler

Döşemede küçük boşluk ve donatı

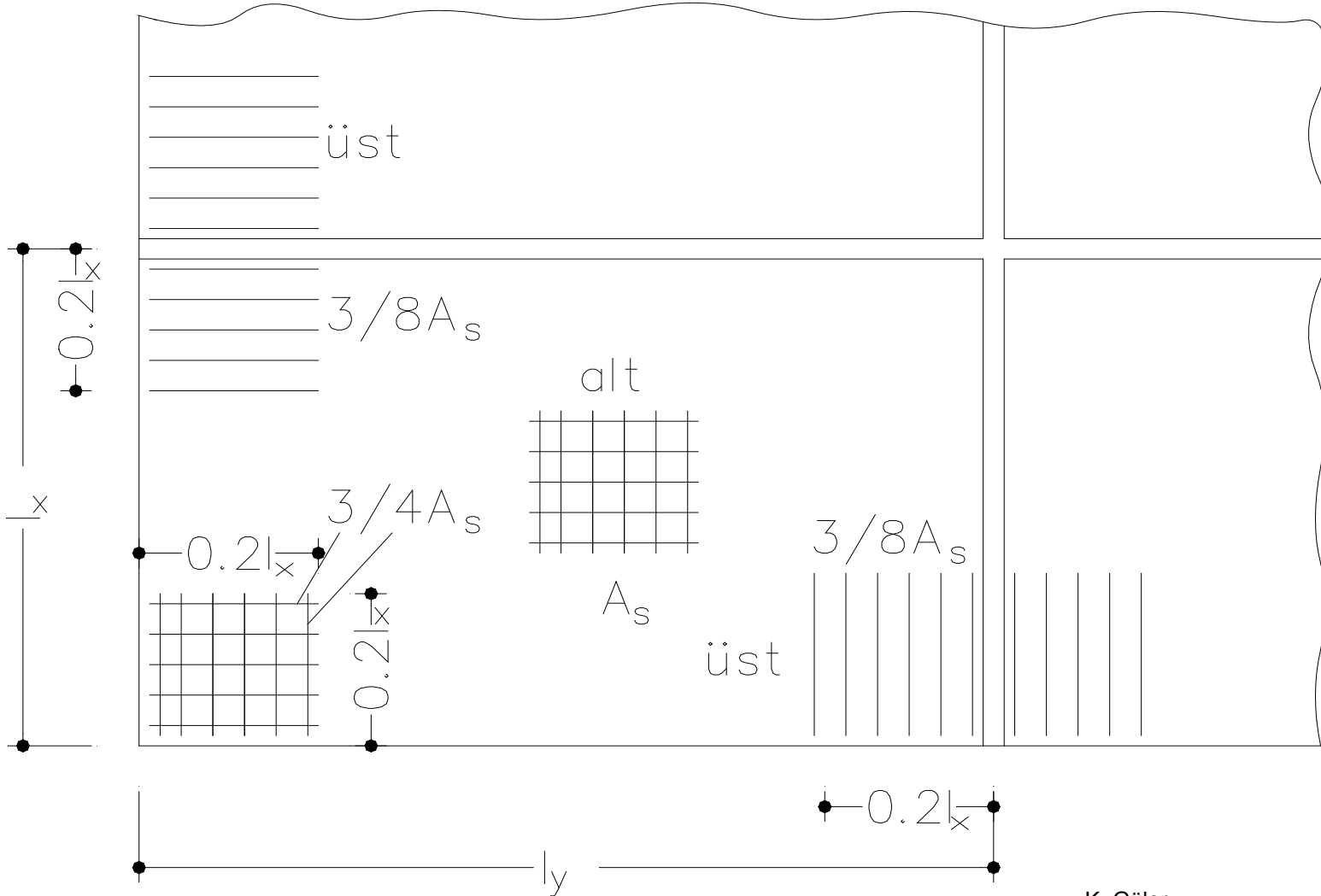


Eğilme momenti yörüngeleri ve delik civarında ek donatı

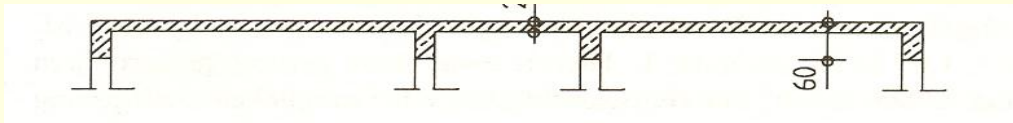
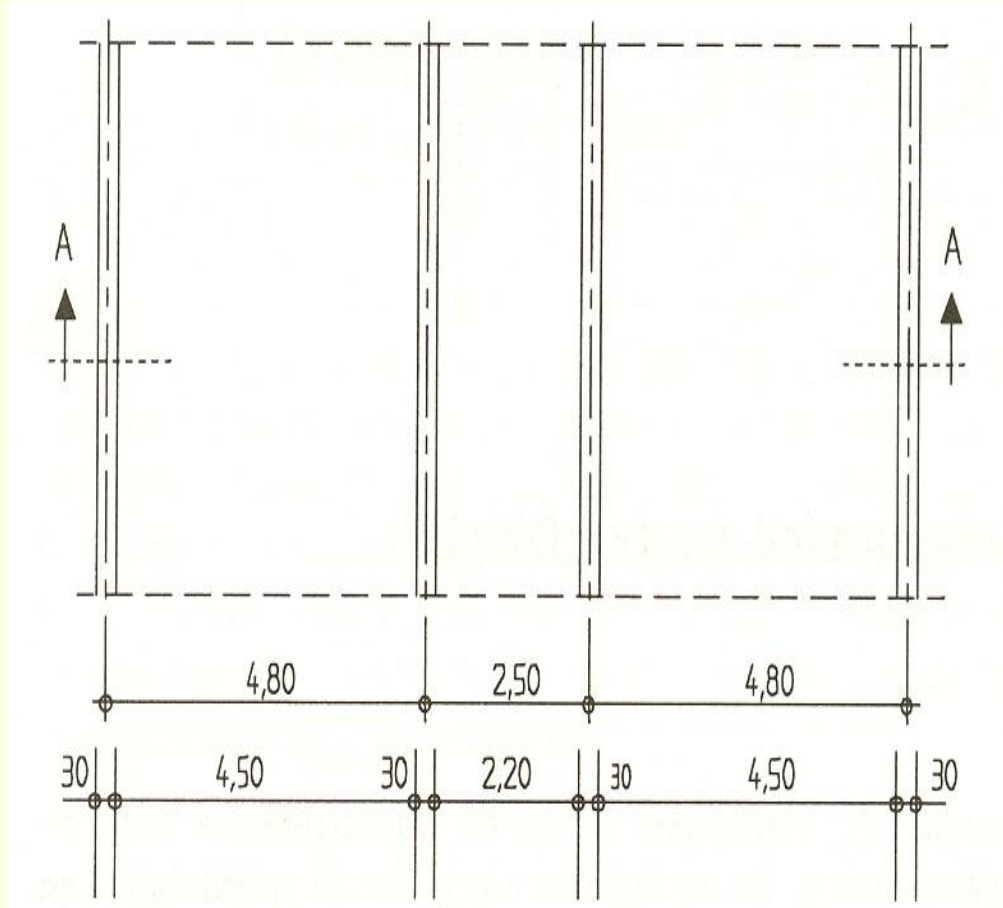
Sürekli döşemede köşe donatıları

- Köşe donatısı serbest köşede burulma momentini karşılamak için konur
- Yüzeysel taşıyıcı elemanlarda burulma momenti çubuk sistemlerdekinden farklı donatı düzeni gerektirir
- Bir doğrultuda sürekli köşede burulma momenti serbest köşenin yarısı kadardır, donatı azaltılır, altta ana donatının yarısı var olduğundan ek gerekmez

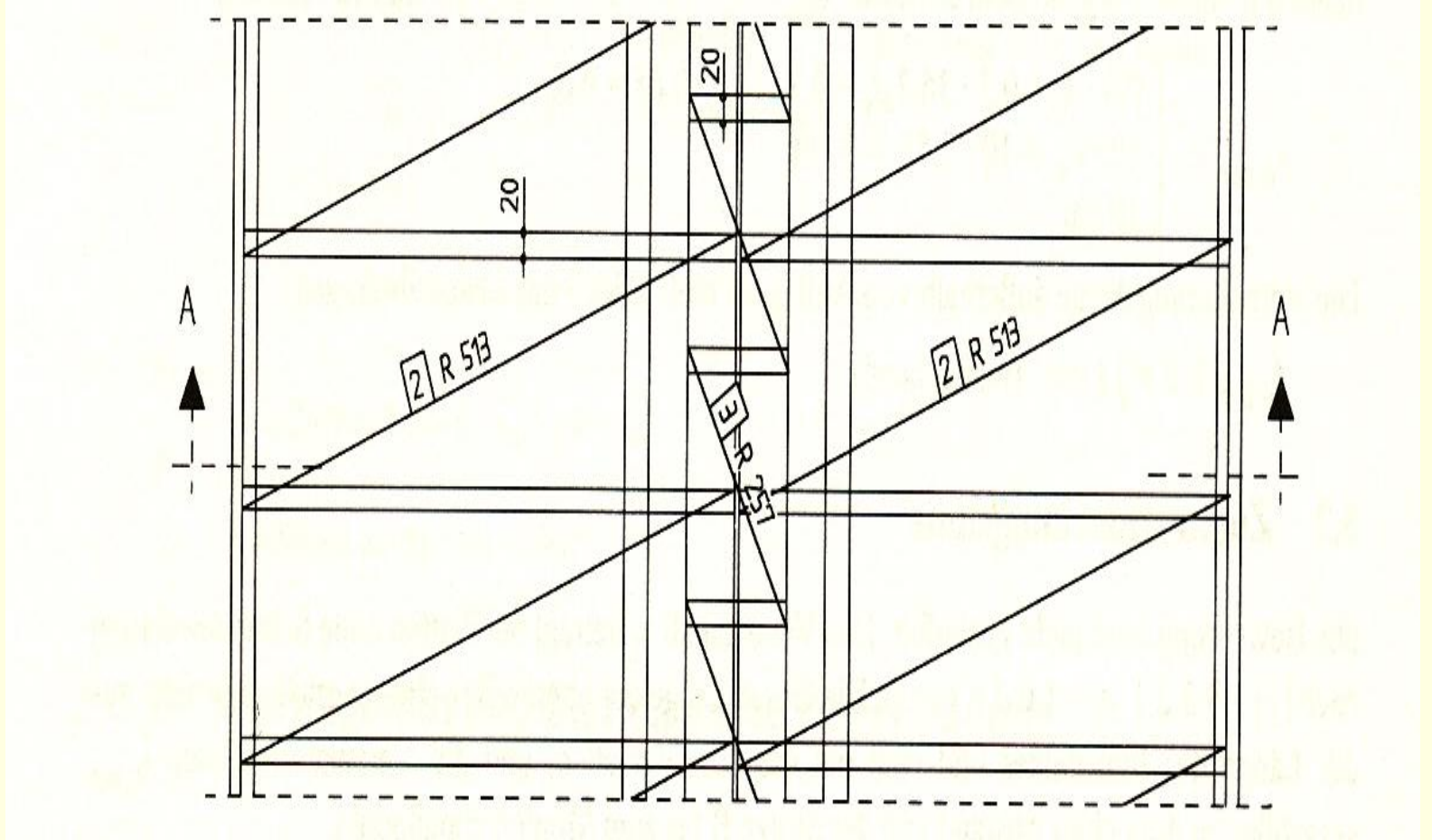
Sürekli döşeme köşe donatısı



Döşemelerde Çelik Hasır (S500) Kullanılması



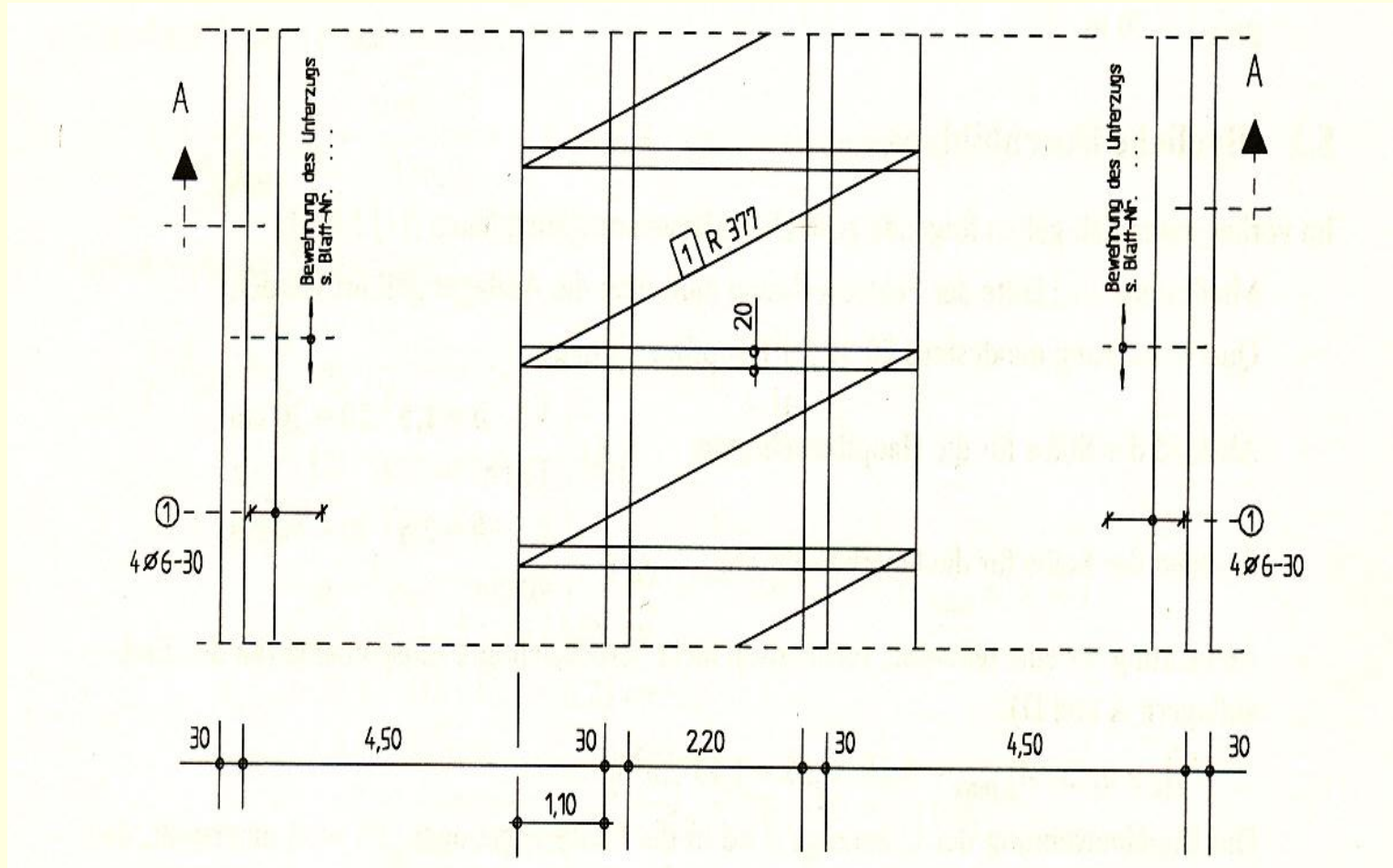
Bir doğrultuda çalışan döşeme, R hasırı (açıklık)



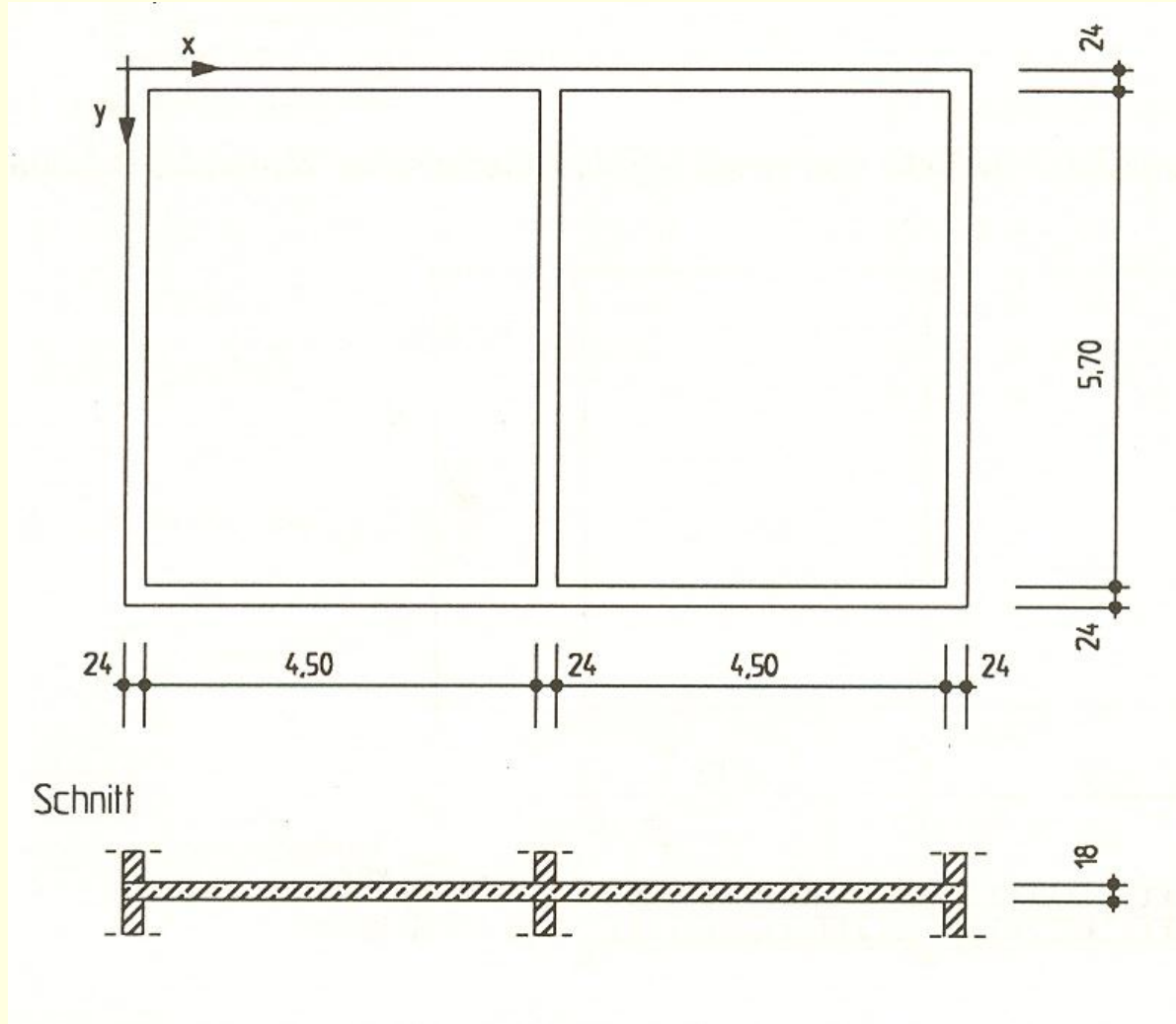
Alt Donatı

Bir doğrultuda çalışan döşeme, R hasırı (mesnet)

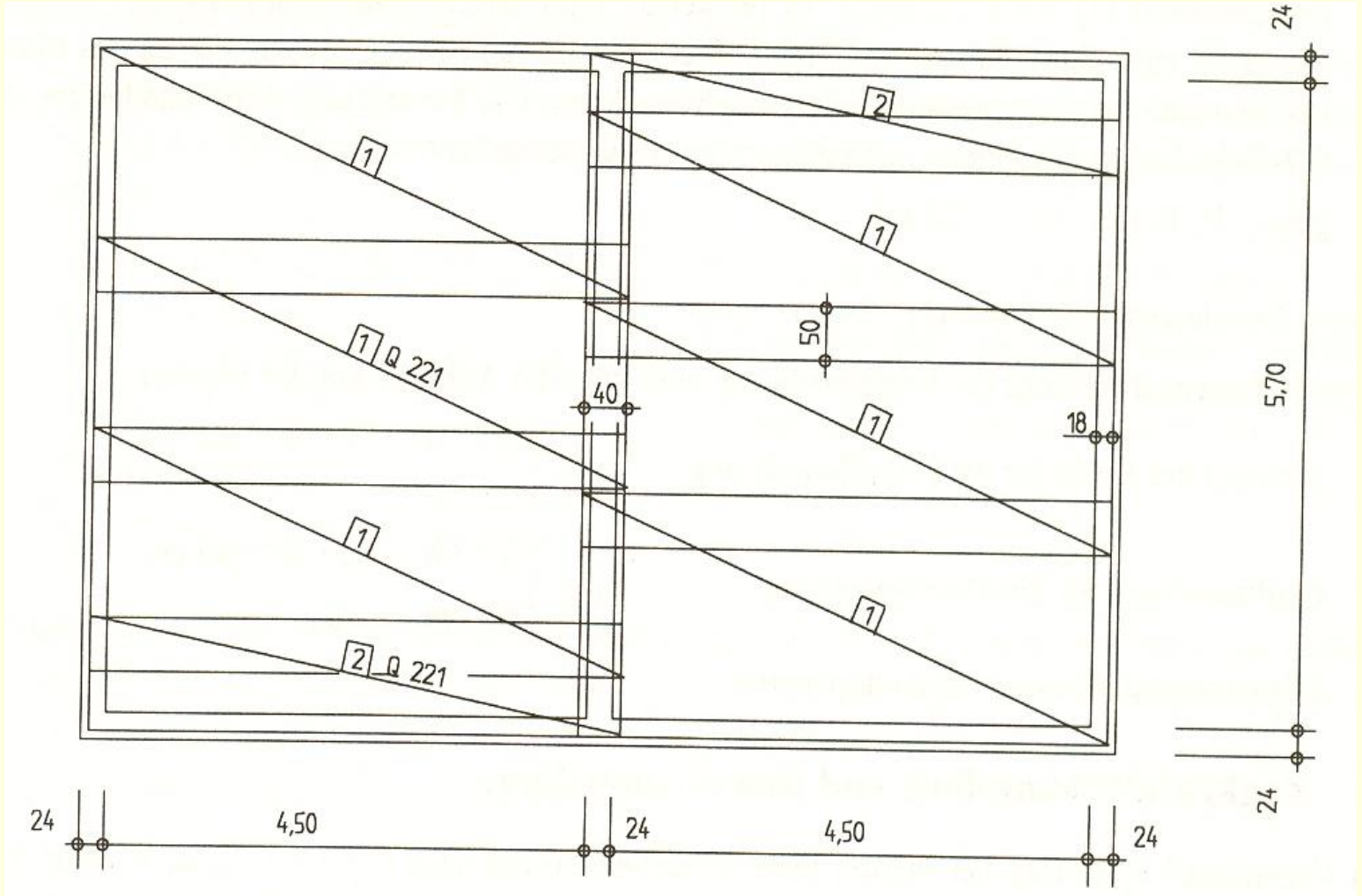
Üst Donatı



Döşemelerde Çelik Hasır (S500) Kullanılması

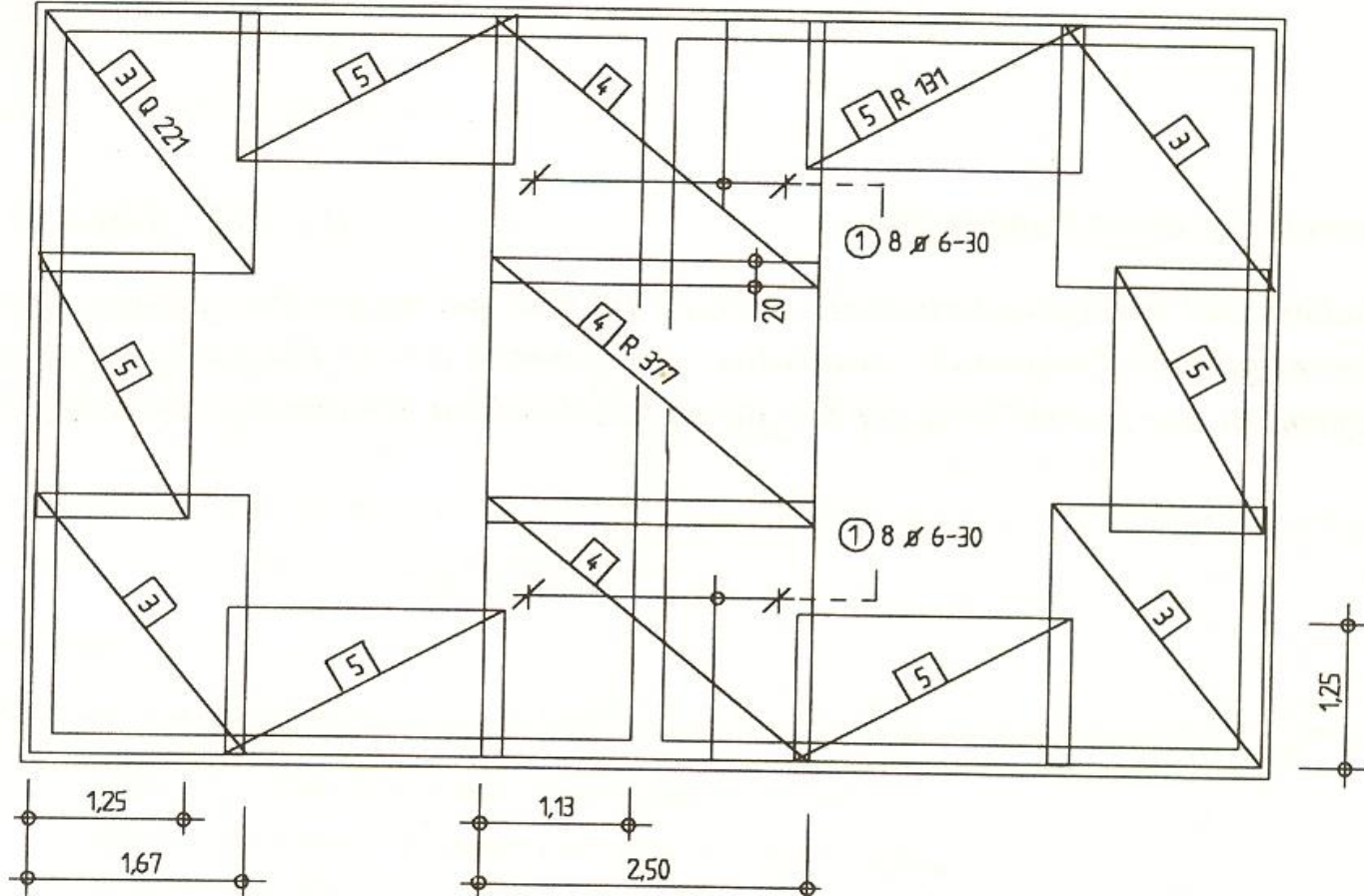


İki doğrultuda çalışan döşeme, Q hasırı (açıklık)



Alt Donatı

İki doğrultuda çalışan döşeme, R hasırı (mesnet) Q hasırı (köşelerde)

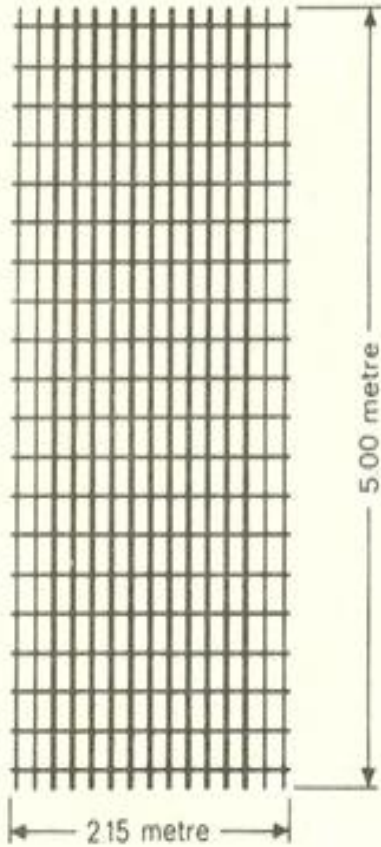


Üst Donatı

Standart Çelik Hasır

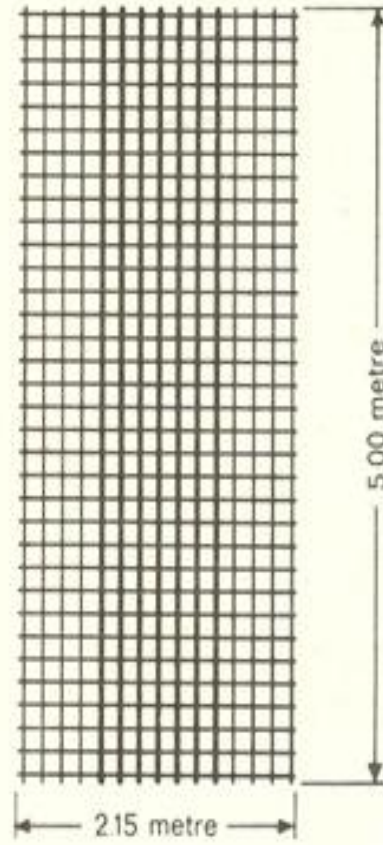
R - HASIRI

Kenarda 2 çubuk yarı kesitli



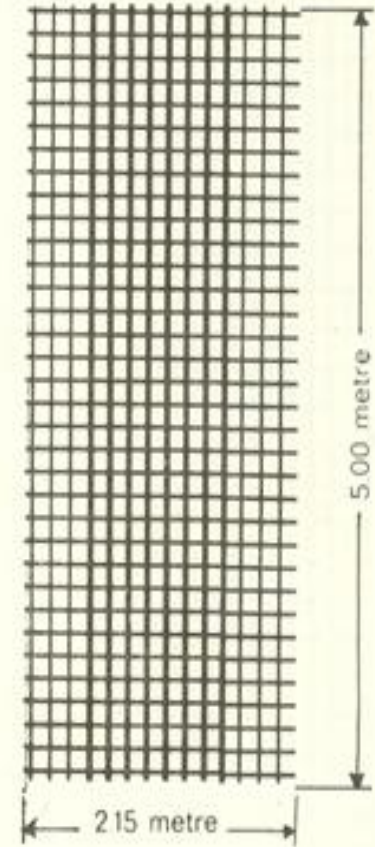
Q - HASIRI

Kenarda 4 çubuk yarı kesitli



Ç - HASIRI

Kenarda 3 çubuk yarı kesitli



Çelik hasır donatı için bindirme boyları

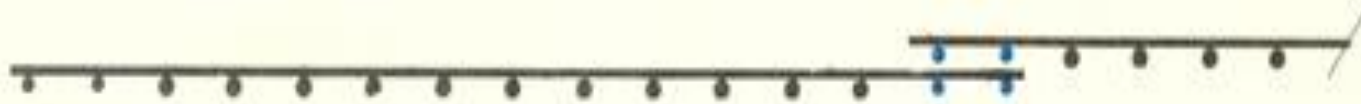
Donatı yüzeyi	ϕ (mm)	Konum I		Konum II	
		n	ℓ_o (mm)	n	ℓ_o (mm)
Düz	$\phi < 8,5$	4	500	4	400
	$\phi \geq 8,5$	5	600	5	500
Nervürlü	$\phi < 8,5$	4	400	4	350
	$\phi \geq 8,5$	4	450	4	400

Konum I : Genel durum (Konum II de olmayan bütün çubuklar)

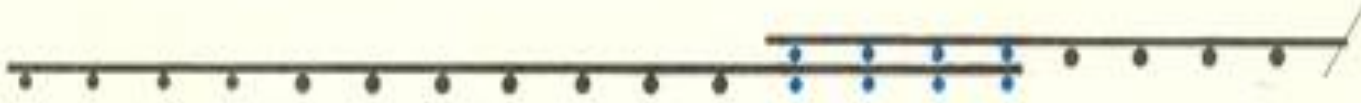
Konum II : Betonlama sırasında eğimi yatayla 45° - 90° arasında olanlar ile, daha az eğimli veya yatay olup da betonlama sırasında kesitin alt yarısında veya kesitin serbest üst yüzünden 300 mm den daha uzakta olan çubuklar

Çelik hasırda bindirme eki

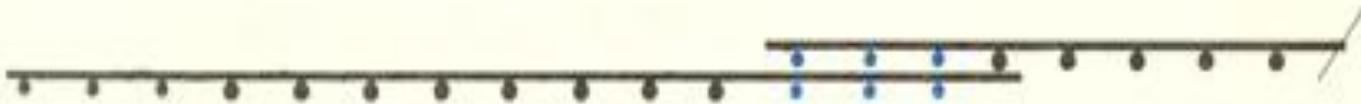
R - HASIRLARININ enine kesiti ve 1 Göz bindirilerek yapılan ek



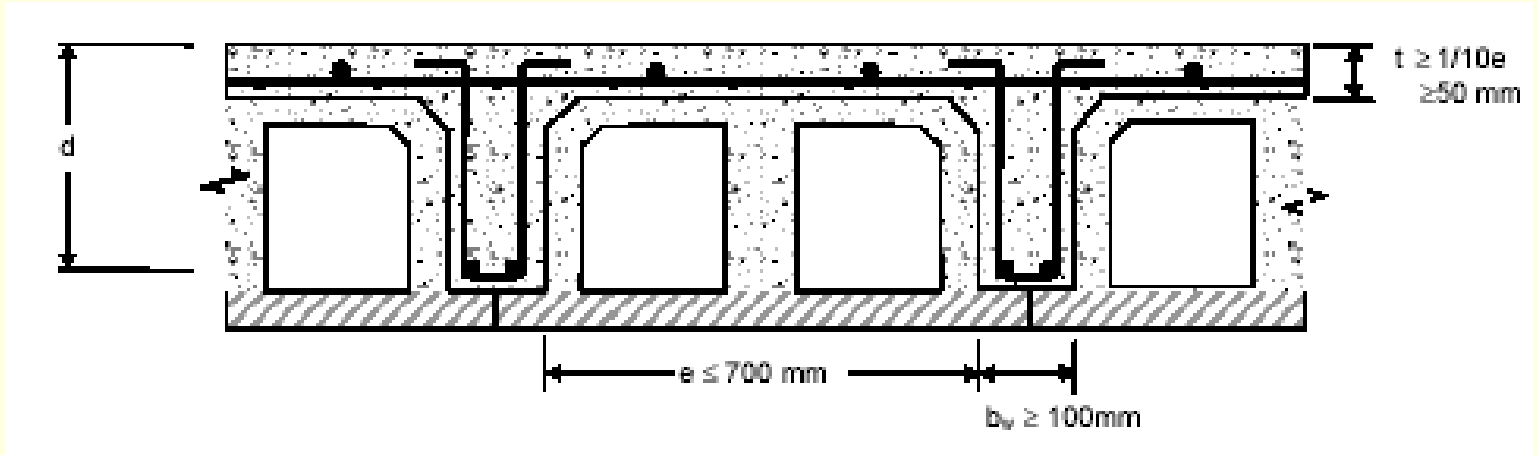
Q - HASIRLARININ enine kesiti ve 3 Göz bindirilerek yapılan ek



Ç - HASIRLARININ enine kesiti ve 3 Göz bindirilerek yapılan ek



Dişli Döşemeler

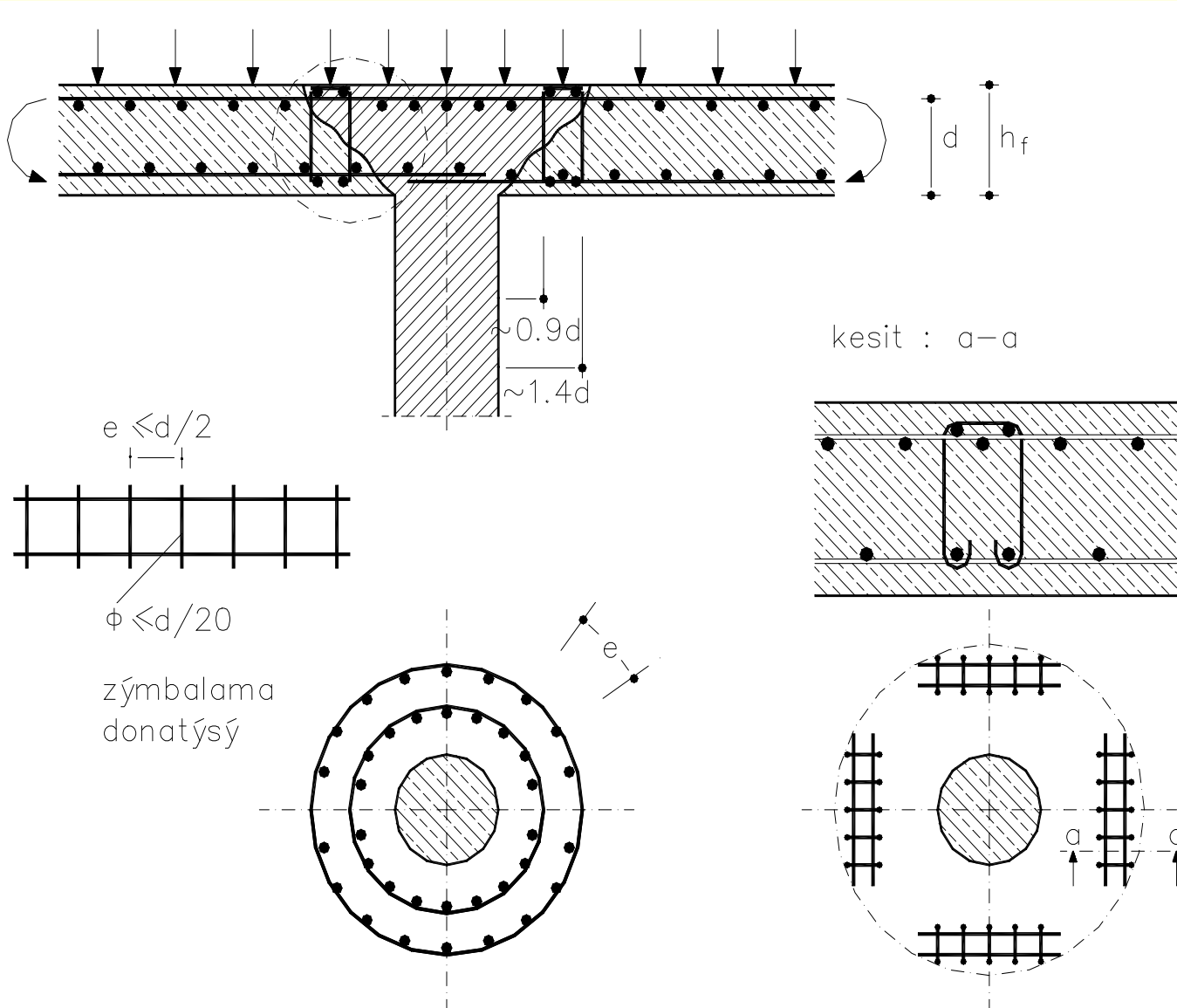


- Kirişlerdeki kurallar geçerli.
- Basınç donatısı gerekmeyecek şekilde eğilme donatısı
- Minimum kayma donatısı olacak şekilde kesit boyutu

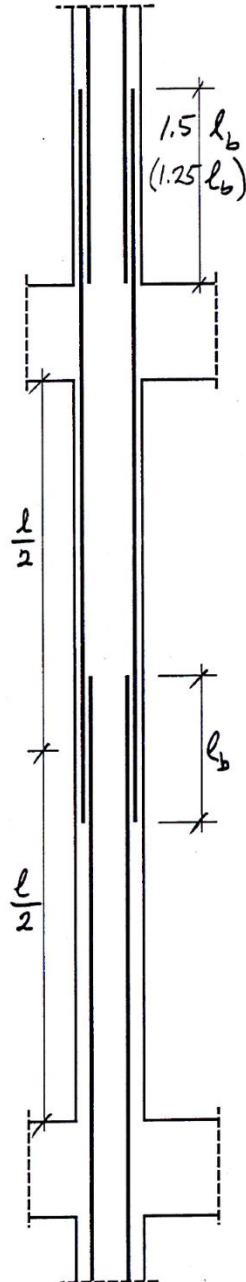
Kirişsiz döşeme zımbalama donatısı örnekleri

- Zımbalama kontrolünün donatısız sağlanması tercih edilmelidir
- Zımbalama dayanımı için donatı zorunlu olduğunda plak kalınlığı en az 250 mm olmalıdır
- Donatı ile sağlanan dayanım artımı %50 yi aşmamalıdır

Kirişsiz döşeme zımbalama donatısı örnekleri



KOLON DONATISI - TS 500



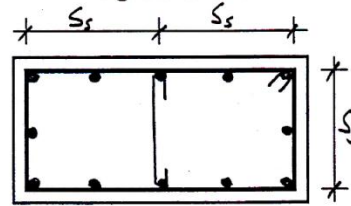
- Min boyuna donatı, $\rho_t \geq 0.01$
 $\rho_t \geq 1.3 \rho_{\text{gerekli}} \geq 0.005$
4 ϕ 14 (Etr); 6 ϕ 14 (Spr)

- Maks boyuna donatı, $\rho_t \leq 0.04$
Bindirme bölgesinde, $\rho_t \leq 0.06$

- Etriye çapı, $\phi_e \geq \phi_{\ell\text{max}}/3$ ve 8 mm

- Etr aralığı, $s \leq 12\phi_{\ell\text{min}}$ ve 200 mm

- Tutulmuş çubuk aralığı,
 $s_s \leq 300$ mm



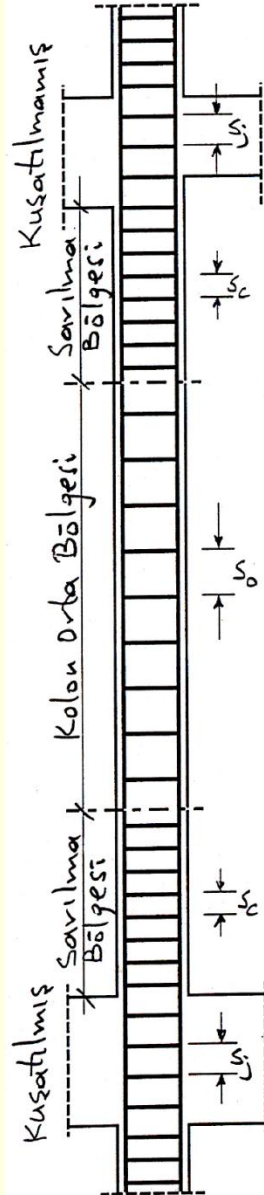
- Spiral oranı, $\rho_{\text{sideal}} \leq \rho_s \leq 0.02$

- Spiral adımı, $s \leq D/5$ ve 80 mm

- Beton örtüsü, $c_c \geq 20$ mm (iç)
(Net) ≥ 25 mm (dış)

- Bindirme bölgesinde sargı,
En az 6 ϕ 8 etr; $s \leq h/4$ ve 200 mm

KOLON DONATISI - Dep Yön



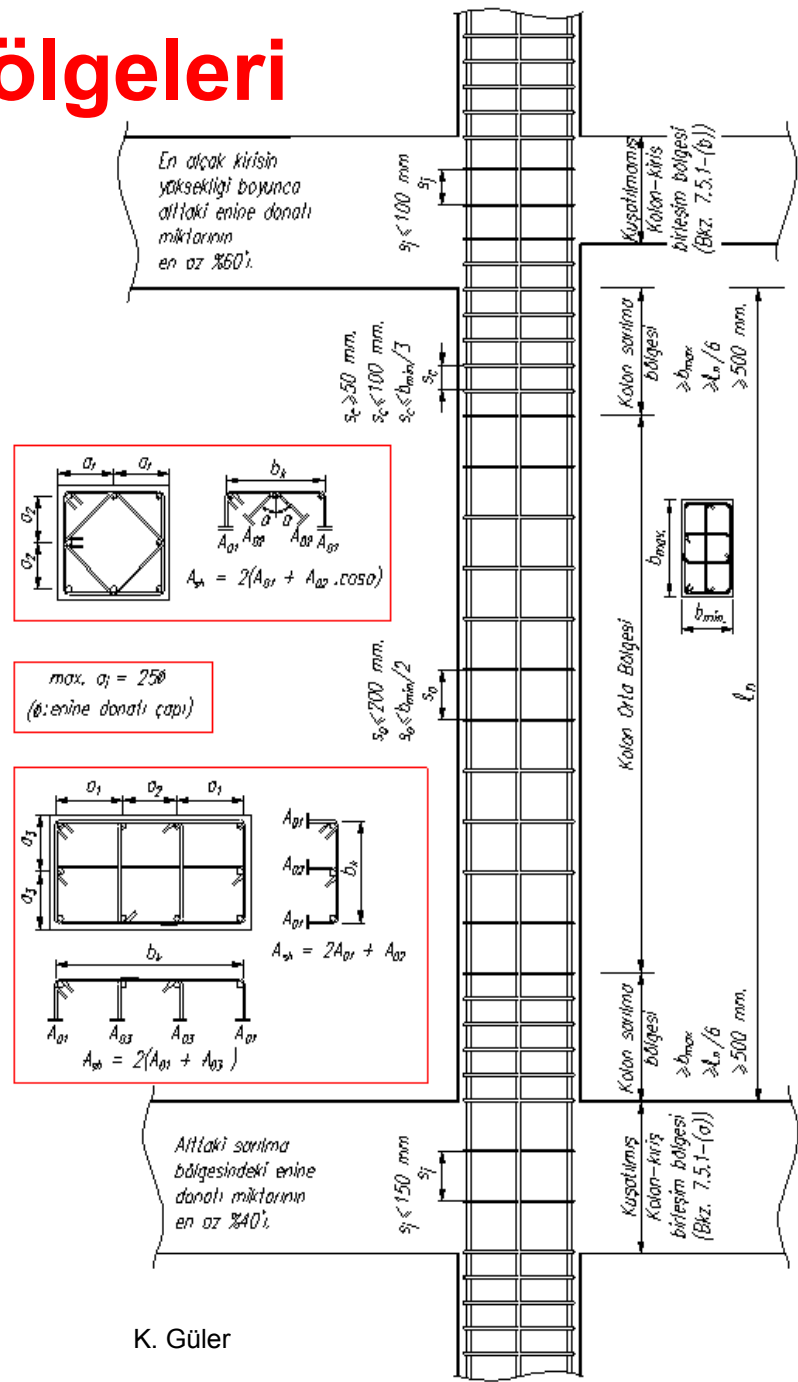
TS 500 koşullarına ek olarak

- Sarılma bölgesi,
 $H_s \geq b_{\max}$ ve $l_n/6$ ve 500mm
- Sarılma bölgesinde,
 $s_c \geq 50$ mm
 $\leq b_{\min}/3$ ve 200 mm
- Orta bölgede,
 $s_o \leq b_{\min}/2$ ve 200 mm
(Düzensiz yapıda, sarılma bölgesi gibi)
Kol/çiroz arası, $a \leq 25\phi_{\text{etr}}$
- Bindirme boyunca sarılma bölgesi donatısı

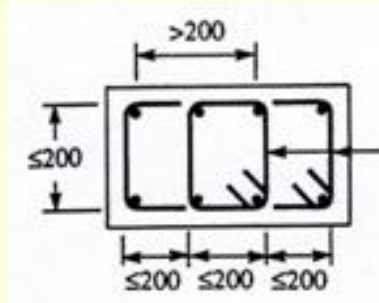
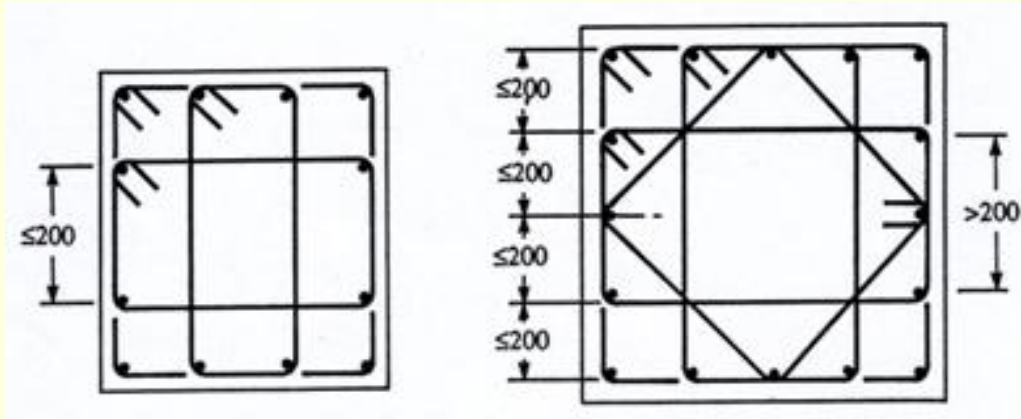
BİRLEŞİM DONATISI - Dep Yön

- **Kuşatılmış birleşimlerde,**
(alt sar böl donatısının en az %40 ı)
 $s_j \leq 2.5 s_{\text{calt}}$ ve 150 mm
- **Kuşatılmamış birleşimlerde,**
(alt sar böl donatısının en az %60 ı)
 $s_j \leq 1.67 s_{\text{calt}}$ ve 100 mm

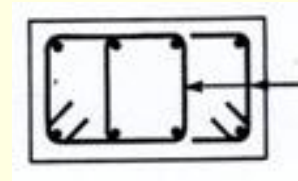
Kolonlarda donatı bölgeleri



Kolonlarda etriye düzeni



etriye



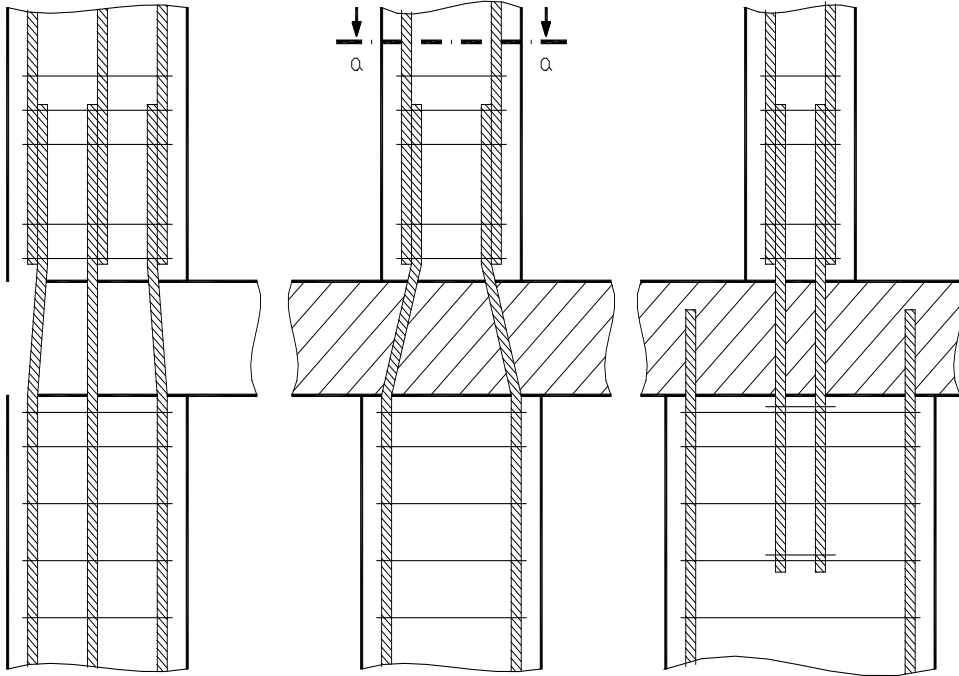
etriye

Uygun değil

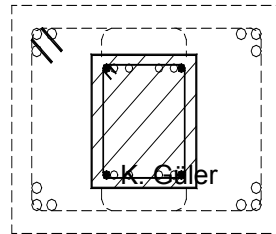
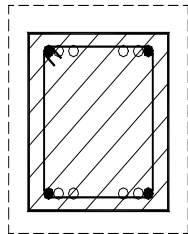
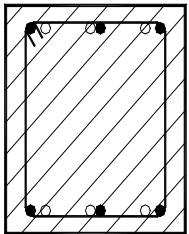
Süneklik düzeyi yüksek kolonlarla ilgili konstrüktif kurallar

Tanım	TS500	Deprem Yönetmeliği
$max N_d$	$0.6 f_{ck} A_c$	$0.5 f_{ck} A_c$
$min b$	-	250mm
$max (h / b)$	-	7.0
$max a$	-	$25\varphi_h$
$max s_o$	200mm ; $12\varphi_l$	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 ; $l_n / 6$
$min \varphi_h ; min \varphi_c$	$\varphi_l / 3$	8mm
$min \rho_{toplam}$	0.008	0.010
$max \rho_{toplam}$	0.04	0.04
$min A_s$	4 φ 14	4 φ 16 veya 6 φ 14
$min A_c$	-	75000mm ²
$min dışmerkezlik$	0.1 h ; 25mm	-

Kolon donatısı bindirme eki



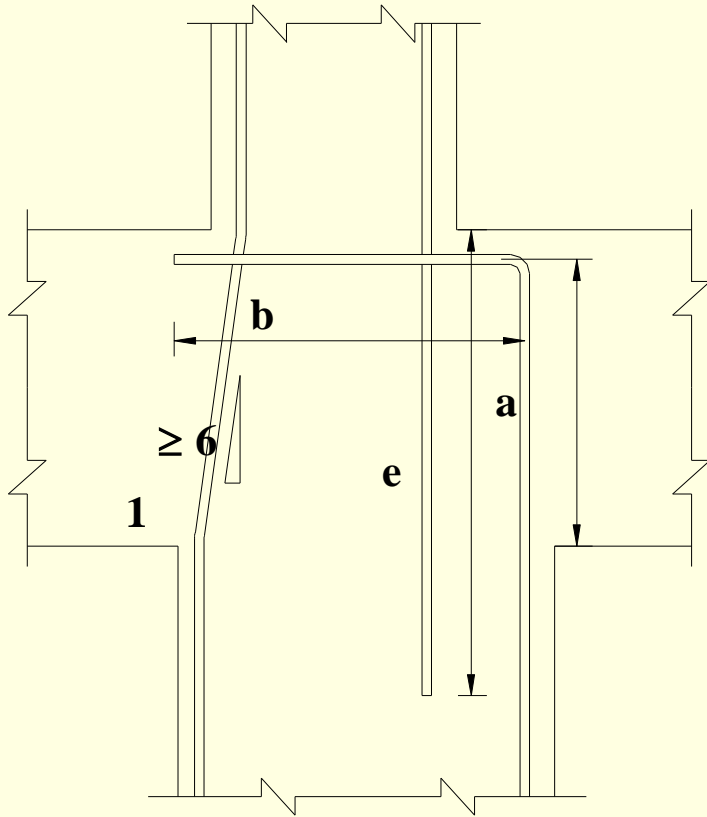
kesit: a-a



Alt donatı 1/6 dan daha az eğimle üste çıkabiliyorsa ilk iki şekil uygun

Daha büyük eğim gerekiyorsa üçüncü şekilde olduğu gibi ek filiz donatısı konmalıdır

Kolon kesitinin değişmesi



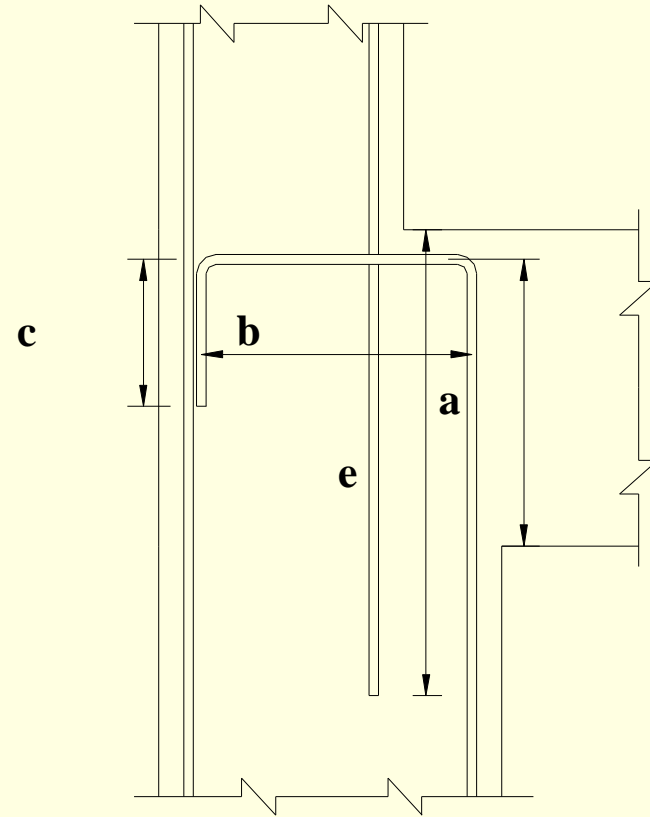
$$(a+b) \geq 1.5 l_b$$

$$(a+b) \geq 40 \phi$$

$$b \geq 12 \phi$$

$$e \geq 1.5 l_b$$

$$e \geq 40 \phi$$



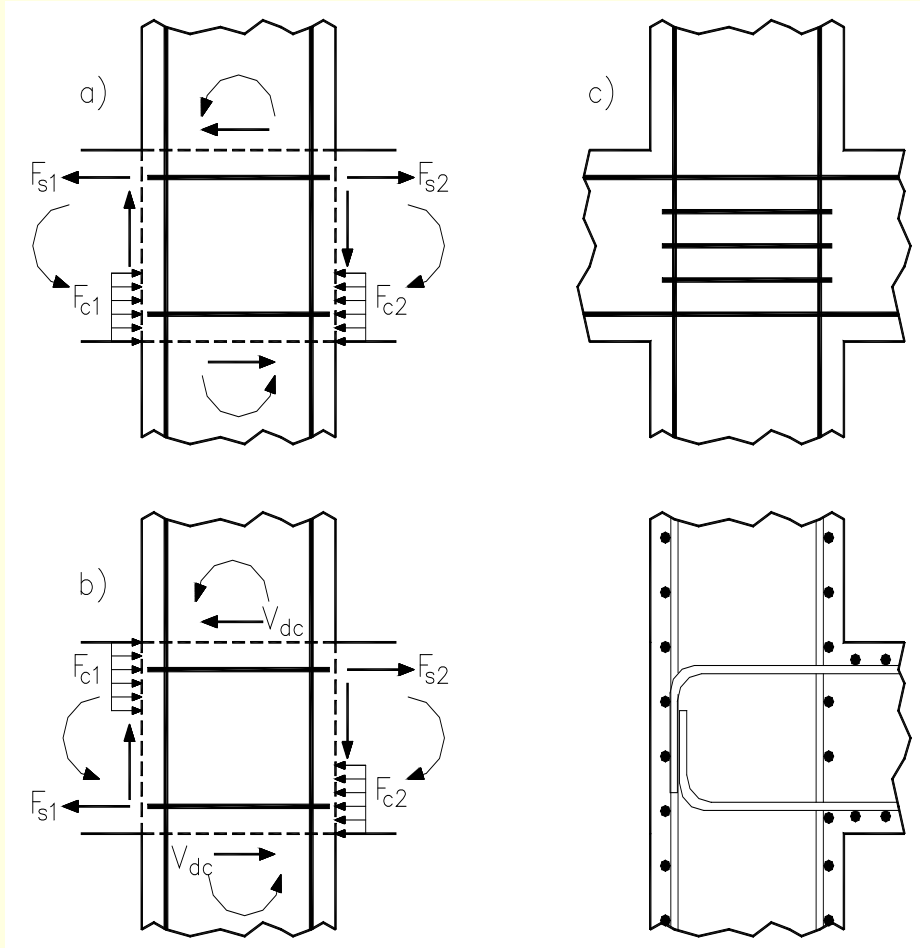
$$(a+b+c) \geq 1.5 l_b$$

$$(a+b+c) \geq 40 \phi$$

$$c \geq 12 \phi$$

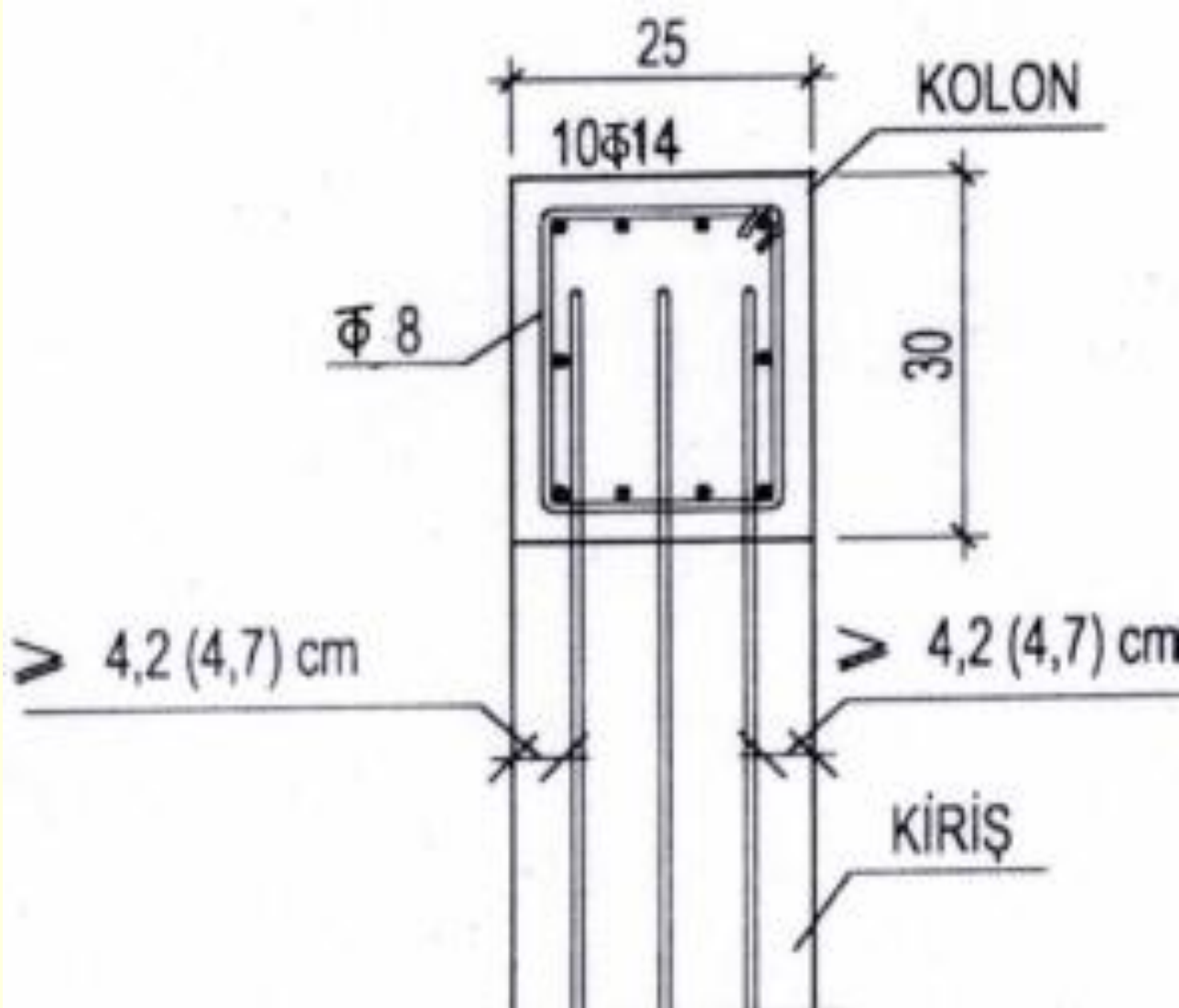
Birleşim bölgesinde etkiler ve donatı düzeni

a) ve b)
düşey ve
yatay yük
etkisinde
iç
kuvvetleri
gösteriyor

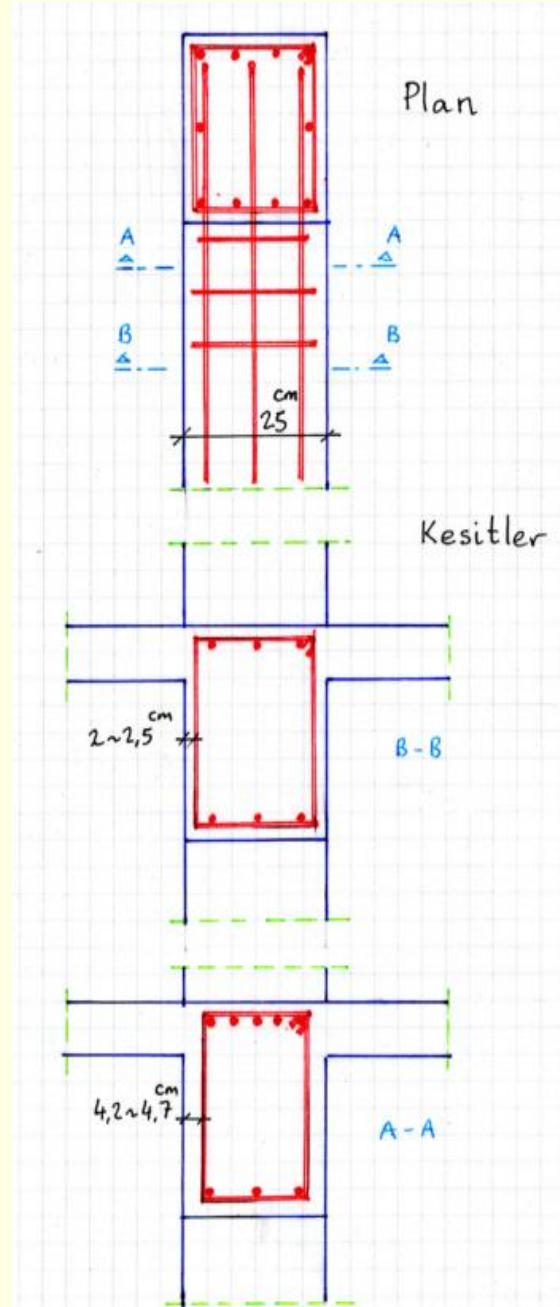


c) donatı düzeni:
kolon etriyesi
birleşim bölgesinde
de var, kiriş donatıları
gönye şeklinde
bükülmeli ve gönye
etriye içinde
kalmalıdır

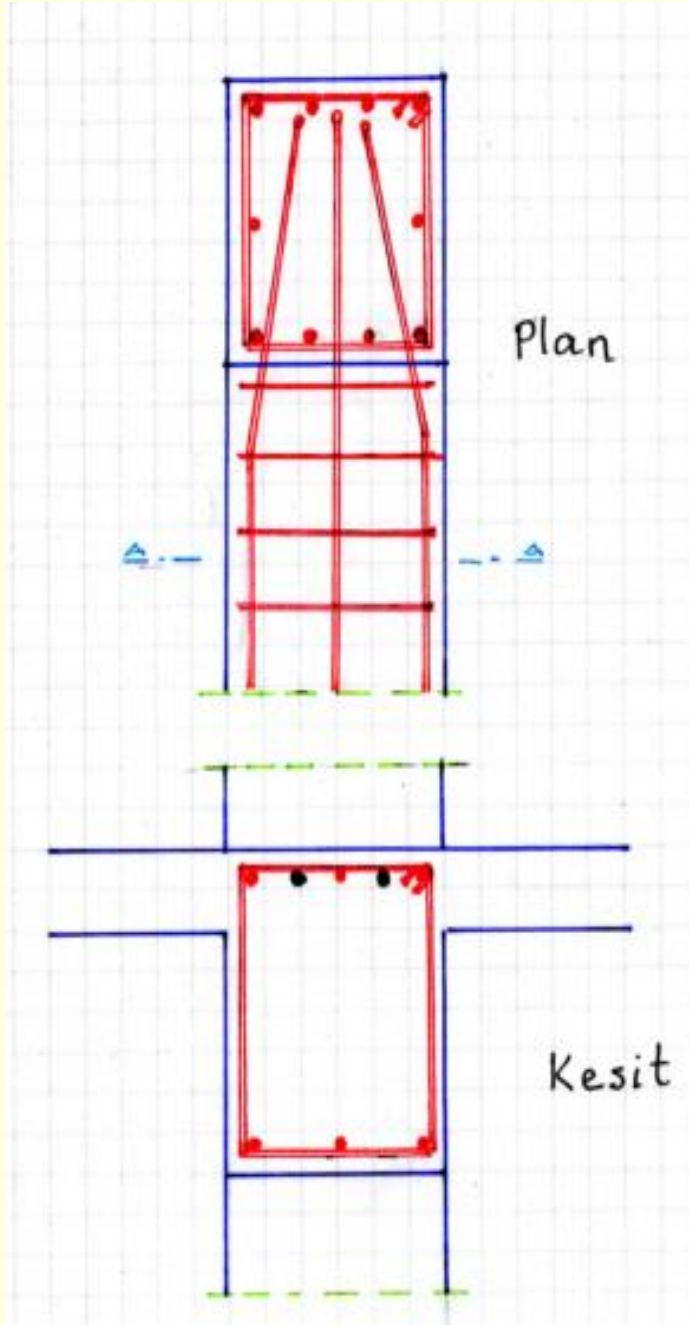
Aynı genişlikli kolon-kiriş birleşimi



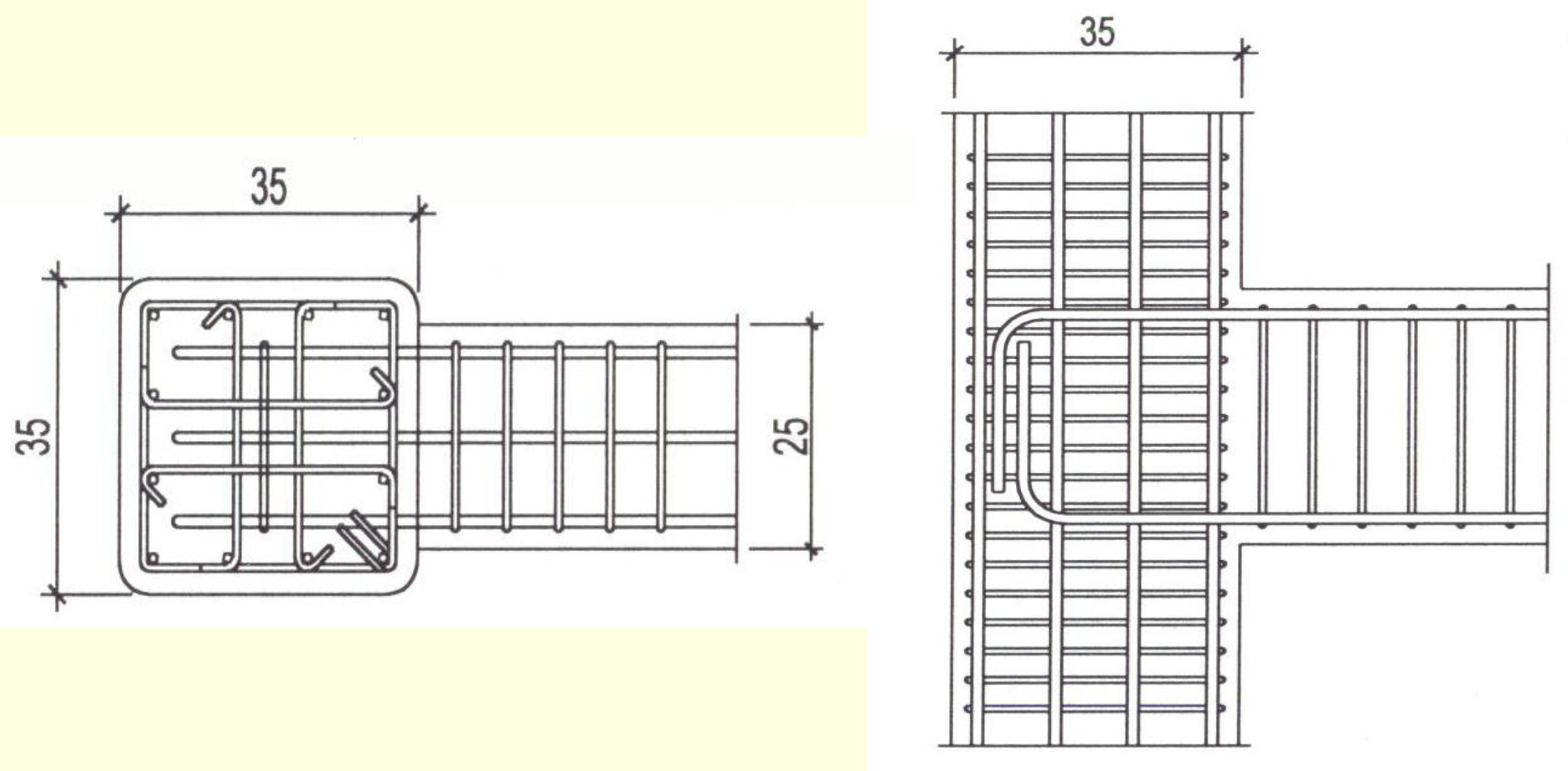
Aynı genişlikli kolon-kiriş birleşimi



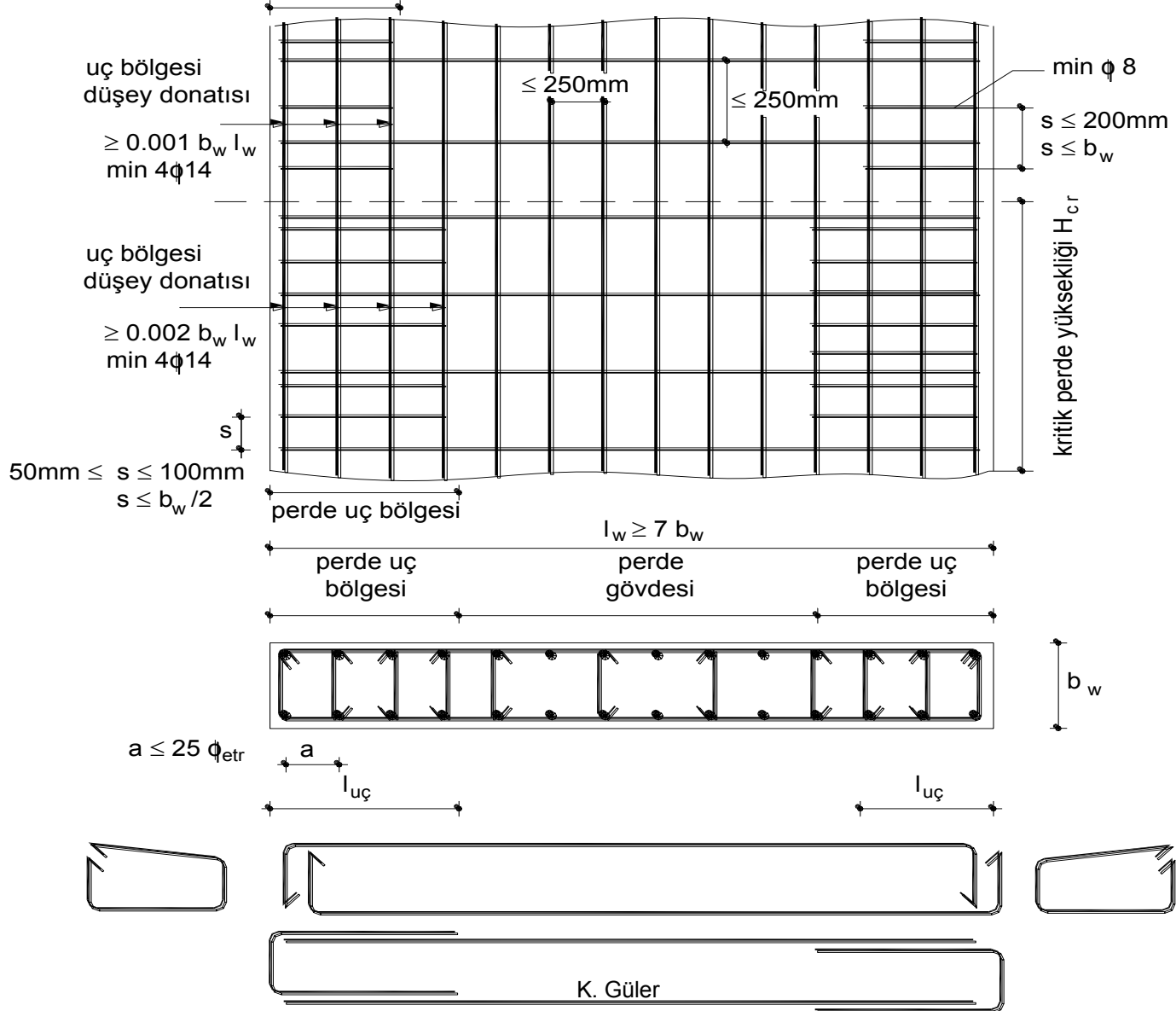
Aynı genişlikli kolon-kiriş birleşimi



Kirişin kolondan daha dar olması (kesit)



Perde donatı düzeni



PERDE DONATISI - TS 500

- Min düş/yat donatı, $\rho_t \geq 0.0015$ (iki yüz topl)
 $s \leq 1.5 t$ ve 300 mm
- İki yüz arası min bağlantı, $4 \text{ çiroz} / \text{m}^2$

PERDE DONATISI - Dep Yön

- Kritik perde yüksekliği, $H_{cr} \geq H_w/6$
 $l_w \leq H_{cr} \leq 2l_w$
- Perde uç bölgesi,
Kritik bölgede, $l_u \geq 2b_w$ ve $0.2l_w$
Kritik bölge dışında, $l_u \geq b_w$ ve $0.1l_w$
- Min gövde (uç böl dışı) donatısı, $\rho_t \geq 0.0025$
 $s \leq 250 \text{ mm}$
(Perde taşıyıcı sistemlerde, TS 500 gibi)
- İki yüz arası min bağlantı,
Kritik bölgede, $10 \text{ çiroz} / \text{m}^2$
Kritik bölge dışında, $4 \text{ çiroz} / \text{m}^2$
- Uç bölgesi düşey donatısı,
Kritik bölgede, $A_{st} \geq 0.002b_w l_w \geq 4\phi 14$
Kritik bölge dışında, $A_{st} \geq 0.001b_w l_w \geq 4\phi 14$
- Uç bölgesi enine donatısı (en az ϕ_{yatay} çaplı)
Kritik bölgede, kolon sar böl etriyesinin 2/3 ü
 $50 \text{ mm} \leq s \leq b_w/2$ ve 100 mm
Kritik bölge dışında, $s \leq b_w$ ve 100 mm

Süneklik düzeyi yüksek perdelerle ilgili konstrüktif kurallar

<i>Tanım</i>	<i>TS500</i>	<i>Deprem Yönetmeliği</i>
$\min l_w$	-	$7 b_w$
$\min b_w$	150mm	200mm ; kat yüksekliği / 15
$\max s_w ; \max s_h$	300mm ; $b_w ; l_w / 3$	250mm
$\min \varphi_w ; \min \varphi_h$	-	8mm
$\min \rho_v ; \min \rho_h$	0.0025	0.0025
$\min \rho_{u\check{c}} = A_{s\ u\check{c}} / (b_w l_w)$	-	0.001
$\min A_{s\ u\check{c}}$	-	4 φ 14
$\min l_{u\check{c}}$ [H_{cr} içinde (dışında)]	-	0.2 (0.1) l_w ; 2.0 (1.0) b_w
$\max s_{u\check{c}}$ [H_{cr} içinde (dışında)]	-	100 (200) mm ; 0.5 (1.0) b_w
$\min \varphi_{u\check{c}}$	-	8mm

Boşluklu perdede bağ kirişi davranışı

- Bağ kirişi bağıl rijitliğine göre yatay yük momentinin perdelerde oluşturduğu eğilme momenti ve aksenal yük oranları:
- Kiriş rijitliği arttıkça aksenal yük ve kiriş kesme kuvveti büyür perde eğilme momenti küçülür

Perde bağ kirişinin değişik donatı biçimlerinde göçme türü

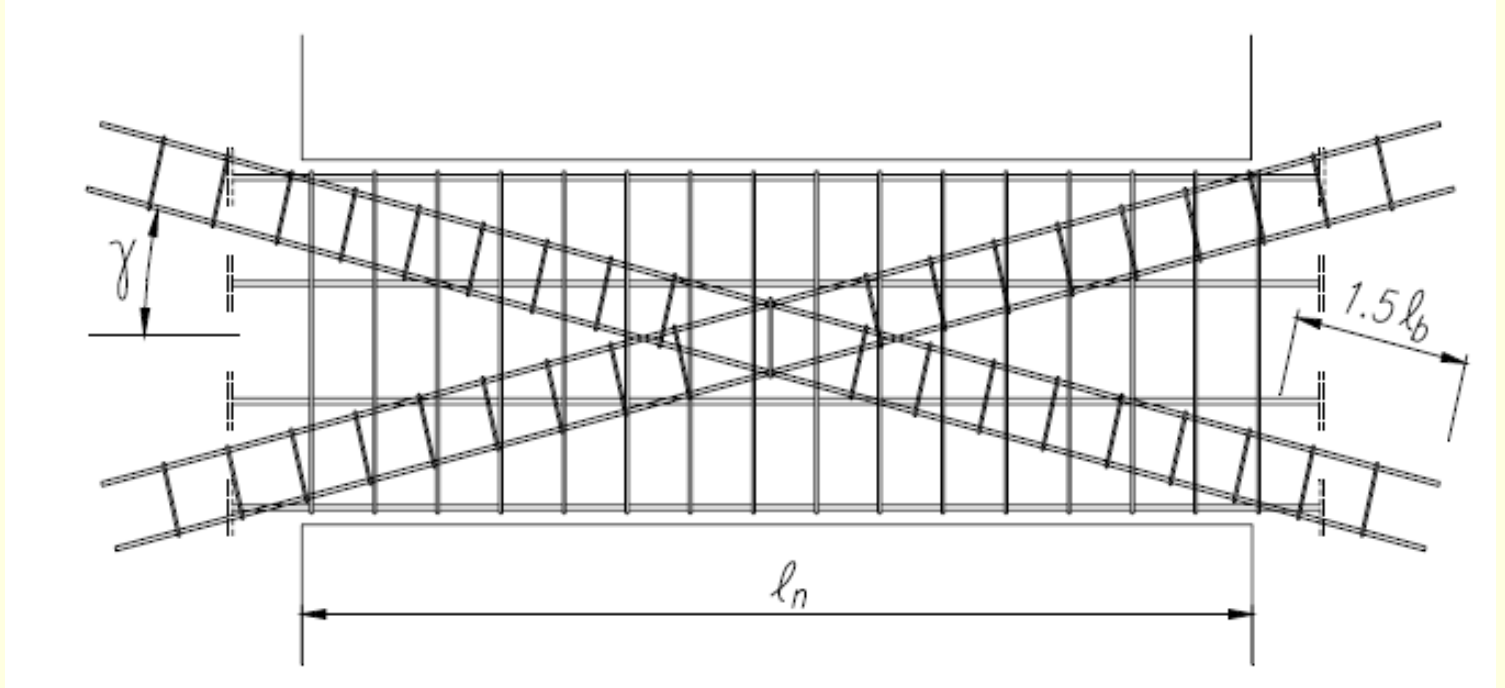
- a: klasik donatı, kesme kuvveti etkisi ile göçme, gevrek kırılma
- b: sık etriye, mesnetlerde eğilme göçmesi, tek yönlü etkide iyi olsa da iki yönlü etkide eğilme çatlaklarının birleşmesi sonucu kesme kırılması
- c: köşegen donatı, iki yönlü etki altında çekme ve kuvvetleri taşır, sünek davranış

Bağ kirişi donatısı

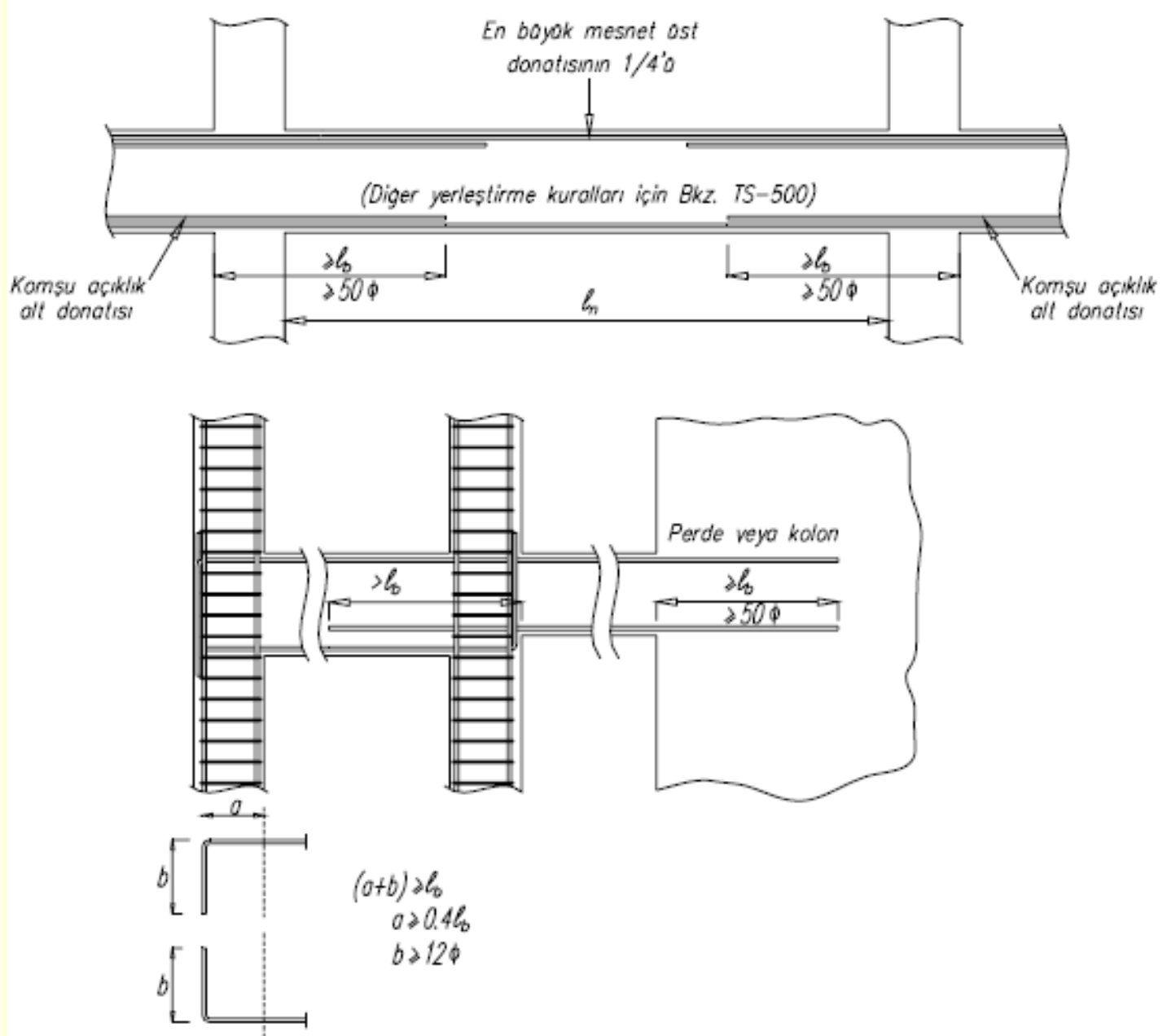
$$A_{sd} = V_d / (2 f_{yd} \sin \gamma)$$

- Çapraz donatı demetlerinde en az dört adet donatı bulunacak ve bu donatılar perde parçalarının içine doğru en az $1.5 \ell_b$ kadar uzatılacaktır. Donatı demetleri özel deprem etriyeleri ile sarılacak ve kullanılacak etriyelerin çapı 8 mm'den, aralığı ise çapraz donatı çapının 6 katından ve 100 mm'den daha fazla olmayacaktır.

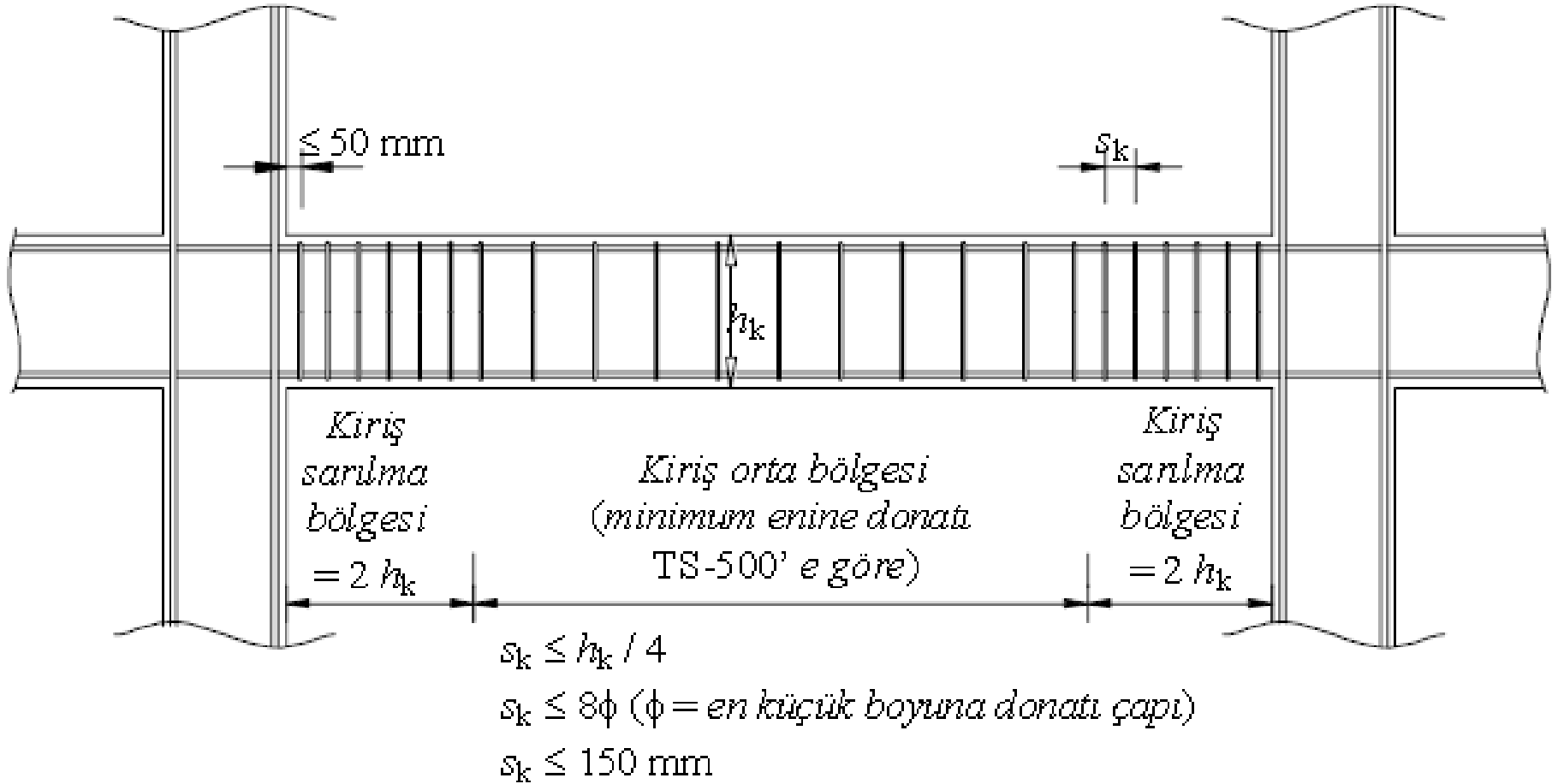
Bağ kirişi donatı düzeni



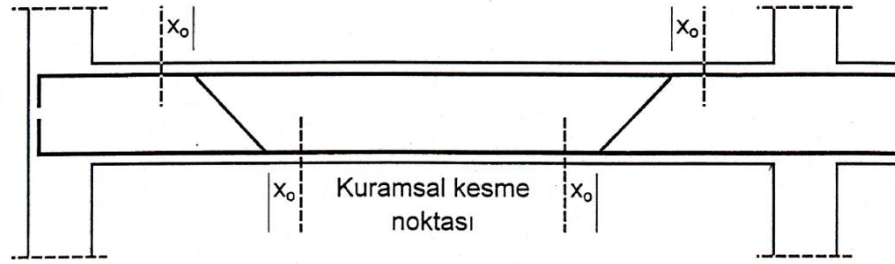
Kiriş donatısı



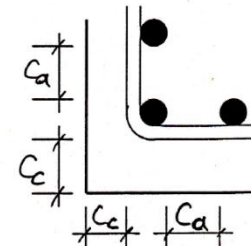
Kiriş donatısı



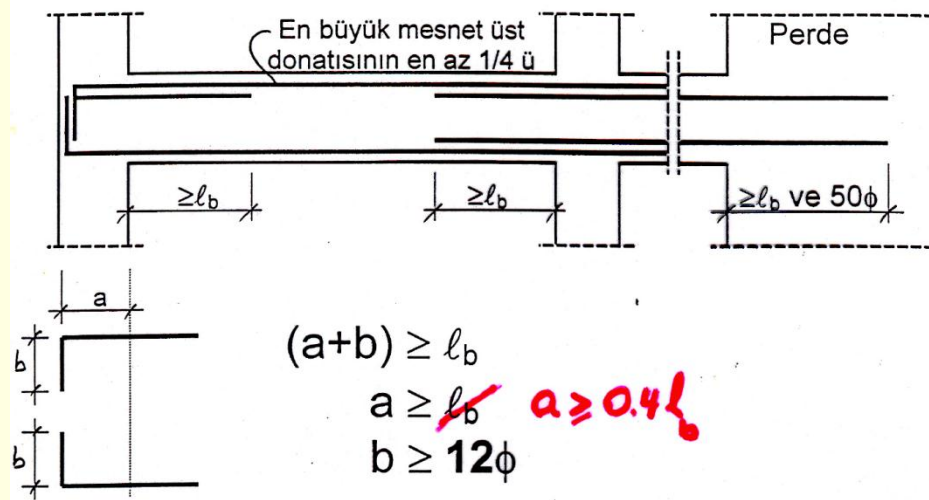
KİRİŞ DONATISI - TS 500



- Min çekme donatısı, $\rho \geq \rho_{\min} = 0.8 f_{ctd}/f_{yd}$
- Maks çekme donatısı, $(\rho - \rho') \leq \rho_{\max} = 0.85 \rho_b$
 $\rho \leq 0.02$
- Gövde donatısı, $h > 600$ mm ise, $A_{s\ell} = 0.001 b_w d$
 $\phi \geq 10$ mm ve $s_h \leq 300$ mm
- KKN den ölçülen, $x_o \geq d/3$ ve 8ϕ (pliye)
 $x_o \geq d$ ve 20ϕ (N); 40ϕ (D) (kesme)
- Mesnete uzanan alt donatı, $\geq A_s/3$
- Min kesme donatısı, $A_{sw}/s \geq 0.3(f_{ctd}/f_{ywd})b_w$
- Etriye aralığı, $s \leq d/2$ ($V_d > 3V_{cr}$ ise, $s \leq d/4$)
- Sıklaştırma ($\ell = 2h$), $s \leq d/4$ ve 8ϕ ve 150 mm
- Beton örtüsü, $c_c \geq 20$ mm (iç)
(Net) ≥ 25 mm (dış)
- Çubuk aralığı, $c_a \geq \phi$ ve 20 mm
(Net) $\geq 4/3$ ^{K. Güler} agrega



KİRİŞ DONATISI - Dep Yön



TS 500 koşullarına ek olarak

- Mesnette min üst donatı, $\rho_{\bar{u}} \geq 1.0 f_{ctd}/f_{yd}$
- Mesnette min alt donatı, $\rho_a \geq 0.5\rho_{\bar{u}}$ (1&2 DDB)
 $\geq 0.3\rho_{\bar{u}}$ (3&4 DDB)
- Bindirme boyunca,
özel deprem etriyesi, $s \leq d/4$ ve 100 mm
- Manşonlu / kaynaklı ekler,
 - * Birer atlayarak ve şaşırtarak yapılır;
 - * Ek merkezleri uzaklığı, $d_e \geq 600$ mm
(Benzer nedenlerle, gerekmeyen donatının tümü aynı yerde kesilmemeli)

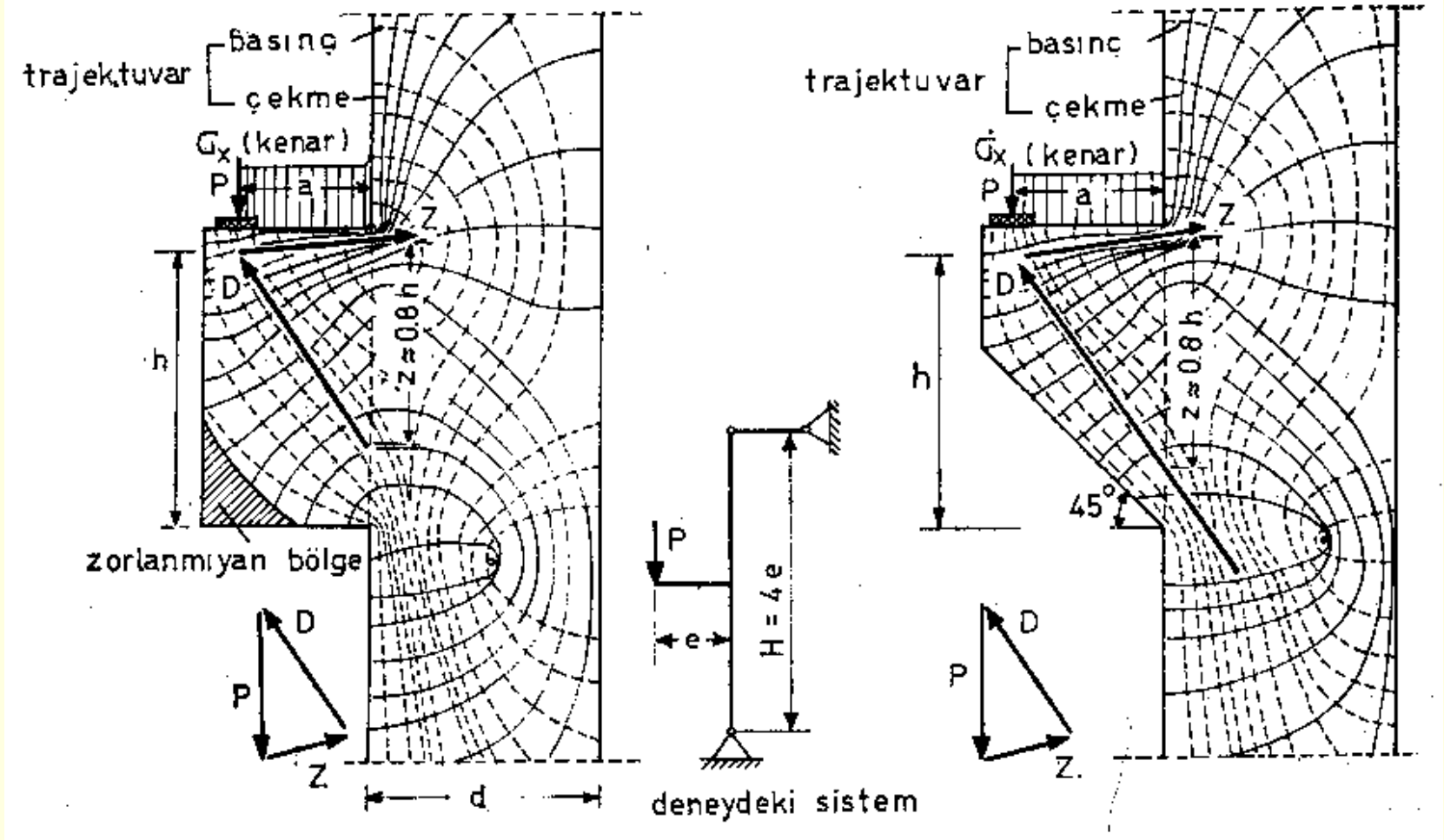
- Enine donatı, TS 500 gibi $(\frac{d}{4} \rightarrow \frac{h}{4})$

<i>Tanım</i>	<i>TS500</i>	<i>Deprem Yönetmeliği</i>
$min b_w$	-	250mm
$max b_w$	-	kolon genişliği + h
$min h$	-	300mm ; 3 h_f
$max h$	-	$l_n/4$; 3.5 b_w
$min l_c$	-	2 h
$min l_2$	-	$l_n/4$
$min (l_{b1} + l_{b1})$	-	l_b ; (0.4 $l_b + 12 \varphi$) ; 50 φ ($l_{b2} = 0$ ise)
$min l_3$	-	l_b
$max s_c$	-	$h/4$; 8 φ_l ; 150mm
$min \rho_1$	-	f_{ctd}/f_{yd}
$min \rho_2$	$1.2/f_{yd}$ [MPa]	-
$max \rho_1$; $max \rho_2$	$0.85 \rho_b$	0.02
$min \rho_1'$	-	0.5 ρ_1 (1. ve 2.) ; 0.3 ρ_1 (3.ve 4.deprem bölgesinde)
$min \rho_2'$	-	$\rho_1/4$
$min \varphi_l$	-	12mm
$min \varphi_h$	-	8mm

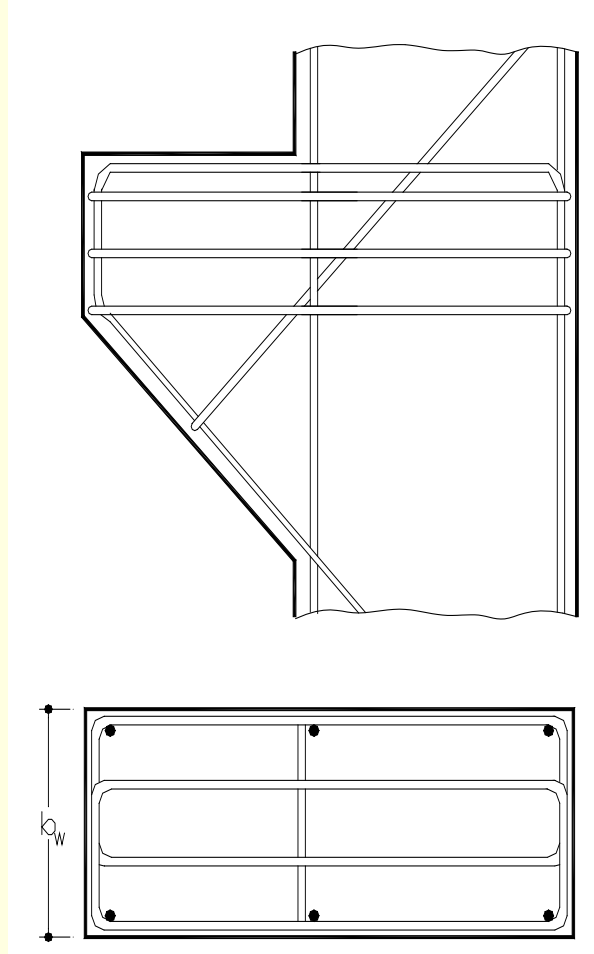
Kısa konsol

- Prefabrike yapılarda ve kren kirişlerinde gerekli olur ($a/d < 1$. \Rightarrow kısa konsol)
- Donatı klasik konsol gibi olmamalıdır
- Oluşacak büyük çekme kuvvetleri doğrultusunda konmalı ve kenetlenmeye yönelik biçim seçilmelidir

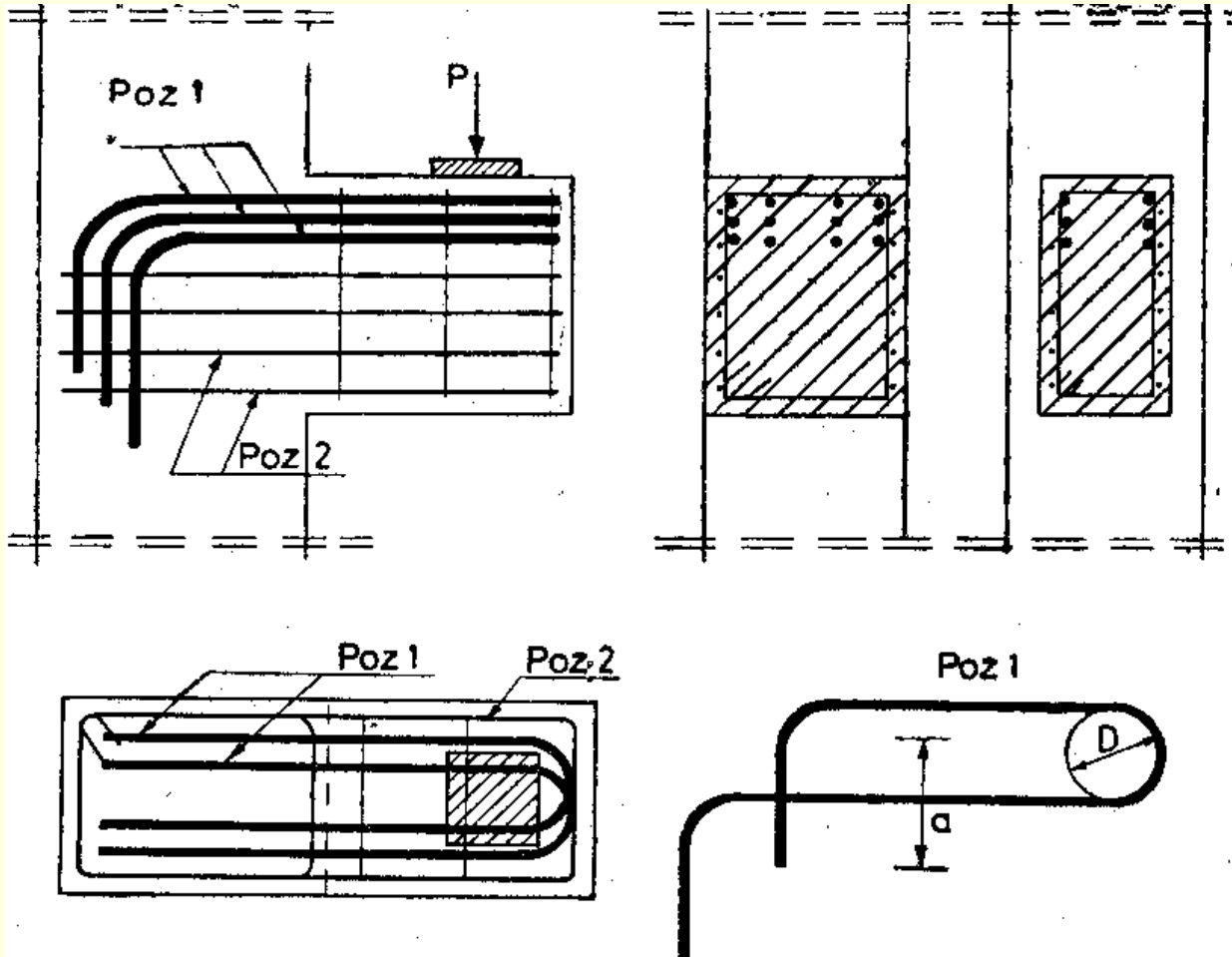
Kısa konsol davranışı



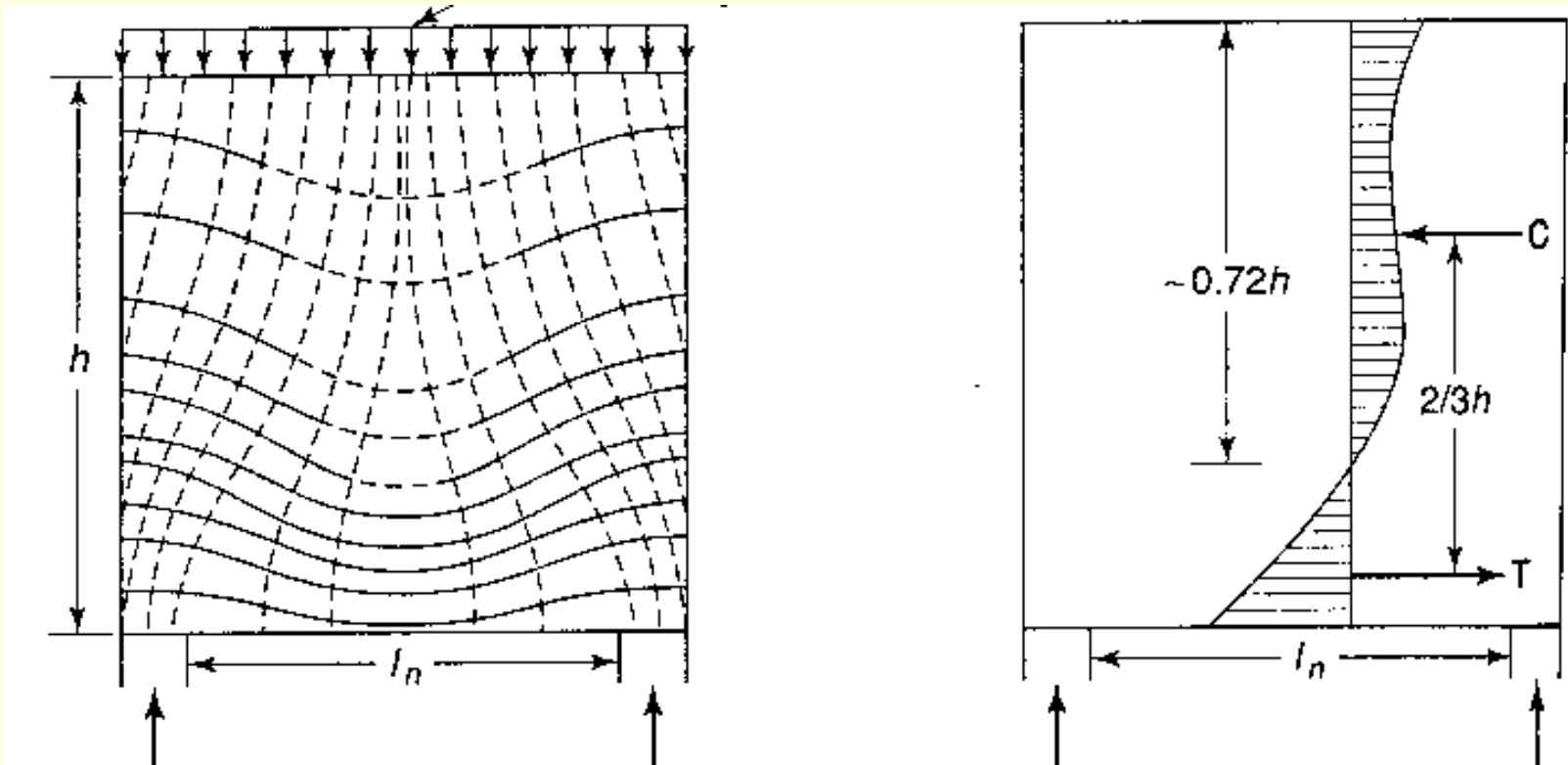
Kısa konsol donatısı



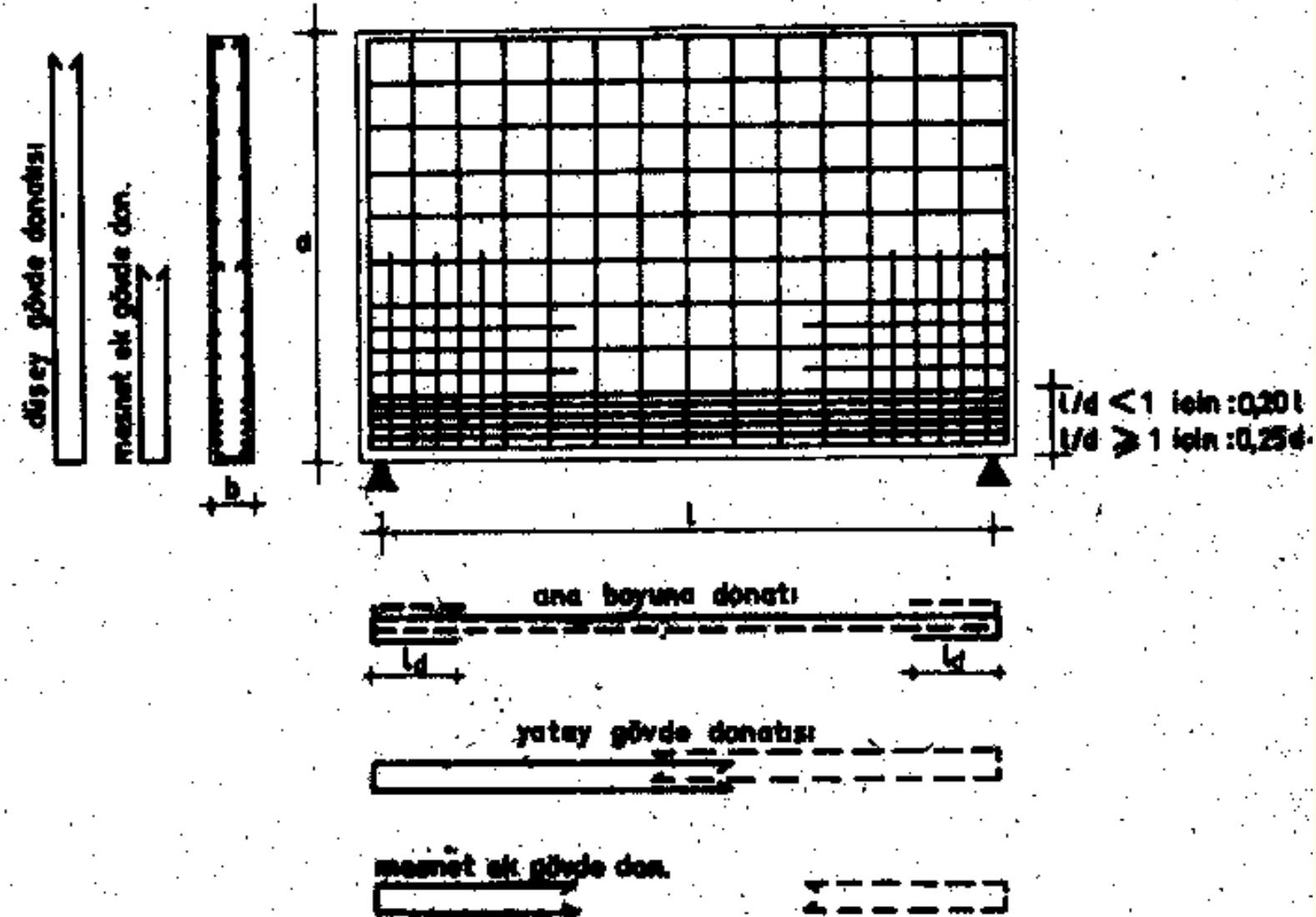
Kısa konsol donatısı



Yüksek Kiriş



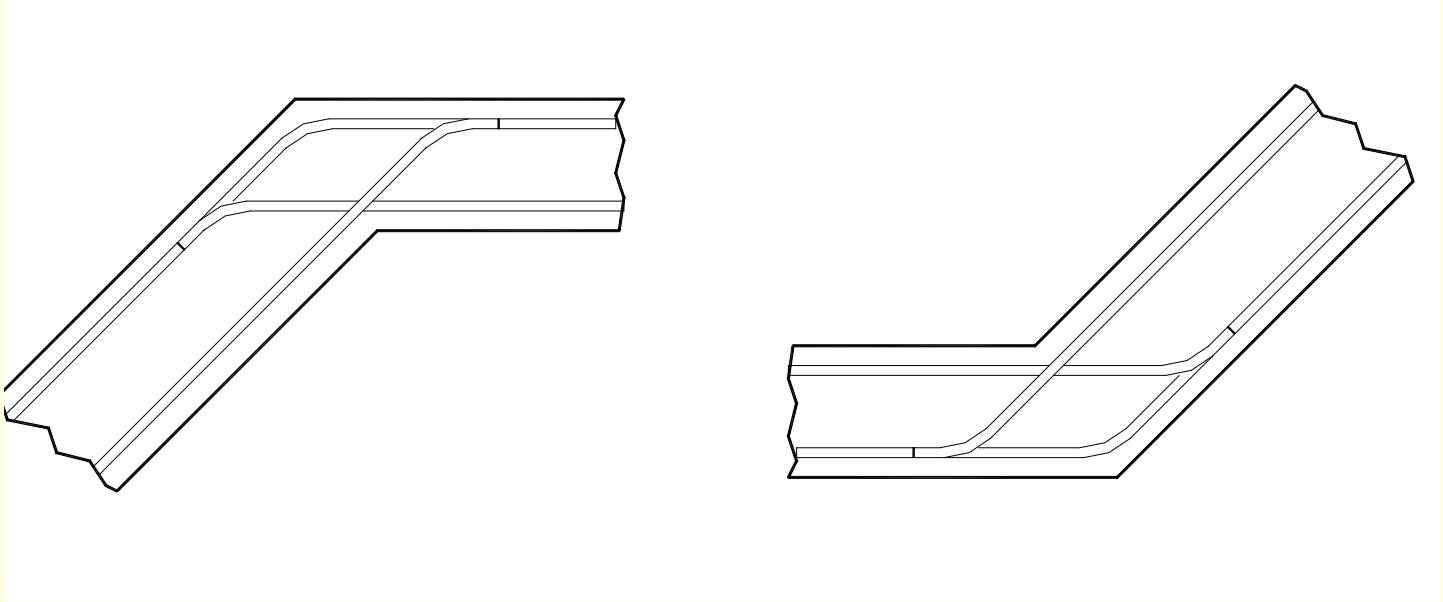
Yüksek kirişte donatı düzeni



Köşelerde donatı düzeni

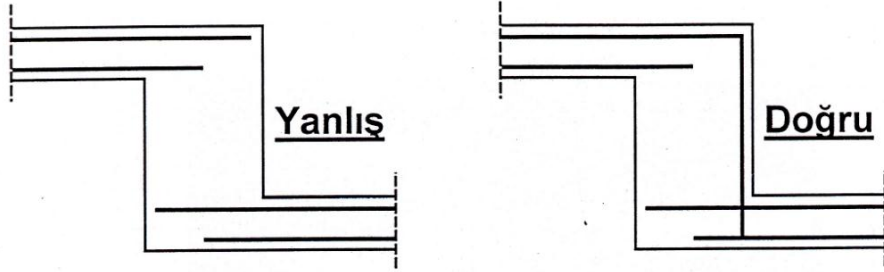
- İçbükey köşelerde çekme donatısı paspayını koparabilir
- Bu nedenle her kenara ayrı donatı konarak kenetlenmesi sağlanmalıdır
- Zorunlu durumda uygun etriye konarak da sorun çözülebilir

Köşelerde donatı düzeni

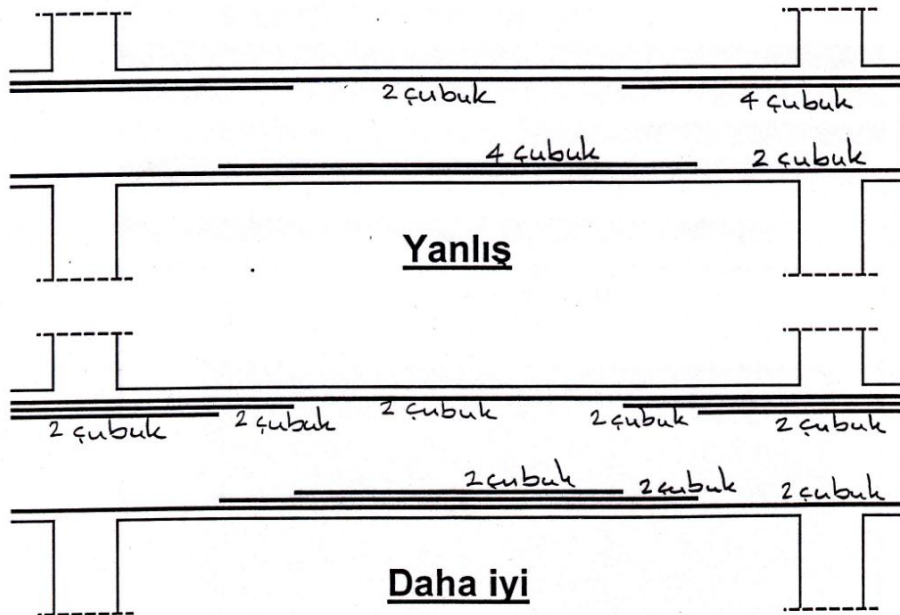


YANLIŞLAR / DOĞRULAR

➤ Farklı düzeyde döşemeler



➤ Gerekmeyen donatının kesilmesi



Daha da iyisi: Kesmeyip pliye yapmak

YANLIŞLAR / DOĞRULAR

➤ Deprem etriyesi



Yanlış

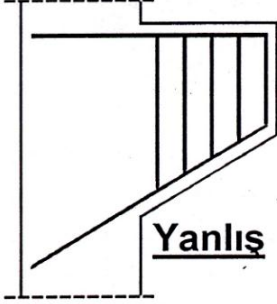


Yanlış

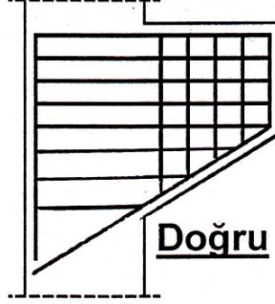


Doğru

➤ Kısa konsol



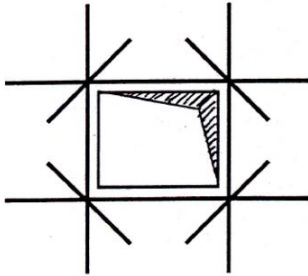
Yanlış



Doğru

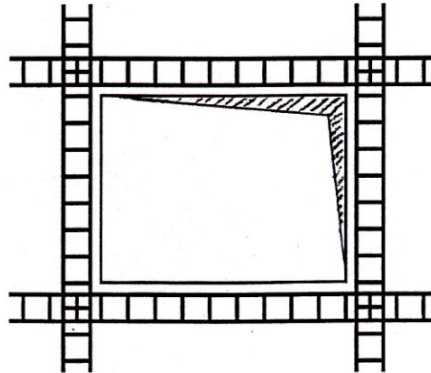
➤ Perde/döşeme boşlukları

- Küçük boşluk



Doğru

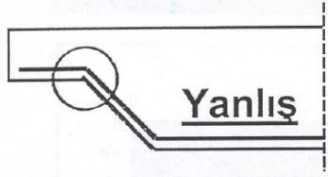
- Büyük boşluk



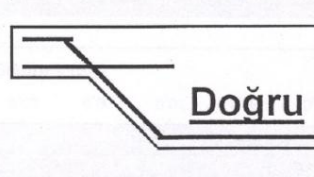
Doğru

YANLIŞLAR / DOĞRULAR

➤ İnceltilmiş uçlu kiriş

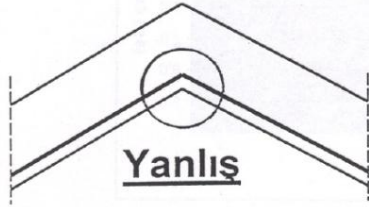


Yanlış

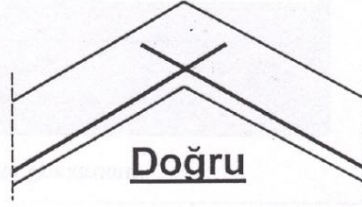


Doğru

➤ Katlanmış kiriş

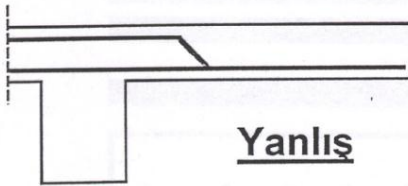


Yanlış

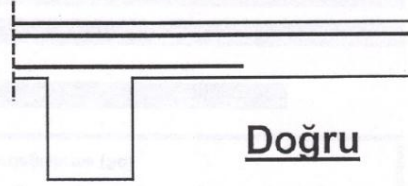


Doğru

➤ Balkon döşemesi

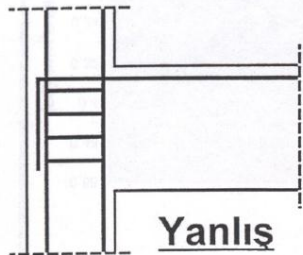


Yanlış

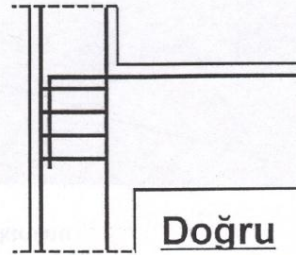


Doğru

➤ L- bacaklı donatı



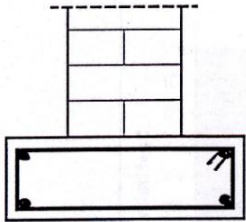
Yanlış



Doğru

TEMEL DONATISI - TS 500

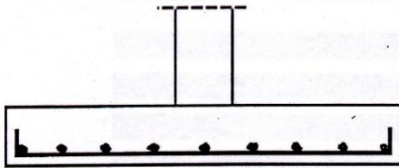
➤ Duvar temelleri



Deprem yön: A.B C D
Zemin gr. c D
3φ12 3φ14 4φ11

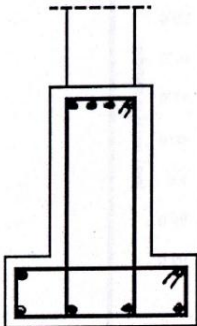
- Min boyuna donatı, 4φ10
- Min enine donatı,
φ8/300 mm etr

➤ Tekil temeller



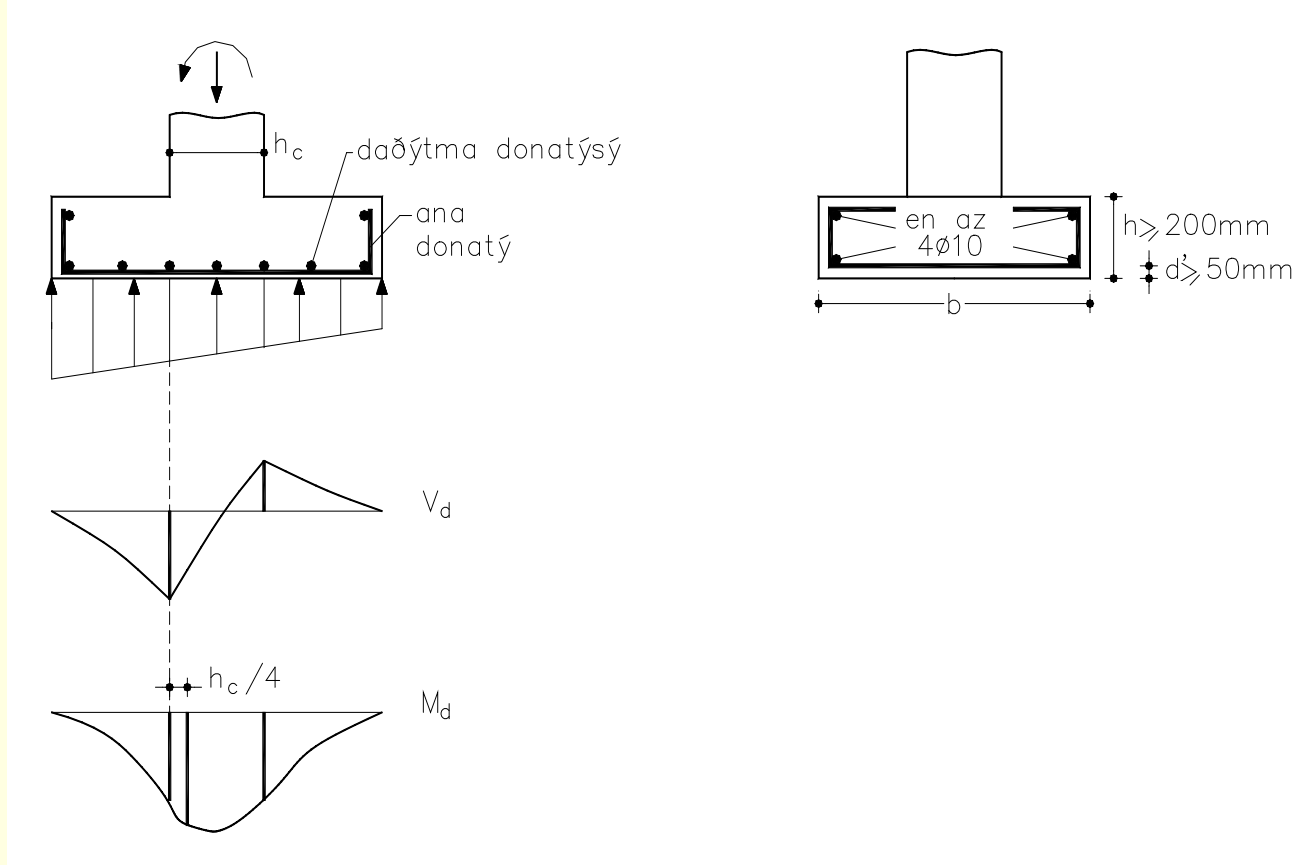
- Herbir doğrultuda
min donatı, $\rho \geq 0.002$
 $s \leq 250$ mm
- Eşit aralıklı ızgara

➤ Sürekli temeller



- Kiriş kuralları geçerli
- Çekme donatısının en az
1/3 ü kadar basınç donatısı

Duvar altı temeli

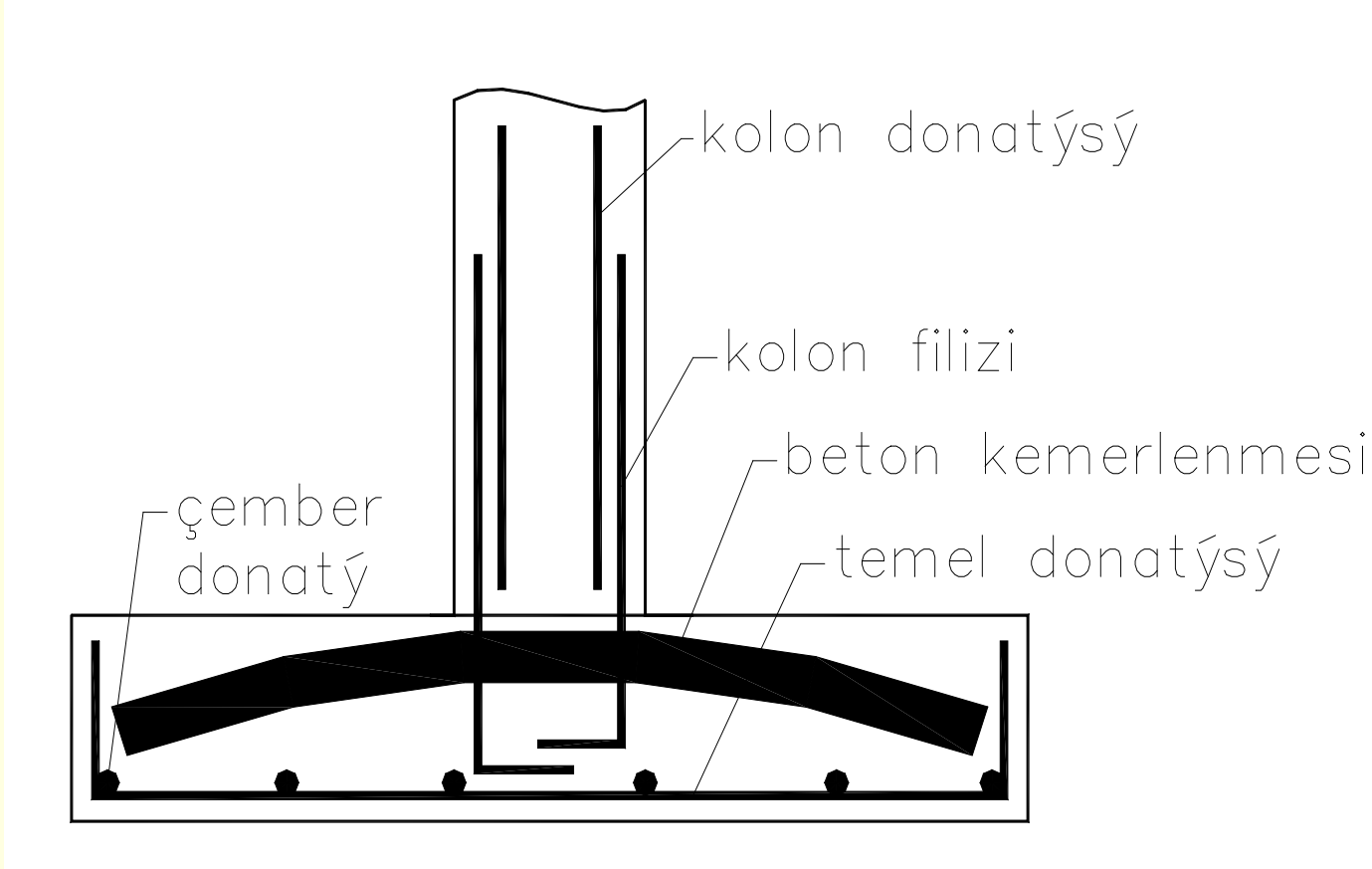


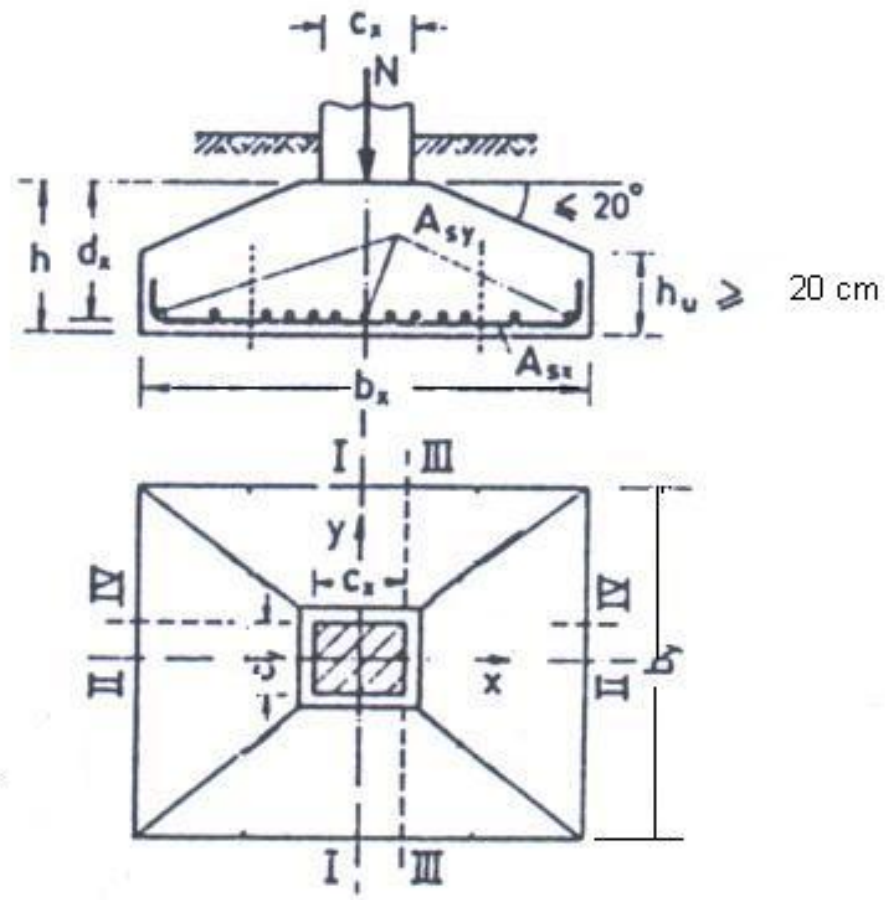
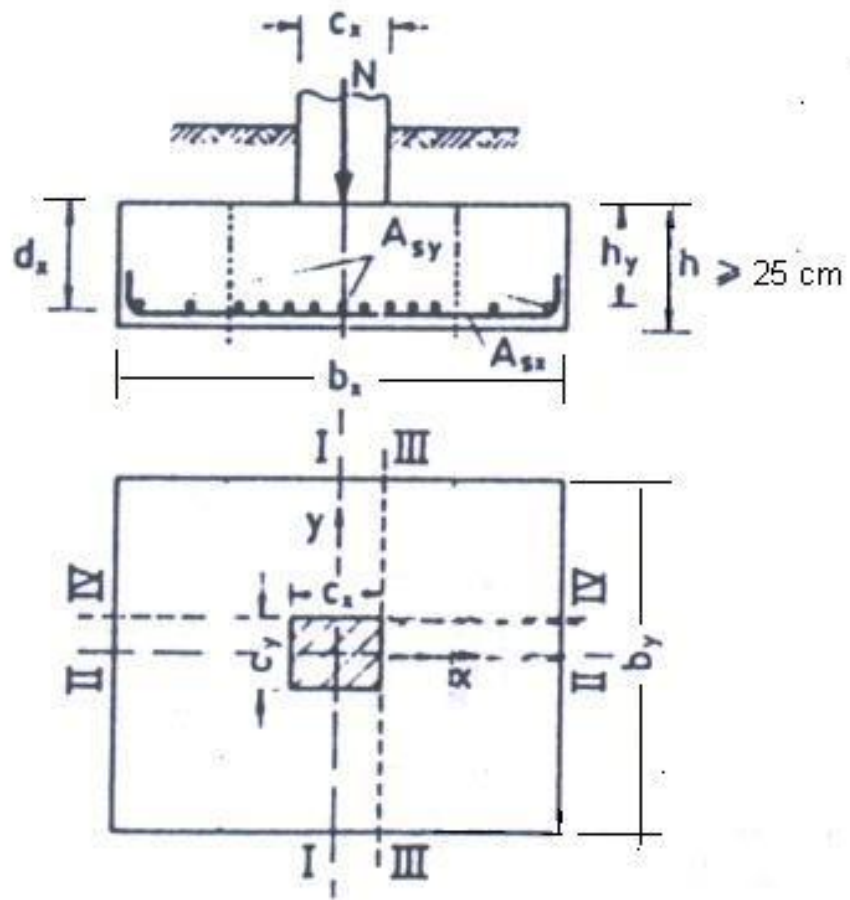
Eğilme momentinin etkisi yalnız beton tarafından taşınabiliyorsa 4 ϕ 10 boyuna donatı ve 2h aralığını aşmayan etriye
Temelerde paspayı en az 50mm olmalı

Tekil temel

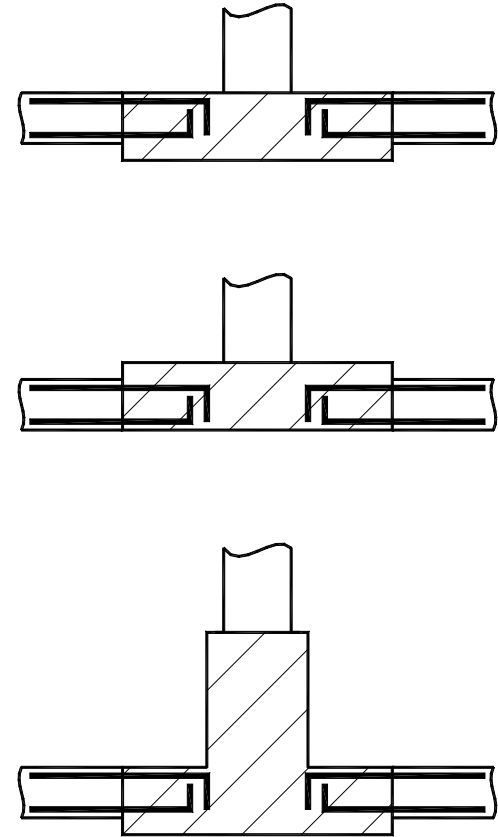
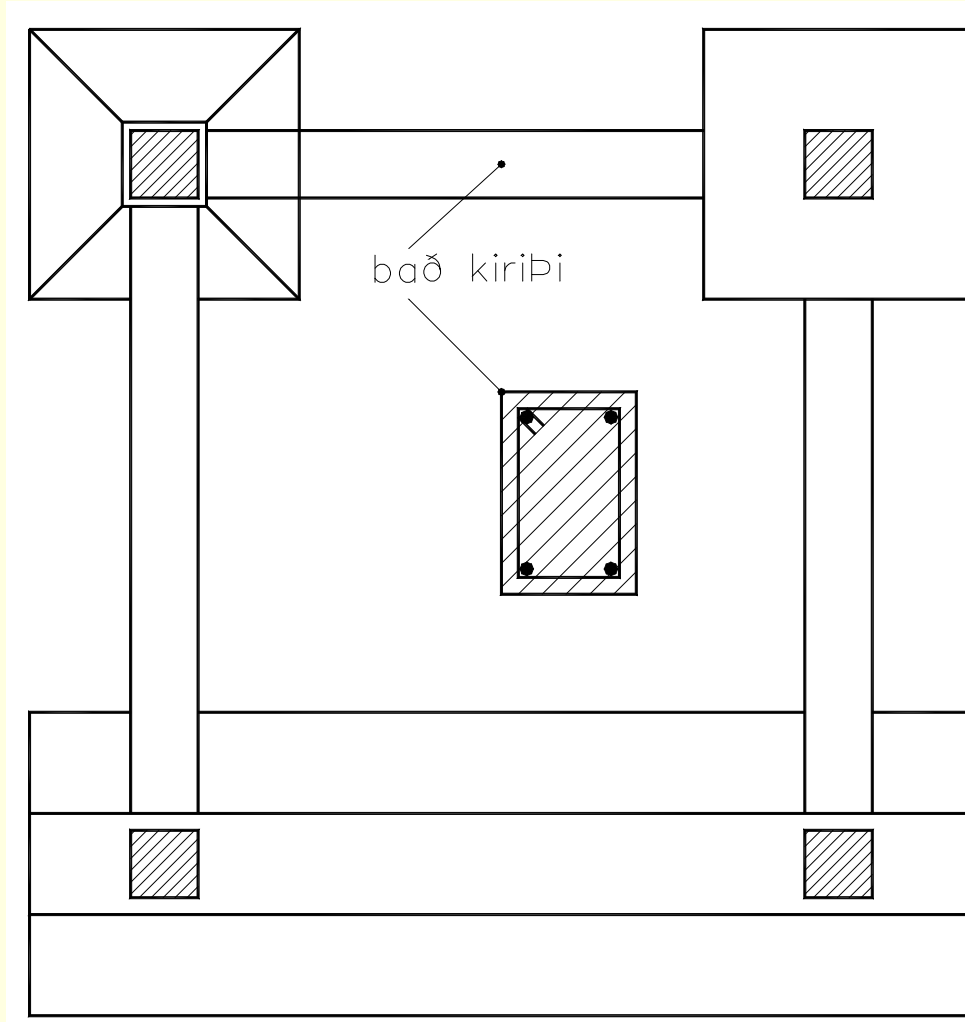
- Kemer davranışına uygun donatı: çekme donatısı + çember donatı
- Çekme donatısının gönye ile yukarı bükülmesi çember donatısının etkinliğini de artırır
- Temellerin farklı yatay yerdeğiştirmesini önlemek için bağ kirişleri özellikle deprem etkisinde önem taşır

Tekil temel: kemerlenme ve çember donatısı





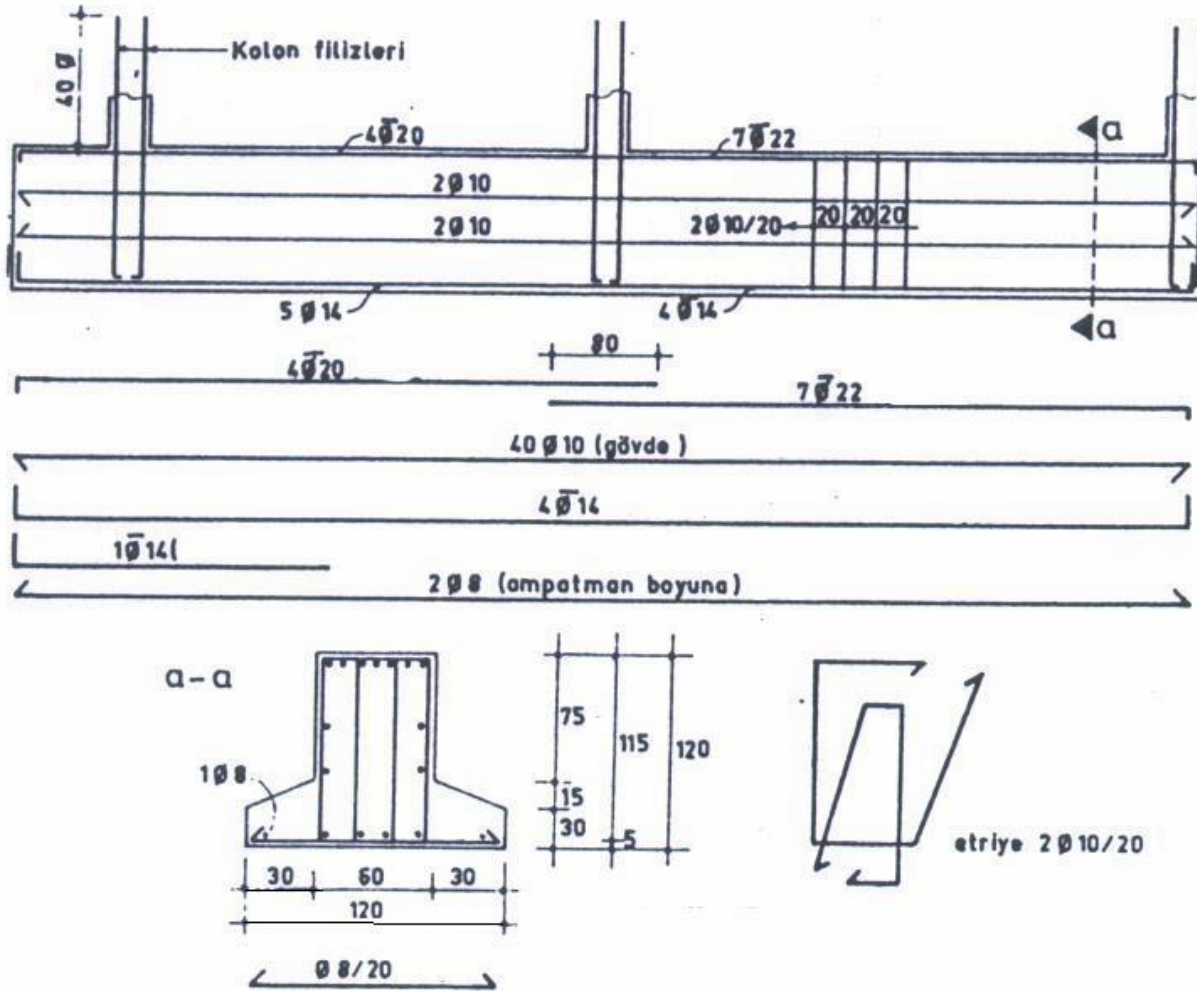
Bağ kirişleri



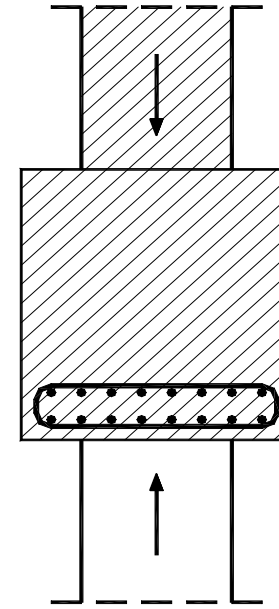
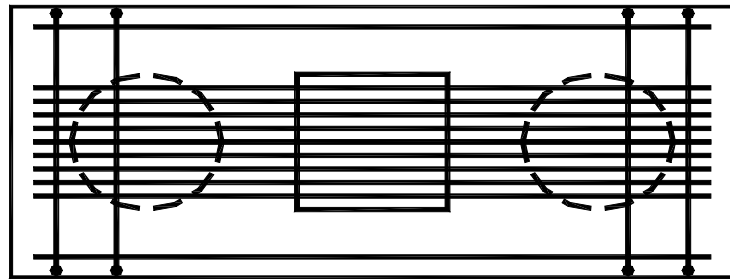
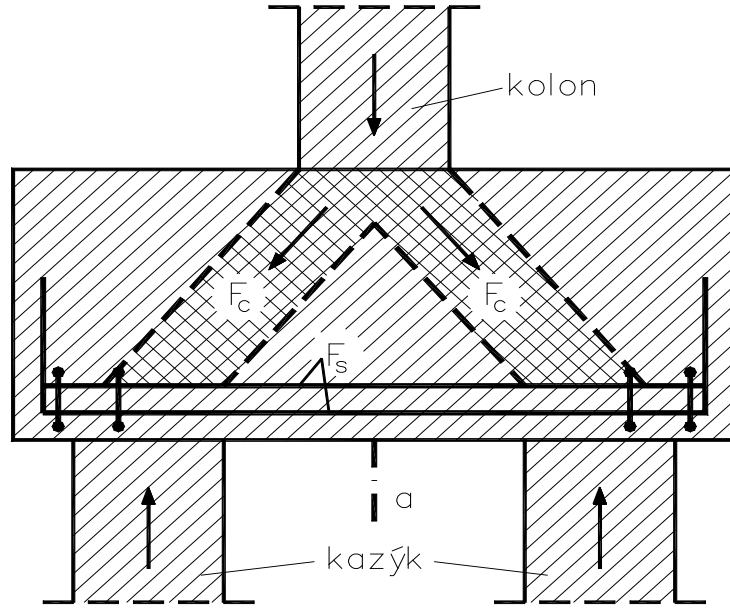
Bağ kirişleri; minimum koşullar

<i>Deprem bölgesi</i>	<i>Boyut</i>	<i>Zemin grubu (Tablo 19.5.e göre)</i>			
		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>1. ve 2.</i>	<i>Hesap çekme kuvveti / Bağladıkları kolonların düşey yüklerinden büyüğü</i>	<i>0.06</i>	<i>0.08</i>	<i>0.10</i>	<i>0.12</i>
	<i>Minimum en kesit (mm²)</i>	<i>62500</i>	<i>75000</i>	<i>90000</i>	<i>90000</i>
	<i>Minimum boyuna donatı</i>	<i>4φ14</i>	<i>4φ16</i>	<i>4φ16</i>	<i>4φ18</i>
	<i>Minimum boyut (mm)</i>	<i>250</i>	<i>250</i>	<i>300</i>	<i>300</i>
<i>3. ve 4.</i>	<i>Hesap çekme kuvveti / Bağladıkları kolonların düşey yüklerinden büyüğü</i>	<i>0.04</i>	<i>0.06</i>	<i>0.08</i>	<i>0.10</i>
	<i>Minimum en kesit (mm²)</i>	<i>62500</i>	<i>62500</i>	<i>75000</i>	<i>75000</i>
	<i>Minimum boyuna donatı</i>	<i>4φ14</i>	<i>4φ14</i>	<i>4φ16</i>	<i>4φ16</i>
	<i>Minimum boyut (mm)</i>	<i>250</i>	<i>250</i>	<i>250</i>	<i>250</i>

Sürekli Temel



Kazıklı kolon temeli

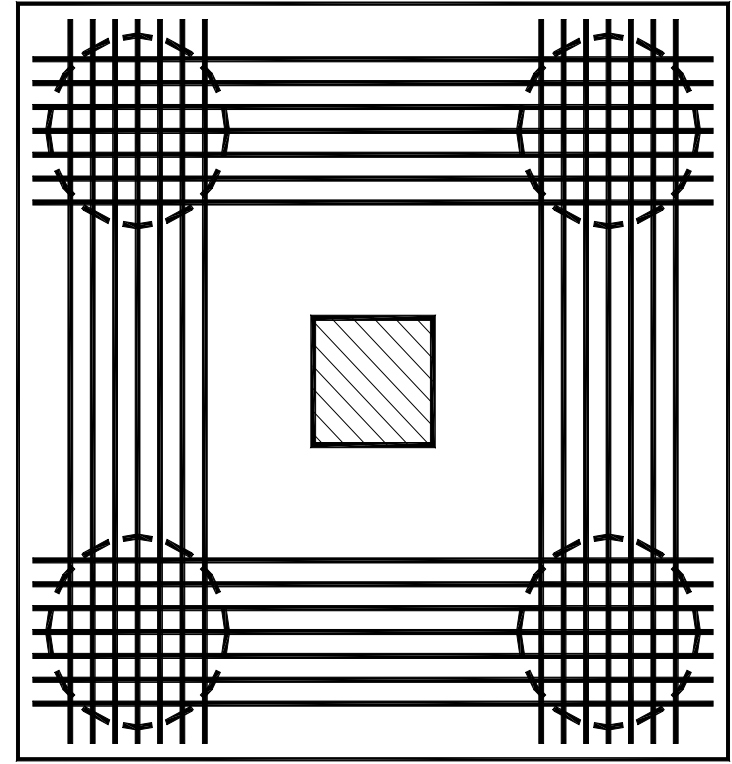
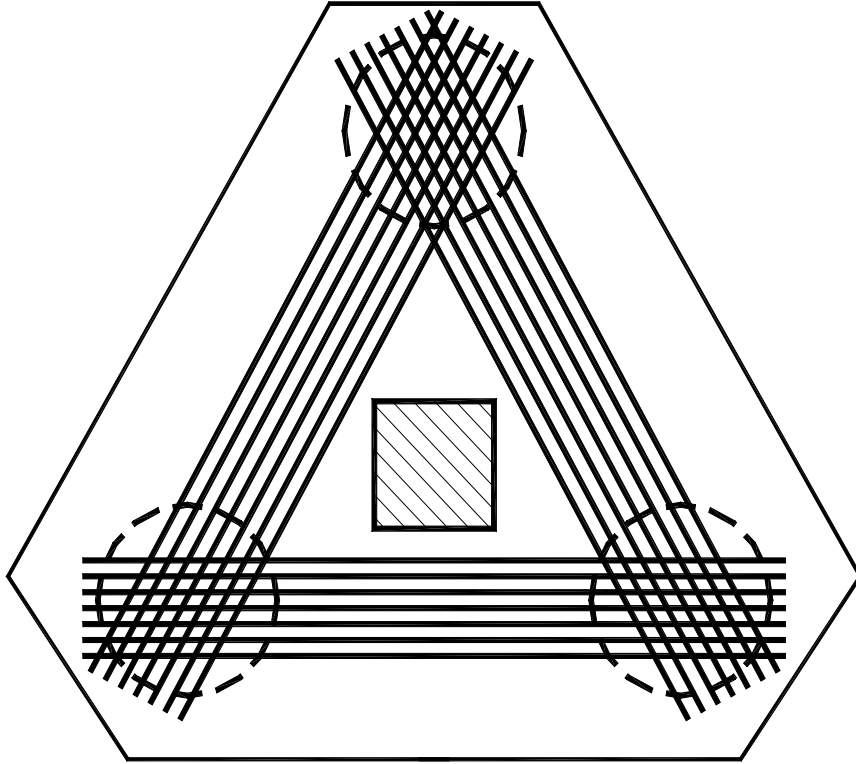


kenetlenme
bölgesinde
spiral donatı

Kazık başlığında

- Beton basınç çubukları ve donatı çekme çubuğunun oluşturduğu kafes sistem, $PL/4$ le hesaplanacak kuvvete eşdeğer sonuç verir
- Basınç çubuklarının kazık başında verdiği yatay bileşen nedeni ile donatıda gönye yapılması

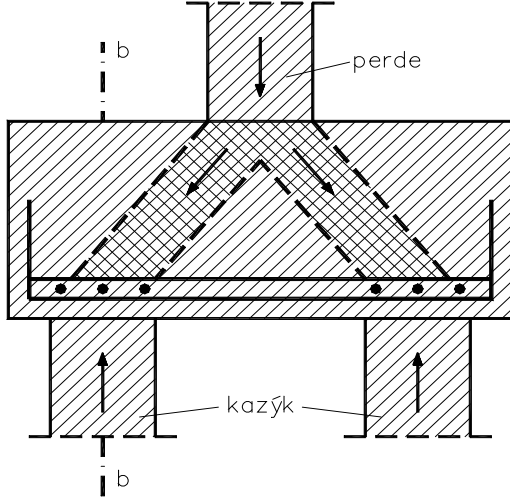
Üç ve dört kazıkta çekme şeritleri ve donatı



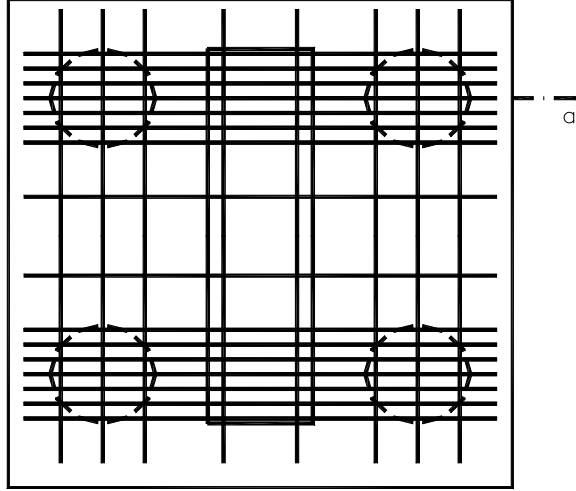
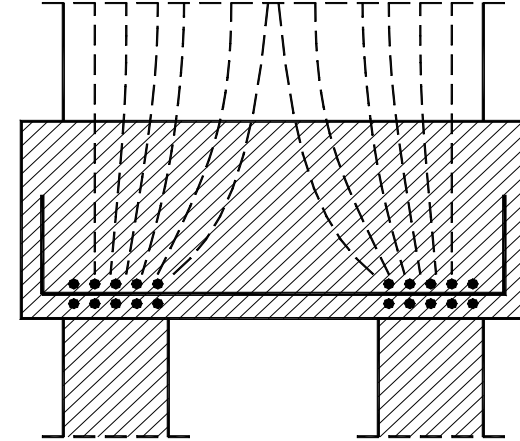
Şekilde verilenlerin ana donatıya karşı geldiği, bütünlüğü sağlayan yardımcı donatıların da gerekli olduğu unutulmamalıdır

Perde kazıklı temeli ve donatısı

kesit: a-a



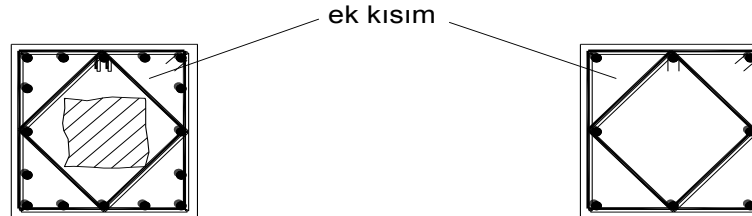
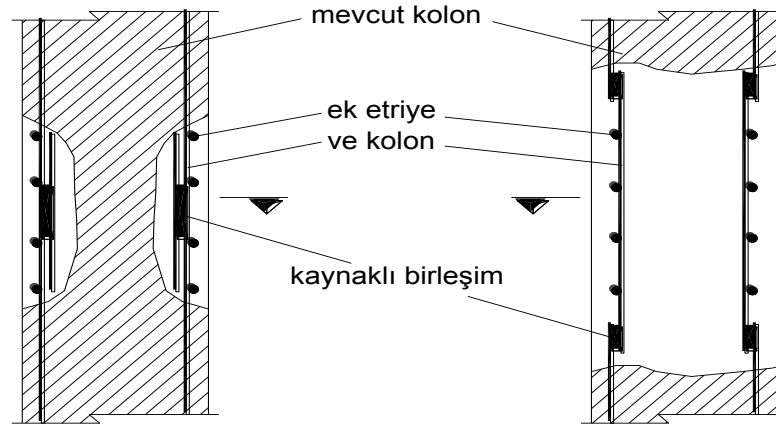
kesit: b-b



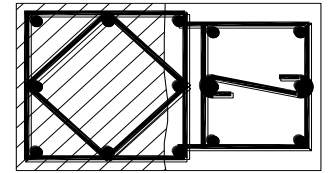
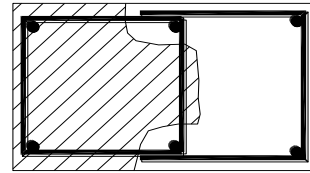
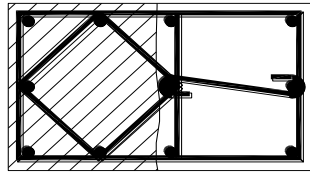
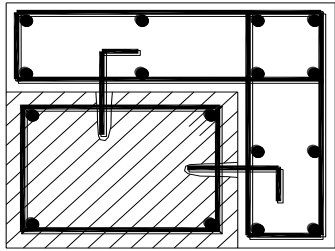
Kolondakine benzer durum var

Perde düzlemi doğrultusunda daha küçük de olsa çekme kuvveti oluşacaktır (b-b kesiti)

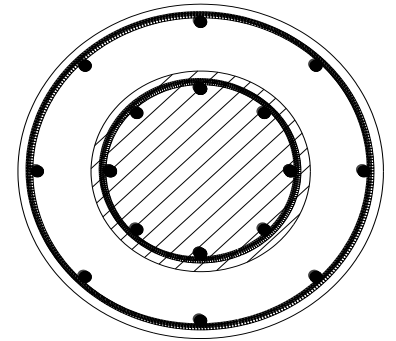
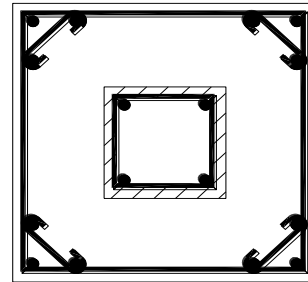
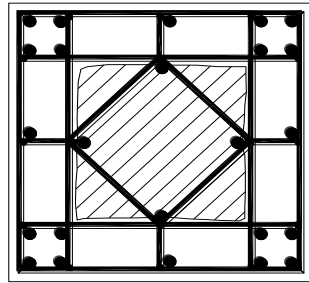
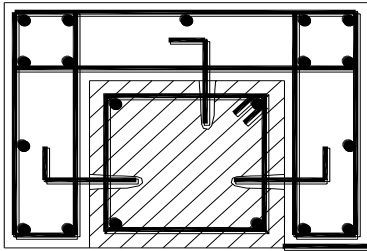
Yeni donatı ekleyerek onarım



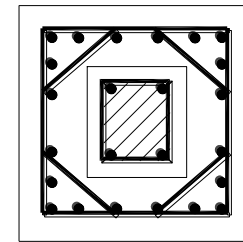
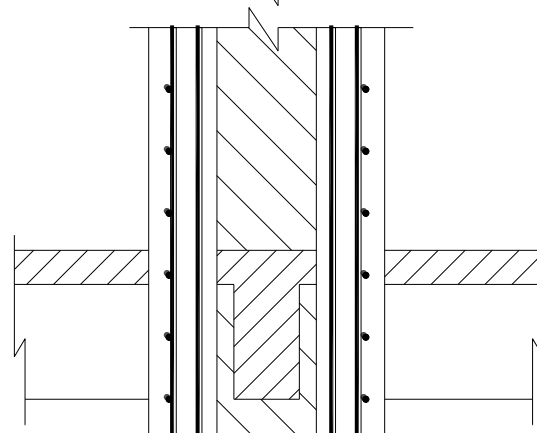
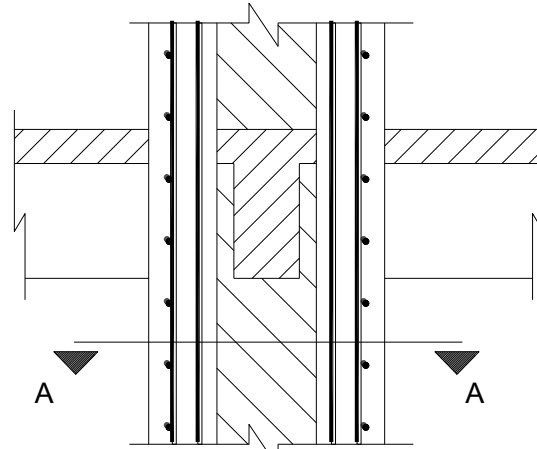
Kolon mantolama



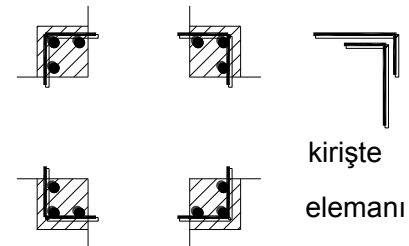
kaynaklı
bağ
elemanı



Katlar arasında mantolamanın devamı

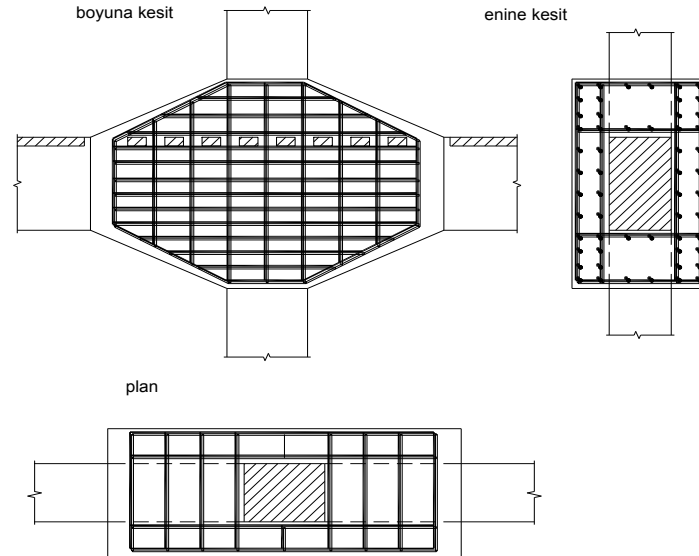


Kesit A - A

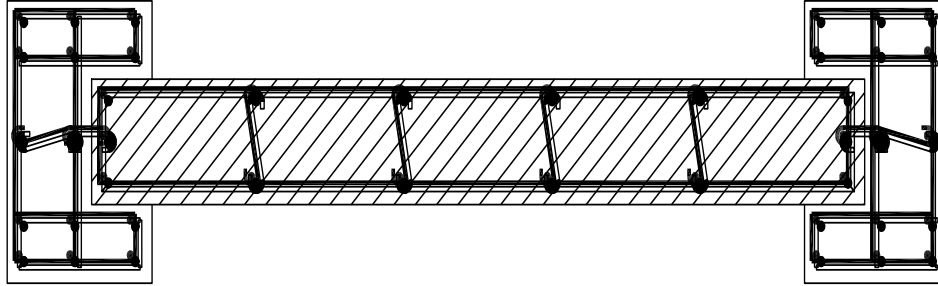


kirişte
elemanı

Birleşim bölgesinin mantolama ile güçlendirilmesi

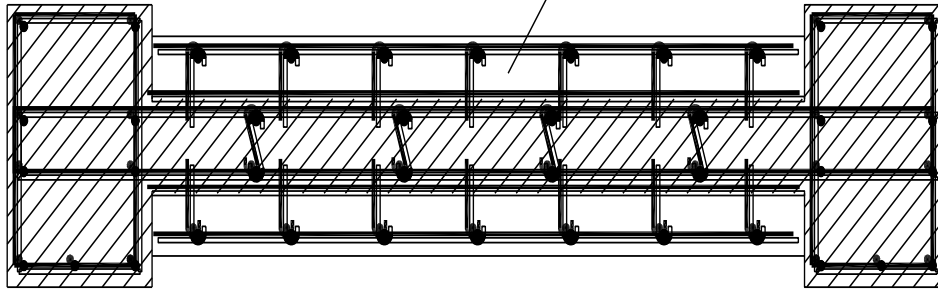


Perdenin güçlendirilmesi



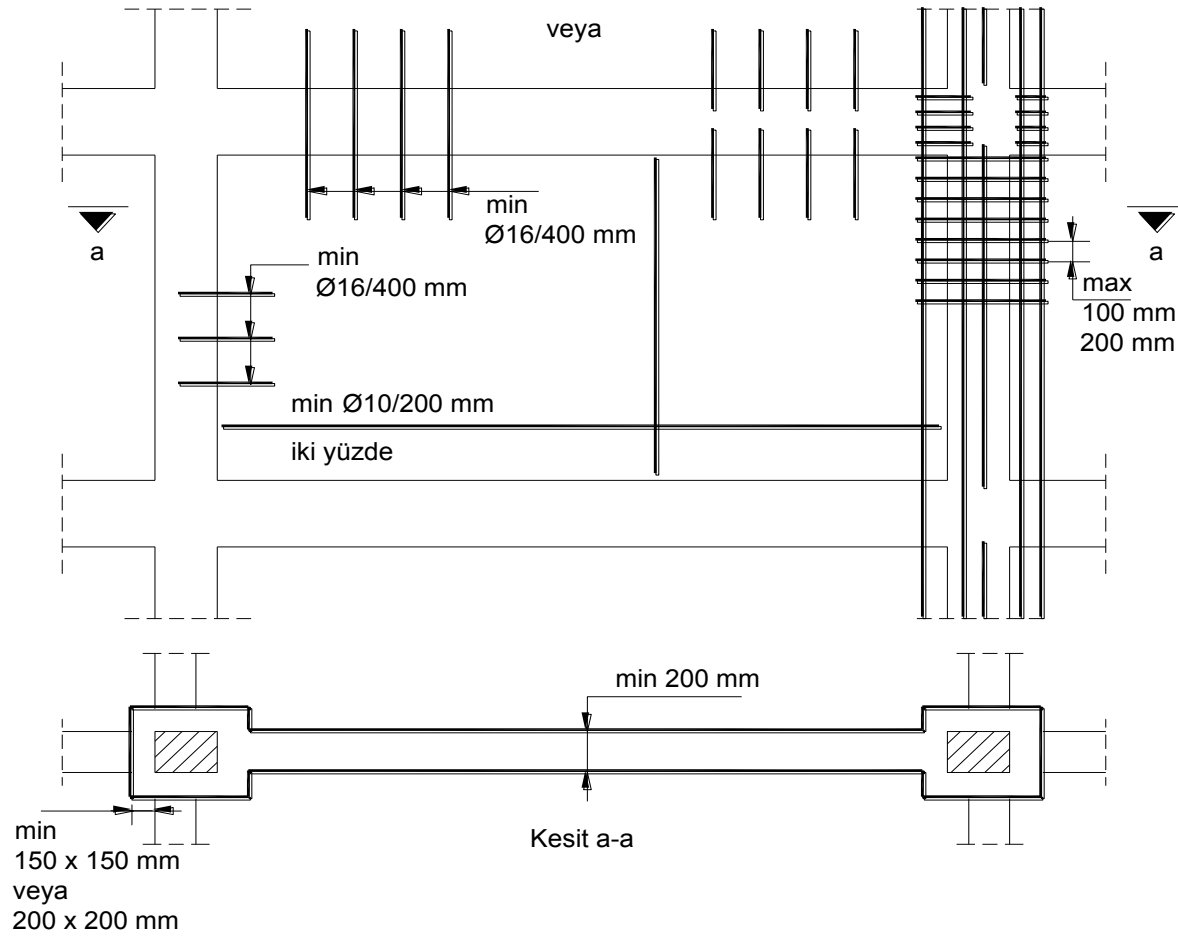
kaynaklı bağ
elemanı

ek perde

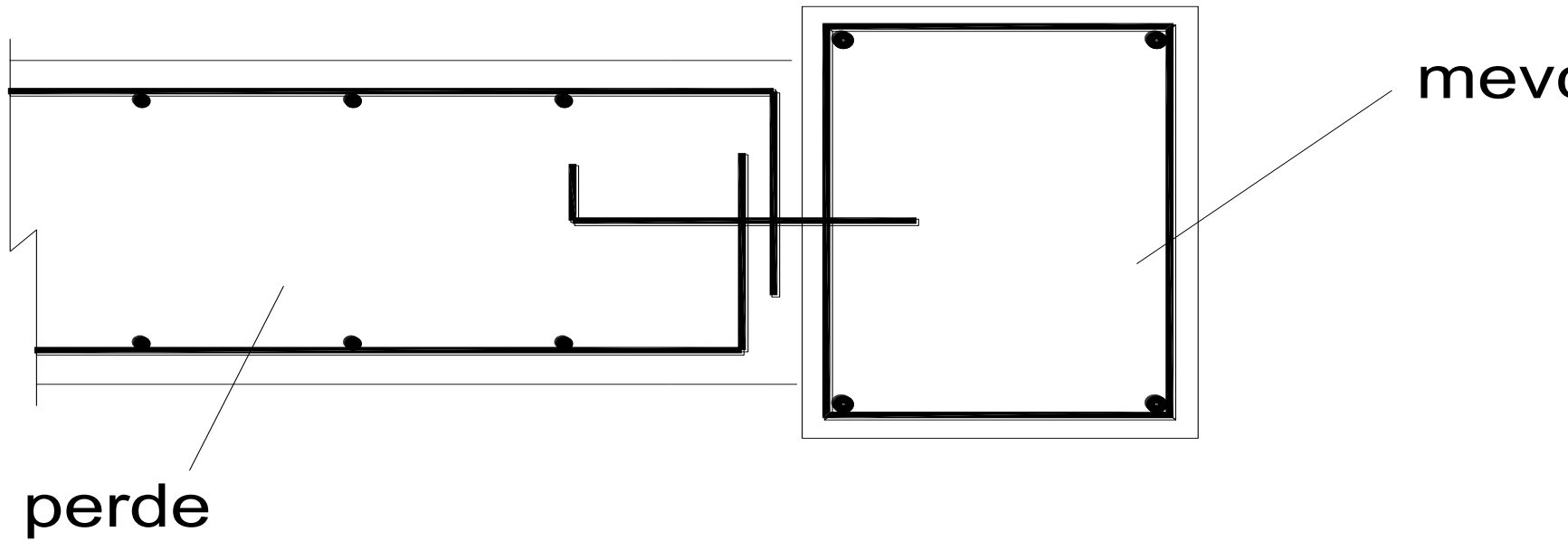


kenetlenme
donatısı

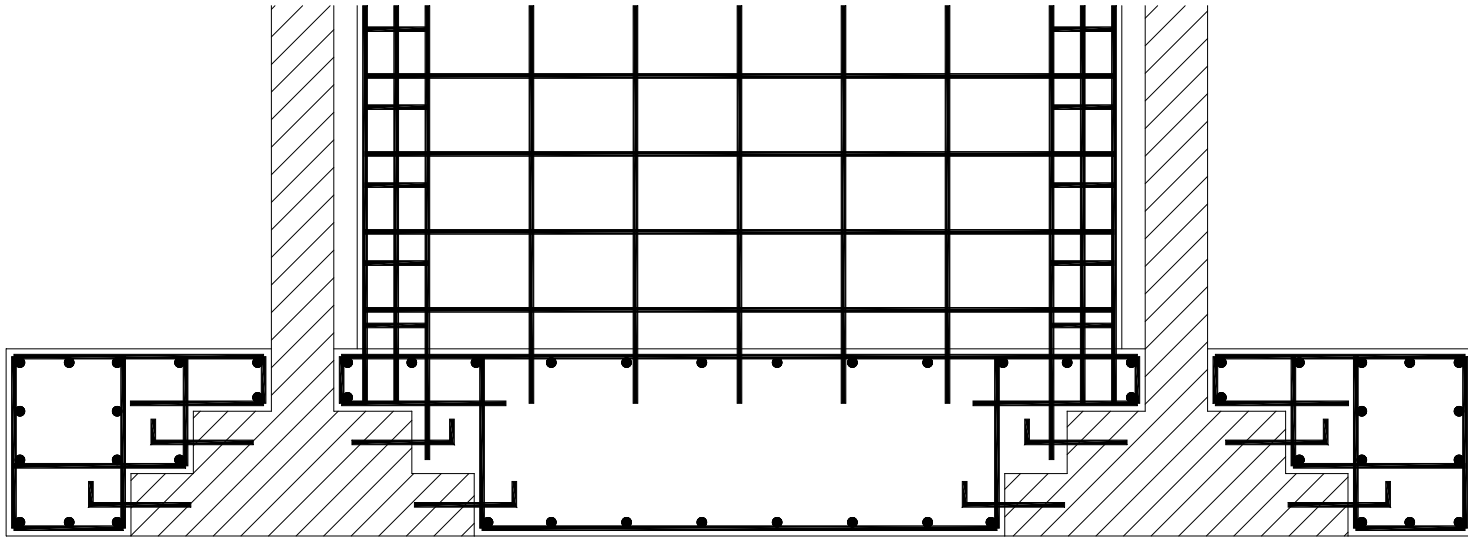
Eksenel perde ilavesi



İlave perde-mevcut kolon



Güçlendirme perdesi temeli



BAZI SONUÇLAR

- **Tasarımın iyi bir donatı düzenlenmesi ile sona ermemesi durumunda, hesabın boşa gittiği söylenebilir.**
- **İyi bir donatı düzenlemesi için, eleman ve sistem davranış bilgisi gerekir.**
- **Profesyonel bir uygulama için Yönetmelik kurallarının gerekçeleri ile bilinmesi gerekir.**
- **Alışılmışın dışında bir tasarım durumunda, uygun donatı düzenlemesi için davranış bilgisi öne çıkar.**

BAZI SONUÇLAR

- Donatı yerleşimi için eleman boyutlarının uygun olması, donatı düzeninin betonlamaya imkan sunması, konstrüksiyon!...
- Kullanılan yazılımların verdiği donatı çizimleri ve detayları genellikle eksik yetersiz olduğundan, yapılacak müdahale ile gerekli düzeltmeler yapılmalıdır.
- Etriye donatılarının şantiye tezgahlarında değil de, uygun makinalar ile hazırlanması önemlidir.
- Yaygın olan tasarım yönteminden vazgeçilmesi (mimari proje tanımlanarak taşıyıcı sistem tasarımının tamamlanması), yapılacak analizler sonucunda elde edilecek elverişsi etkilere göre taşıyıcı elemanların boyutlandırılması ve donatı detaylarının hazırlanması
- Meslek Etiği!..

BAZI KAYNAKLAR

1. TS 500 Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, 2000.
2. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 2007.
3. Betonarme I, 1978, K. Özden.
4. Betonarme, 1985, U. Ersoy.
5. Betonarme Yapılar, 2004, Z. Celep, N. Kumbasar.
6. Betonarme elemanlarda donatı düzenlenmesi, 2006, T. Tankut
7. Betonarmede donatı düzenlenmesi ilkeleri, 2005, N. Kumbasar
8. 1997 Deprem Yönetmeliği'nde betonarme perde, kolon ve kiriş boyutları üzerine bir değerlendirme, İMO İstanbul Bülten, 2004, K. Güler, M. Altan.

İLGİ VE SABRINIZ İÇİN TEŞEKKÜRLER