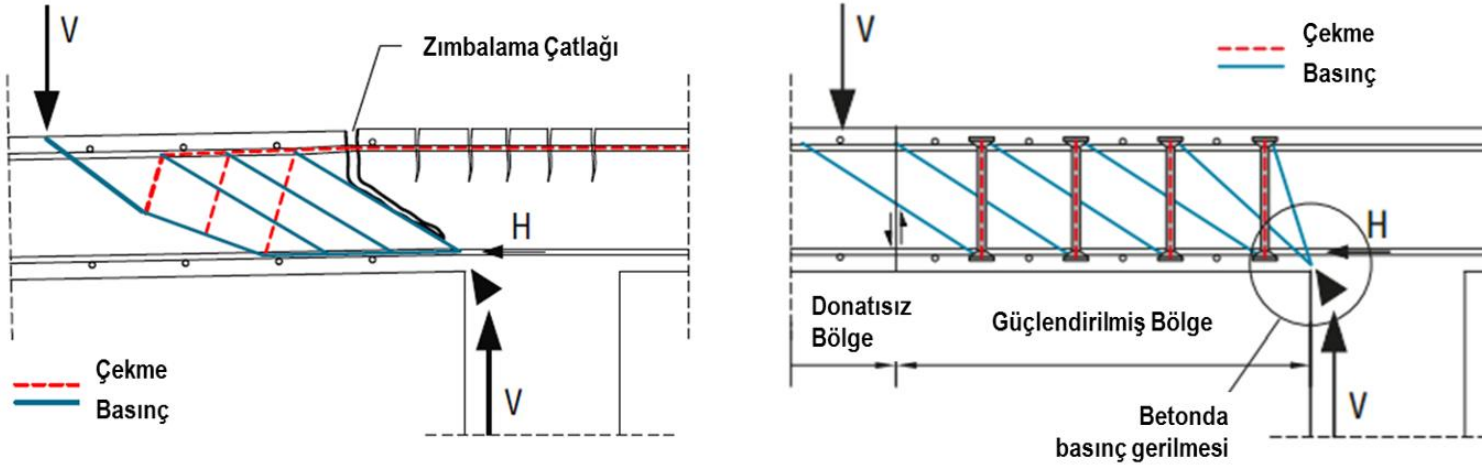


TMMOB İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI İSTANBUL ŞUBESİ

TEKİL SEMİNERLER

Kasım 2017



## Döşeme ve Temelerde Zımbalamaya Dayanıklı Tasarım Üzerine Güncel Yaklaşımlar

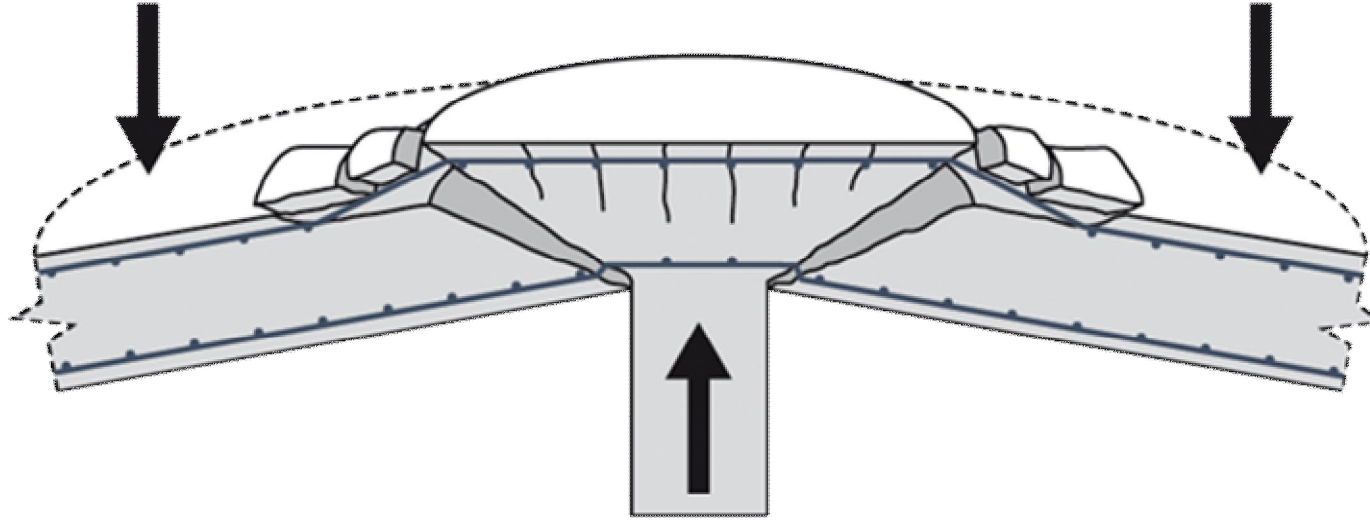
Cem ÖZER, *inş.* Yük. Müh.





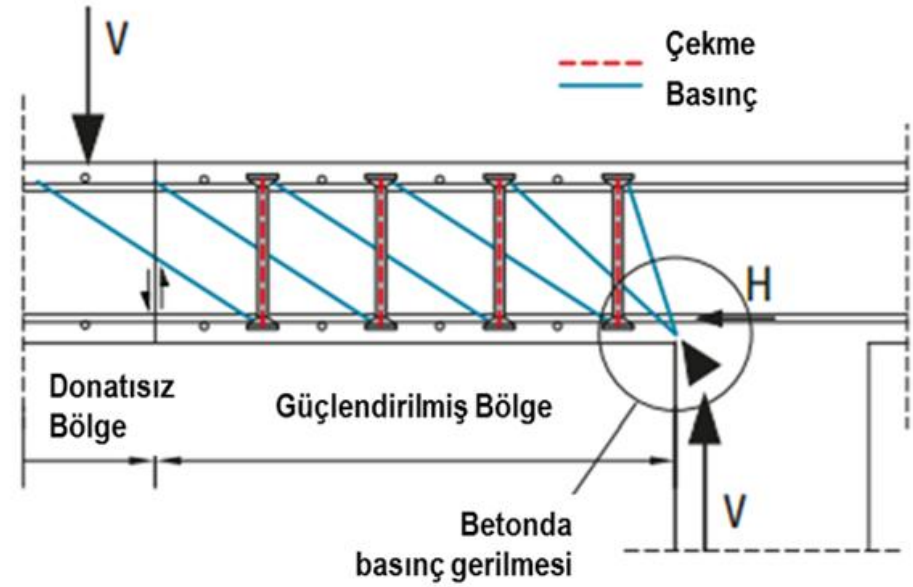
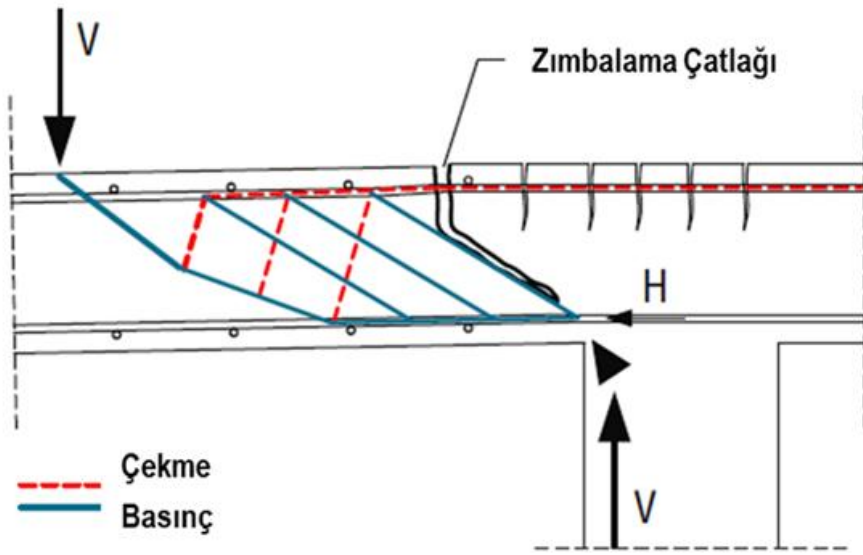


## Zımbalama Etkisi Nedir?



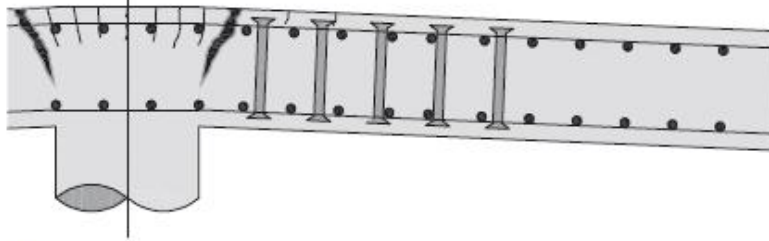
- ✓ Kirişsiz döşeme ve temel plaklarında oluşan bu asal çekme gerilmeleri betonun çekme dayanımını aştığında – asal çekme gerilmelerine dik yönde çatlakların oluşur.
- ✓ Çatlakların oluşması ile birlikte kesme kuvvetini taşıyan betonun dayanımı büyük ölçüde azalır ve KOLON > döşeme veya temel plağını zımbalayarak deler.
- ✓ Bu tür kırılma son derece ani ve gevrekçtir.

## Zımbalamaya karşı nasıl önlem alınır?

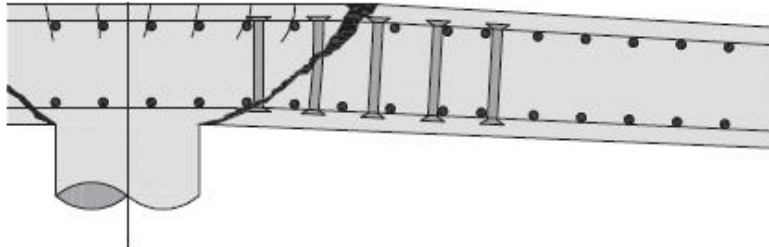


# Göçme Modları

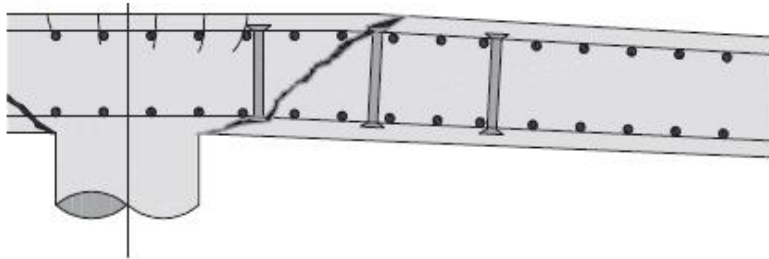
a) eğilme dayanımı



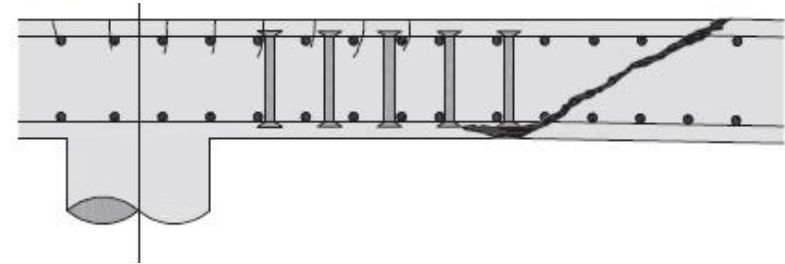
b) kayma donatılarının dayanımı



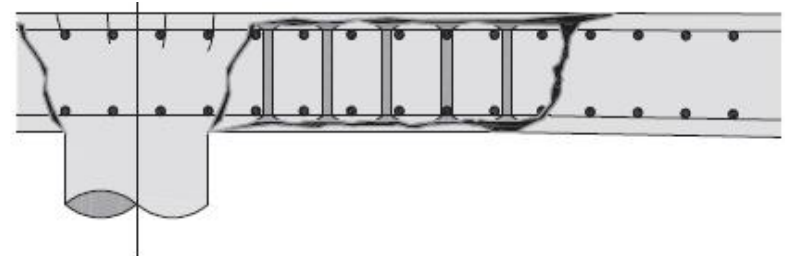
c) kayma donatısı arası mesafe



d) kayma donatılarını yetersiz yayılımı

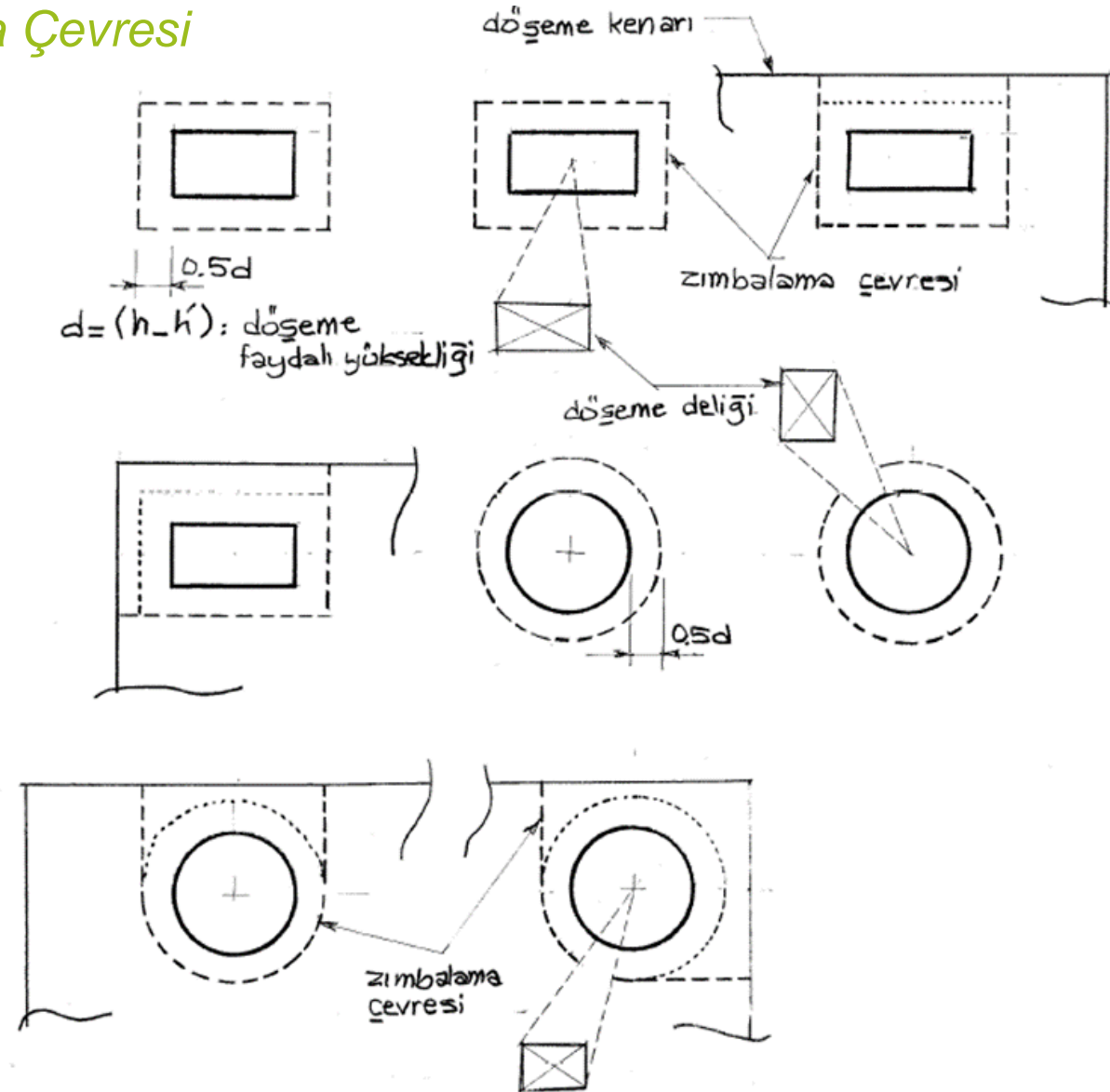


e) Delaminasyon: studların yetersiz boyu



# Döşeme ve Temelerde Zımbalama Hesapları ve Donatı Seçim

## > Zımbalama Çevresi



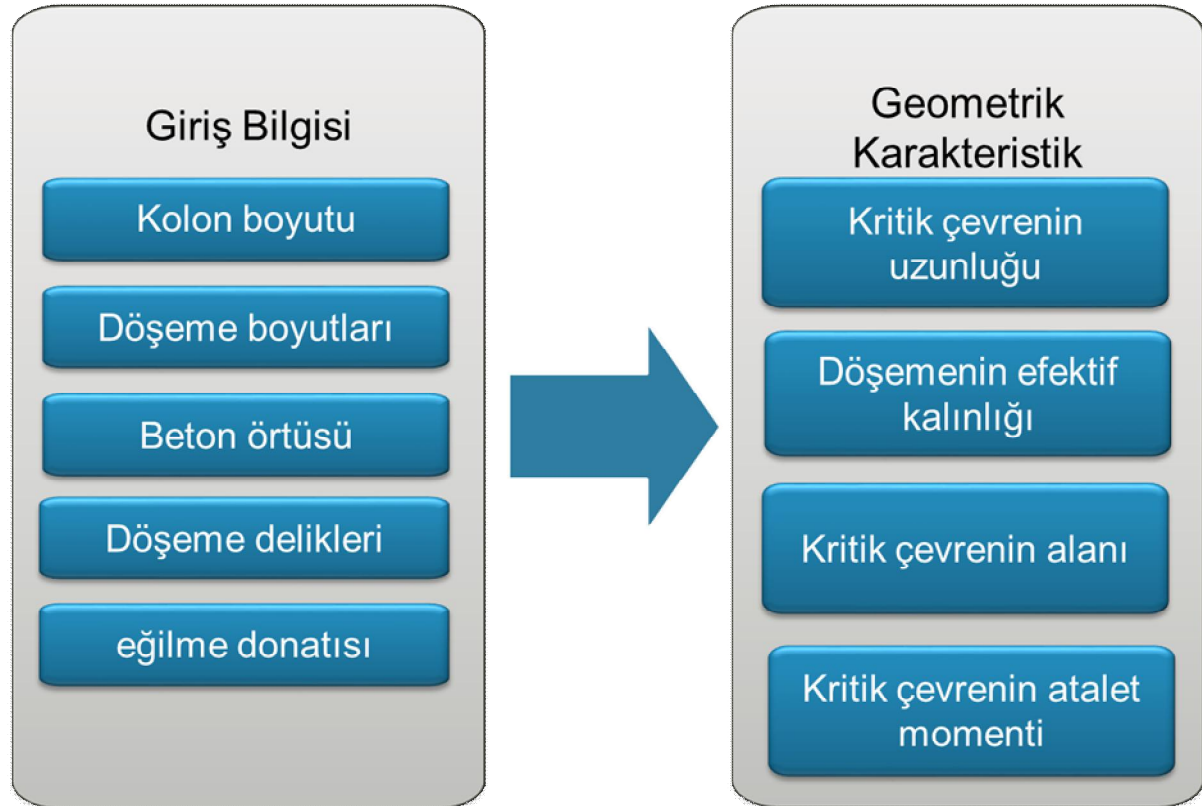


## Döşeme ve Temelerde Zımbalama Hesapları ve Donatı Seçim

### > Zımbalama Çevresinin enkesit karakteristikleri

- i) *Zımbalama alanı*, zımbalama çevresi ile döşeme (plak) faydalı yüksekliğinin çarpımı ile elde edilir.
- ii) *Zımbalama merkezi*, zımbalama çevresinin ağırlık merkezi olarak tanımlanır.

iii) Zımbalama çevresinin (x) ve (y) asal eksenlerine göre *mukavemet momentleri*, kalınlığı döşemenin (d) faydalı yüksekliğine eşit olan bir ince cidarlı enkesitin söz konusu eksenlere göre mukavemet momentleri hesaplanarak bulunur.



## Döşeme ve Temelerde Zımbalama Hesapları ve Donatı Seçim

### > Zımbalama Çevresine Etkiyen İç Kuvvetler

- i. Zımbalama içindeki alana etkiyen döşeme tasarım yükleri (veya temelerde, tasarım yüklemesine karşı gelen zemin gerilmeleri) kolon aksenal yükünden çıkarılarak azaltılmış kolon aksenal kuvveti ( $N_0$ ) hesaplanır.
- ii. Azaltılmış kolon aksenal kuvveti zımbalama merkezine aksenal kuvvet ve olası eğilme momentleri şeklinde aktarılır. Bunun için kolon eksenini ile zımbalama merkezi arasındaki **dış** merkezlikten yararlanılır.
- iii. Kolon aksenindeki eğilme momentlerinin zımbalama çevresinde kayma etkisi ile karşılanan bölümleri hesaplanır. Zımbalama çevresinin enkesit boyutlarına bağlı olarak hesaplanan bu eğilme momentleri, kare veya benzeri enkesitli kolonlar için, TS500 standardında da öngörüldüğü üzere, kolon aksenindeki eğilme momentlerinin 0.40 katına eşittir.
- iv. Yukarıda (ii) ve (iii) maddelerinde hesaplanan eğilme momentlerinin cebrik toplamı ile, zımbalama çevresine etkiyen toplam eğilme momentleri ( $M_{x0}$  ve  $M_{y0}$ ) bulunur.

## Döşeme ve Temelerde Zımbalama Hesapları ve Donatı Seçim

### > Zımbalama Çevresine Etkiyen İç Kuvvetler

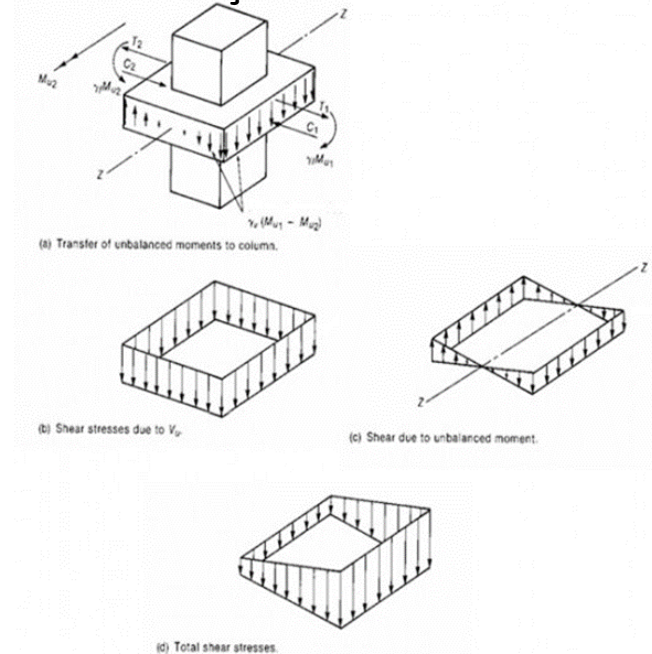
Zımbalama çevresindeki kayma gerilmesi tahkikleri iki şekilde yapılabilir.

- Geleneksel elemanter yöntemlerle,  $N_o$  aksenal kuvveti ve  $M_{x0}$ ,  $M_{y0}$  eğilme momentlerinden dolayı zımbalama çevresinde oluşan maksimum kayma gerilmesi

$$\tau_{\text{maks}} = \frac{N_o}{A} \pm \frac{M_{x0}}{W_{x,\min}} \pm \frac{M_{y0}}{W_{y,\min}}$$

ifadesi ile hesaplanır.

- Döşeme sisteminin, tasarım yükleri altında sonlu elemanlar yöntemi ile analizi yapılarak zımbalama çevresi üzerindeki kayma gerilmeleri hesaplanır.



## Döşeme ve Temelerde Zımbalama Hesapları ve Donatı Seçim

Geometrik  
karakteristik  
[ $u_1, u_0 \dots$ ]

Dayanım

$$V_{Rd,c} < V_{Ed} < V_{Rd,max}$$

Donatı  
boyutlandırma

$V_{Rd,c} \geq V_{Ed}$  → Zımbalama donatısı gerekmez

$V_{Rd,c} < V_{Ed}$  → Zımbalama donatısı gereklidir

$V_{Rd,max} < V_{Ed}$  → Döşemenin maksimum dayanımı aşılmıştır.

## Döşeme ve Temelerde Zımbalama Hesapları ve Donatı Seçim

> *Betonarme kesitin zımbalama dayanımı*

$$\tau_{pd} \leq f_{ctd}$$

## Döşeme ve Temelerde Zımbalama Hesapları ve Donatı Seçim

### > *Zımbalama Donatısının Düzenlenmesi*

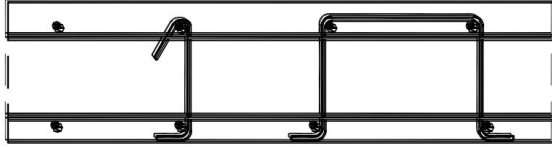
Zımbalama çevresinde hesaplanan  $t_{\text{maks,eff}}$  etkin kayma gerilmesinin

$$f_{\text{ctd}} = \frac{0.35\sqrt{f_{\text{ck}}}}{1.5}$$

tasarım çekme dayanımını aşması halinde, döşeme ve temel plaklarında gerekli zımbalama dayanımının sağlanması amacıyla zımbalama donatısı kullanılır.

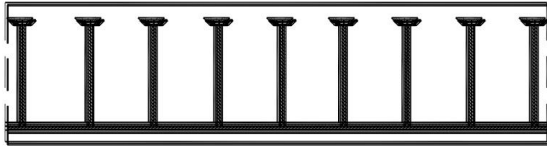
## Döşeme ve Temelerde Zımbalama Hesapları ve Donatı Seçim

### > Betonarme kesitin zımbalama dayanımı



(a) Döşemede ve plak temelde çiroz ve sehpa şeklindeki zımbalama donatısı

$$\tau_{pr} = 0.5f_{ctd} + \rho f_{yd} \leq 1.5f_{ctd}$$



(b) Döşemede ve plak temelde kayma kamaları şeklinde zımbalama donatısı

$$\tau_{pr} = 0.75f_{ctd} + \rho f_{yd} \leq 1.75f_{ctd}$$

## Döşeme ve Temelerde Zımbalama Hesapları ve Donatı Seçim

> *Betonarme kesitin zımbalama dayanımı*

$$\tau_{pr} = 0.5f_{ctd} + A_{wp}f_{yd} / (u_p s) \leq 1.5f_{ctd}$$

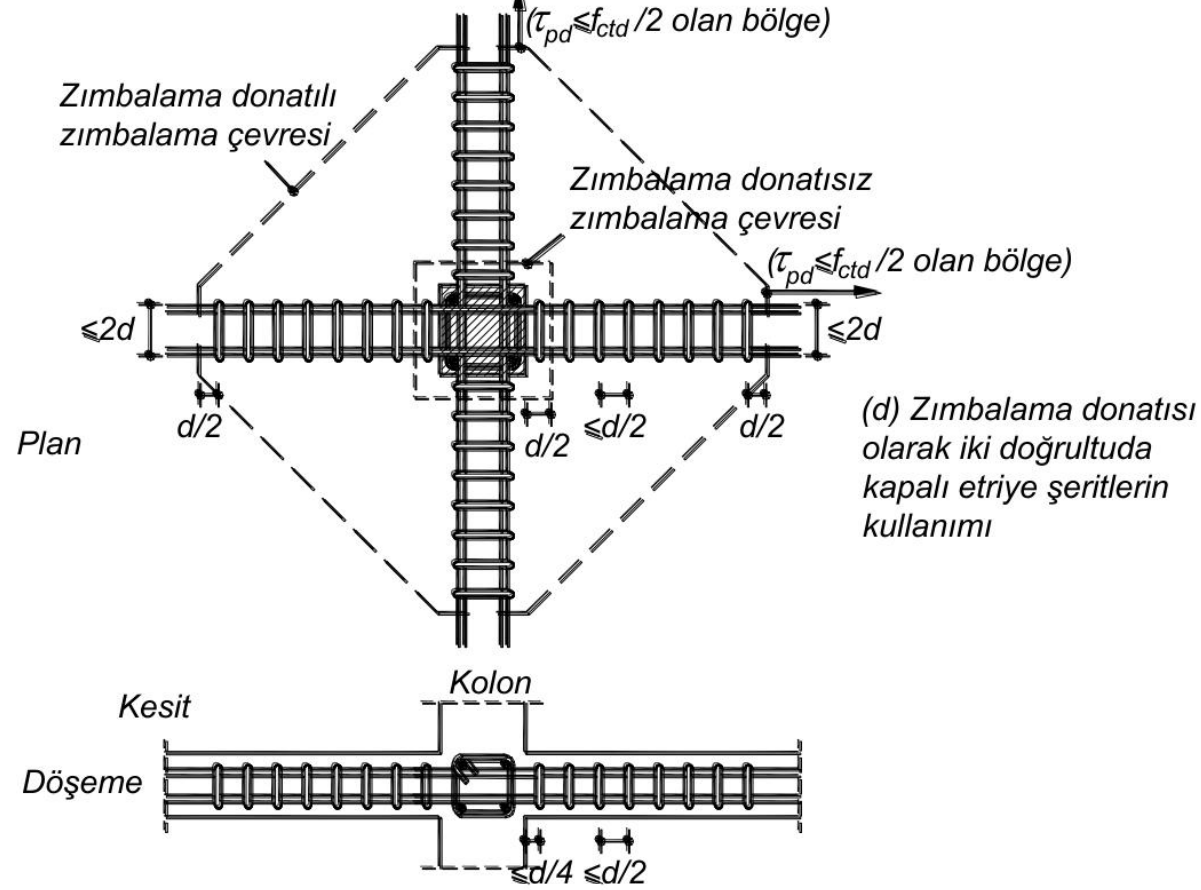
$$\tau_{pr} = 0.75f_{ctd} + A_{wp}f_{yd} / (u_p s) \leq 1.75f_{ctd}$$

Burada  $A_{wp}$ , zımbalama çevresi üzerinde bulunan düşey zımbalama donatılarının (etriye kollarının veya kayma kamalarının) toplam kesit alanıdır. Zımbalama donatıları kolon veya perde yüzünden en fazla  $d/4$  mesafede başlayacak şekilde yerleştirilecek, etriyelerin veya kayma kamalarının arasındaki kolon veya perde yüzeyine dik doğrultudaki mesafe  $d/2$ 'yi aşmayacaktır. Etriye kollarının veya kayma kamalarının arasında kolon veya perde yüzeyine paralel doğrultudaki mesafe  $2d$ 'yi aşmayacaktır



## Döşeme ve Temelerde Zımbalama Hesapları ve Donatı Seçim

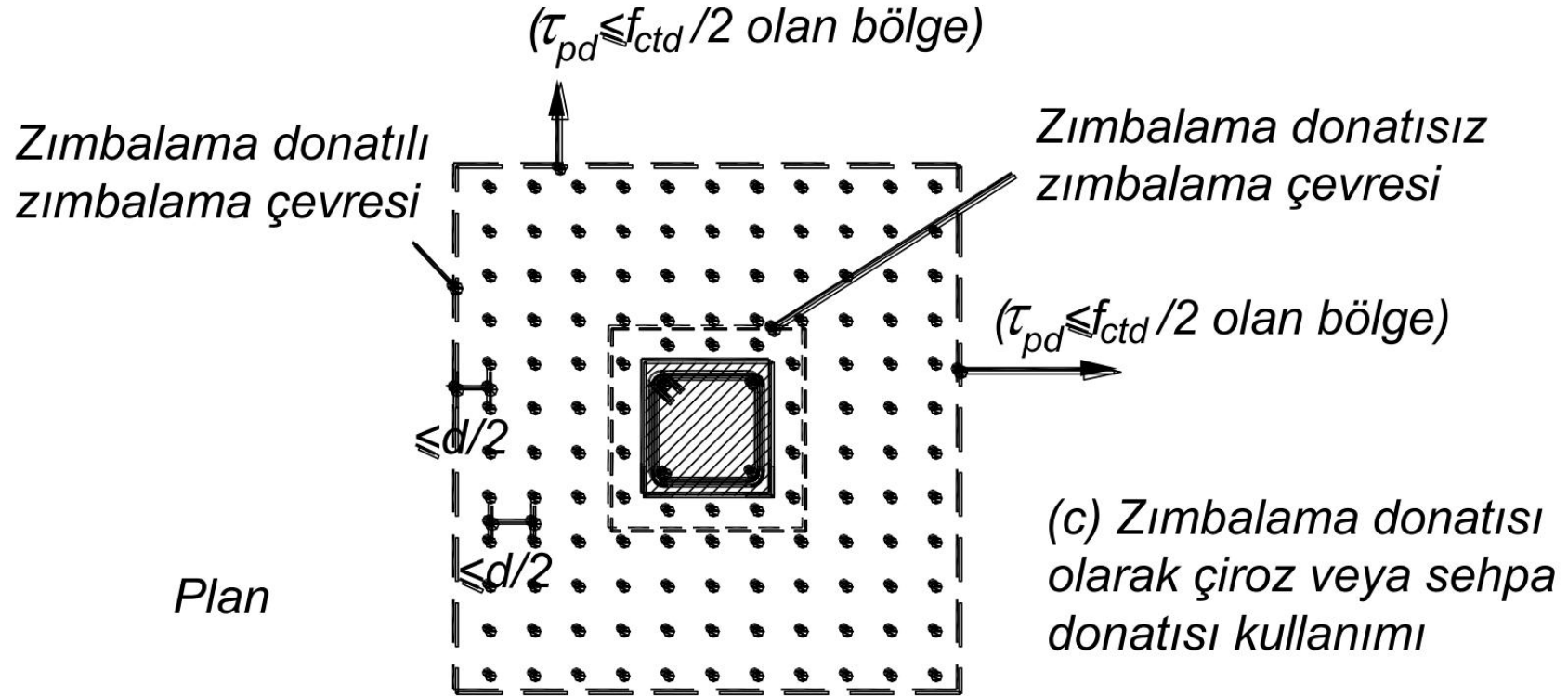
### > Zımbalama Donatısının Düzenlenmesi



$$A_s = \frac{(\tau_{\text{maks,eff}} - 0.5 f_{\text{ctd}}) \times \text{çevre} \times s}{4 \times f_{\text{yd}}}$$

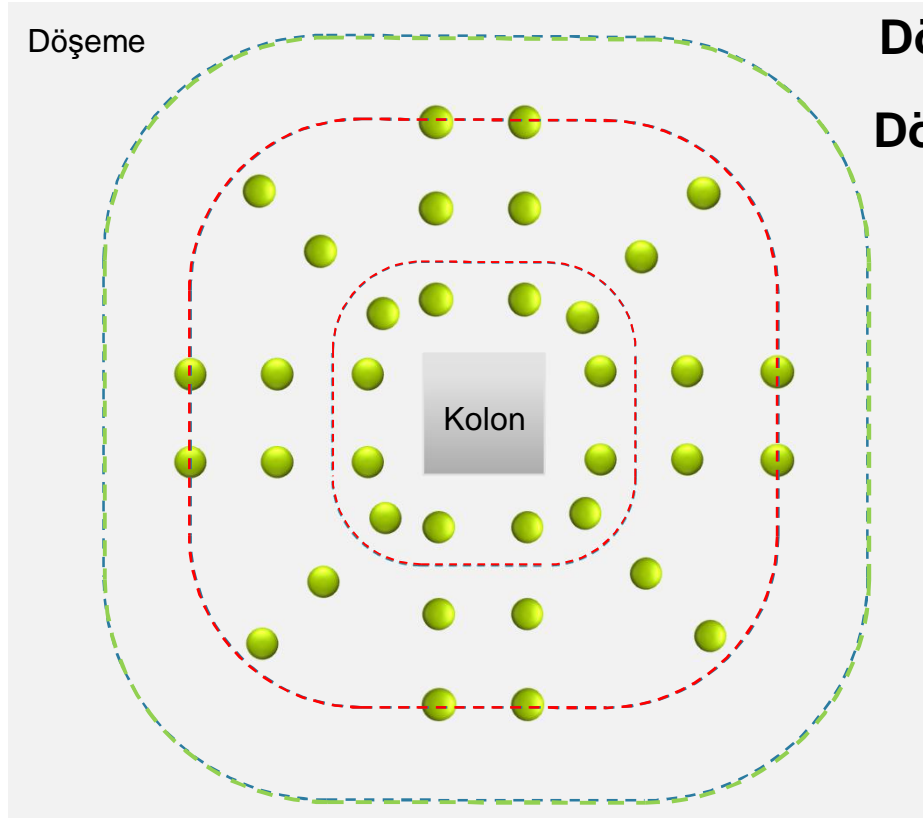
## Döşeme ve Temelerde Zımbalama Hesapları ve Donatı Seçim

### > Zımbalama Donatısının Düzenlenmesi



$$A_s = \frac{(\tau_{\text{maks,eff}} - 0.5 f_{ctd}) \times a \times b}{f_{yd}}$$

# Genel tasarım

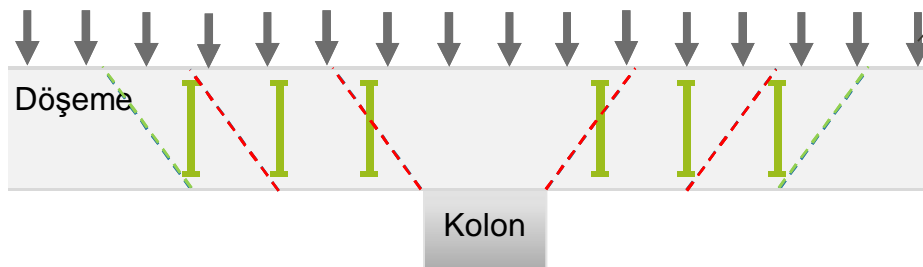


Döşeme Dayanımı  $<$  Zımbalama yükü

Döşeme Dayanımı  $>$  Zımbalama yükü

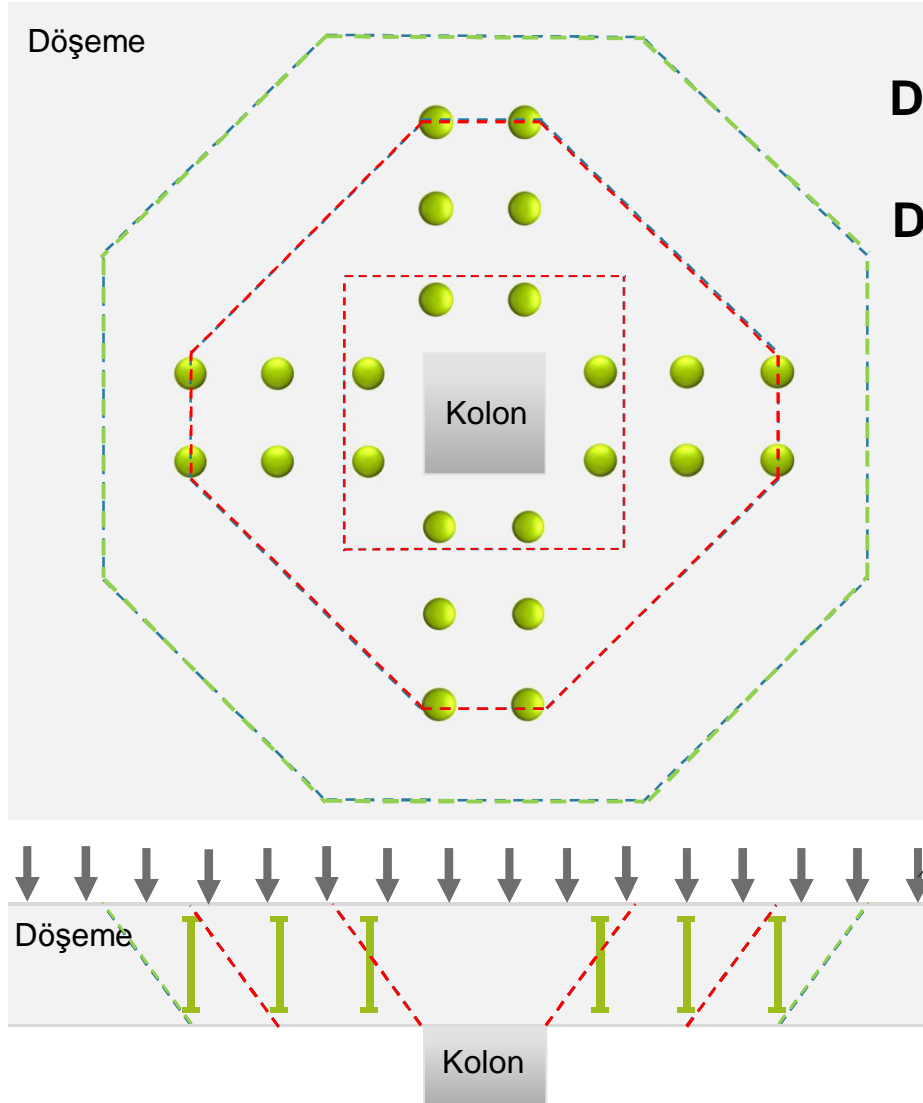
Sonuç:

12xPSB-12/285-3/700



Zımbalama yükü

# Genel Tasarım



**Döşeme Dayanımı < Zımbalama yükü**

**Döşeme Dayanımı > Zımbalama yükü**

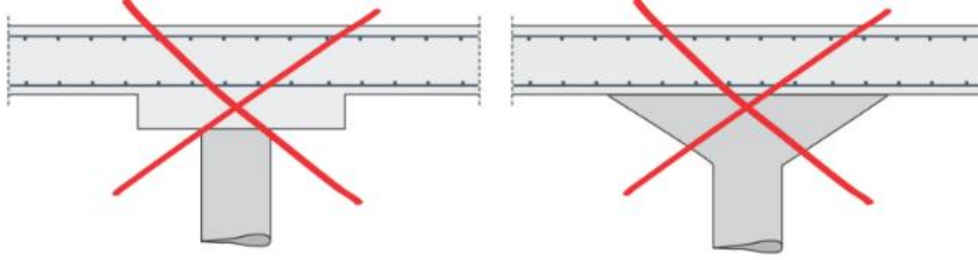
Zımbalama Yükü

# Kayma Kamaları ve Zımbalama Dayanıklı Tasarım

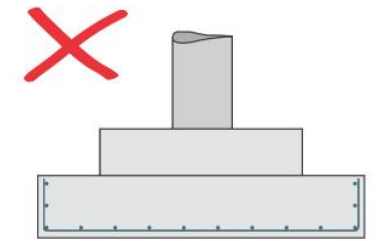
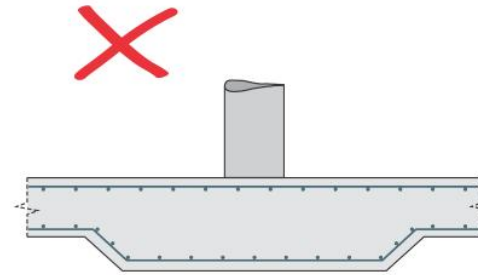
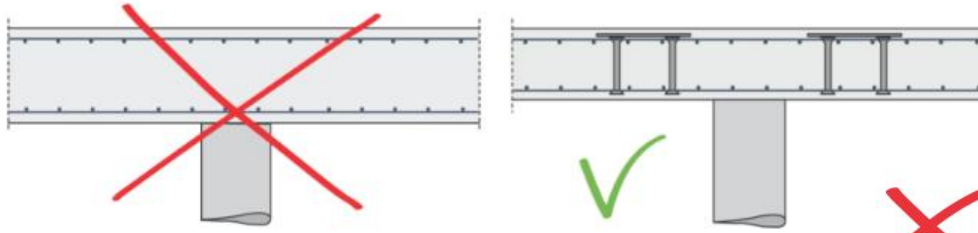


çift başlıklı kayma donatısı

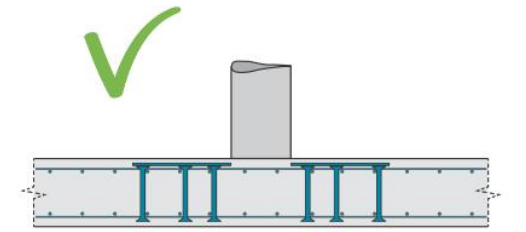
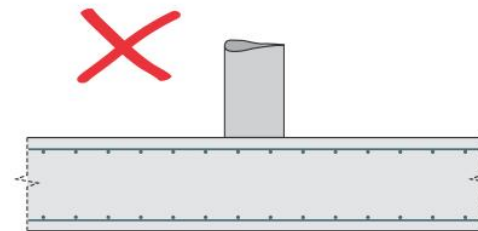
# İnce Plak Döşeme ve Temel Tasarımında Kayma Kamalarının Kullanımı



Kat Döşemeleri



Temeller



# Yerinde Dökme İnce Döşeme Sistemleri



# Neden İnce Döşeme?



**Mekan ve Hacimde esneklik**

**daha az kazı**

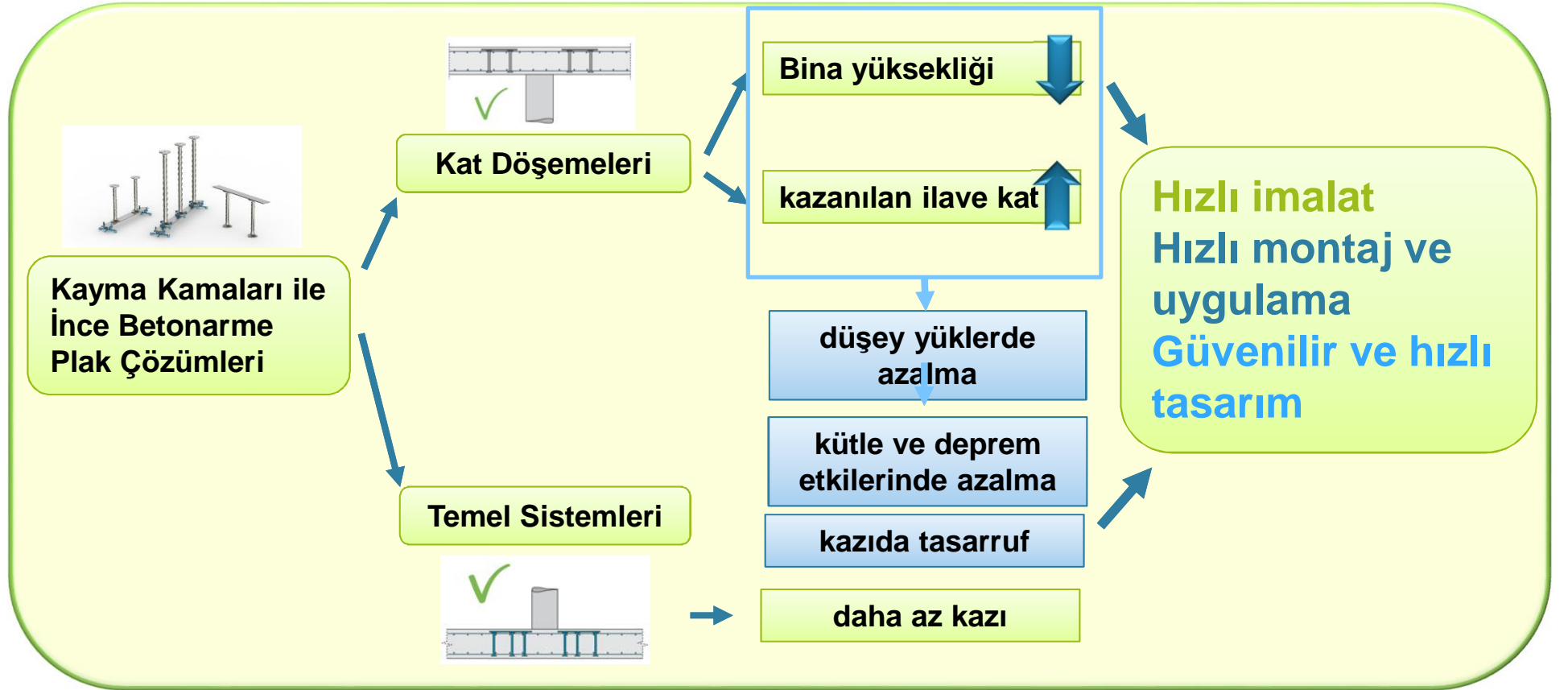
**Yapım Maliyetlerinde tasarruf**



# Kayma Kamaları (video)



# Neden İnce Döşeme Sistemleri?



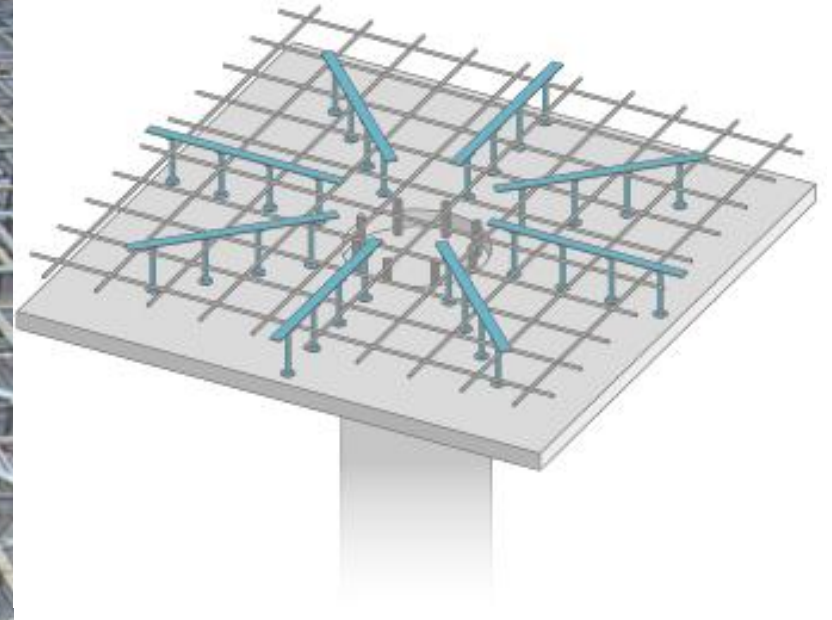
## Yapım ve İşletme Masraflarında Tasarruf

# Neden İnce Döşeme?



**Hızlı İmalat**

# Kayma Kaması kullanımının sağladığı avantajlar



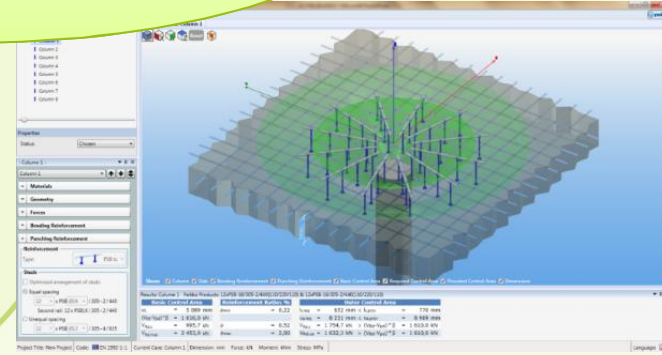
**Hızlı ve Kolay montaj ve kalite kontrol olanağı**

# Kayma Kaması kullanımının sağladığı avantajlar

Onaylı Sistem /Ürün



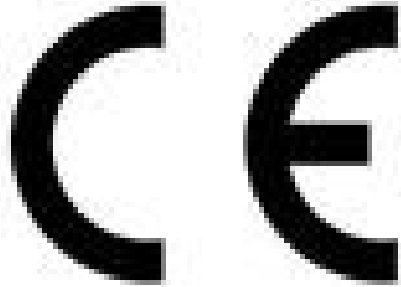
Güvenilir – Hızlı  
Tasarım



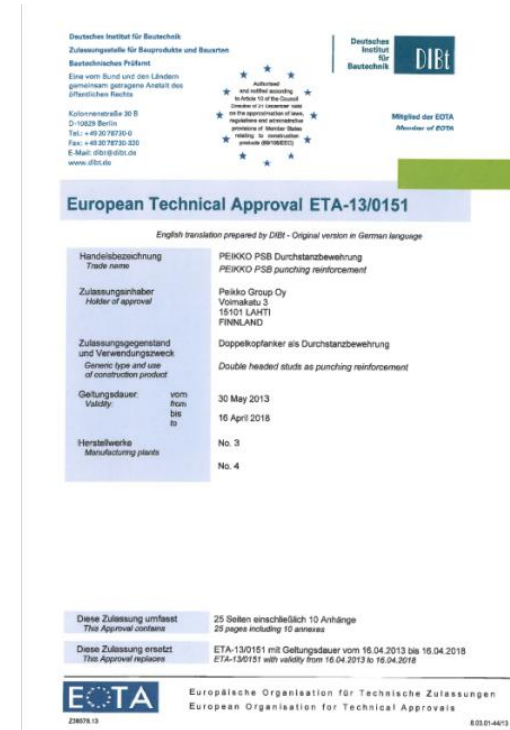
Güncel Yönetmeliklere  
uygun optimize tasarım  
imkanı

Tasarım Araçları

# Kayma Kamalarının Kalite Sertifikasyonu



üretici firmanın ürününün  
Avrupa Birliği Standartları ile  
tam uyumlu olduğunun  
belgesidir



ETA, TS, TS-EN  
Teknik Uygunluk  
Sertifikasyonu

# Kayma Kaması kullanımının sağladığı avantajlar

## Güncel Yazılımlar ile Yönetmeliklere uygun tasarım kolaylığı

FOR PRESENTAION.peikko - Peikko Designer: Punching Reinforcement

Model View: Corner Cases Overview

Corner

Materials

Slab

Concrete Grade: C25/30

Bending Reinforcement: B500B

Geometry

Shape

Dimensions

Slab thickness: 400 mm

a: 600 mm

Slab

Evaluate the influence of the span on factor  $\beta$

Evaluate the influence of the span on  $V_{Rd,max}$

Span  $l_x$ : 6000 mm Span  $l_y$ : 6000 mm

Column penetration depth  $\Delta h$ : 0 mm

Cover of Bending Reinforcement

Top Reinforcement: 30 mm

Bottom Reinforcement: 40 mm

Slab Openings

Forces

Forces

Punching Load: 2000 kN

Dynamic Part: 0 kN

Load Increase Factor  $\beta$

Use Code Default Value

Factor  $\beta$ : 1.15

Bending Reinforcement

Reinforcement

by Actuals

$\phi_x$ :  $\phi_20$   $\phi_y$ :  $\phi_20$

$c/c_x$ : 120 mm  $c/c_y$ : 120 mm

by Areas

$A_{sx}$ : 2618 mm<sup>2</sup>/m  $A_{sy}$ : 2618 mm<sup>2</sup>/m

$d_x$ : 360 mm  $d_y$ : 340 mm

by Ratios

$\rho_x$ : 0.73 %  $\rho_y$ : 0.77 %

$d_x$ : 360 mm  $d_y$ : 340 mm

Punching Reinforcement

Reinforcement

Type: PSB tr

Studs

Optimized arrangement of studs

2/3 system elements

8 x PSB  $\phi_25$  / 335 - 2 / 520

Second rail: 8 x PSB25 / 335 - 3 / 780

Complete elements

8 x PSB  $\phi_25$  / 335 - 5 / 1300 /

3D Model View: Corner

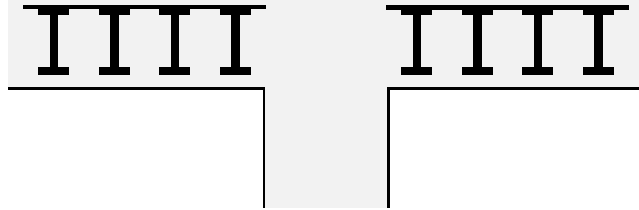
Show:  Column  Slab  Bending Reinforcement  Punching Reinforcement  Basic Control Area  Required Control Area  Provided Control Area  Dimensions

Results: Corner Peikko Products: 8xPSB-25/335-5/1300(130/260/3\*260/130)

Basic Control Area		Reinforcement Ratios %		Outer Control Area	
$U_1$	= 6,283 mm	$\rho_{min}$	= 0.52	$l_{s,req}$	= 1,045 mm < $l_{s,prov}$ = 1,170 mm
$V_{Ed} \cdot \beta$	= 2,300.0 kN	$\rho_{req}$	= 0.65	$U_{out,req}$	= 11,750 mm < $U_{out,prov}$ = 12,535 mm
$V_{Rd,c}$	= 1,230.1 kN	$\rho$	= 0.75	$V_{Rd,c,out}$	= 2,454.1 kN > $V_{Ed} \cdot \beta_{red}$ = 2,300.0 kN
$V_{Rd,max}$	= 2,411.0 kN	$\rho_{max}$	= 1.92	$V_{Rd,sy}$	= 2,969.4 kN

# Kayma Kaması Uygulama Alanları

Kat Döşemeleri



Temeller

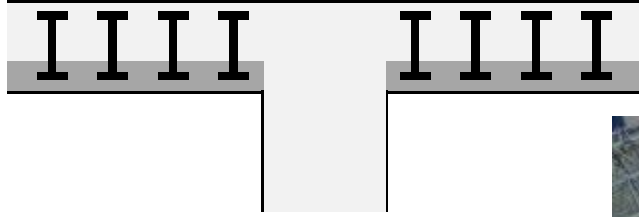
- Radye
- Tekil





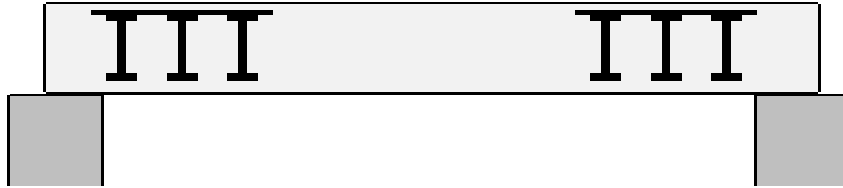
# Kayma Kaması Uygulama Alanları

## Filigran Döşemeler

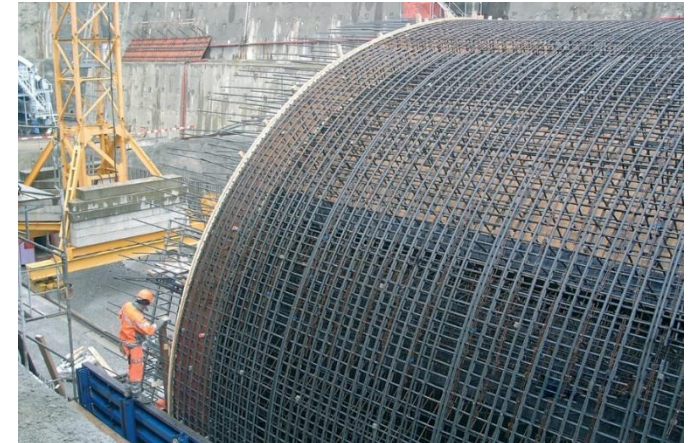
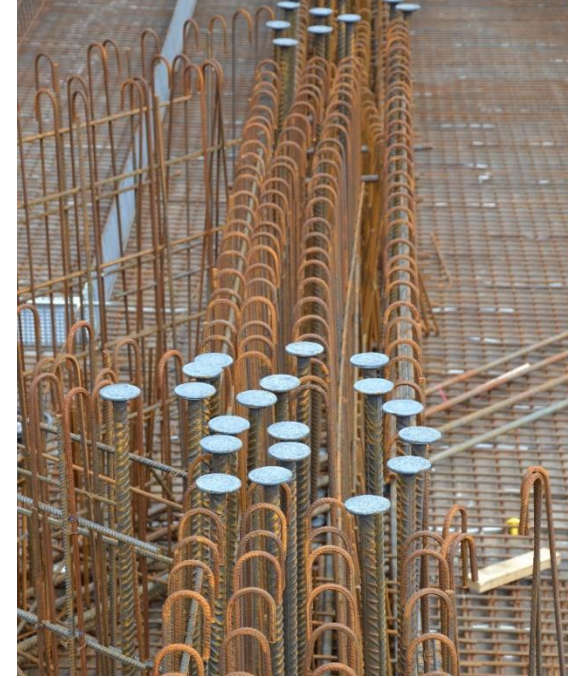
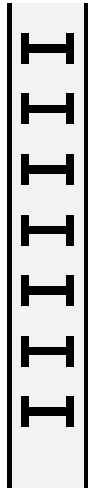


# Kayma Kaması Uygulama Alanları

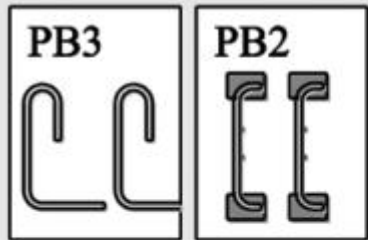
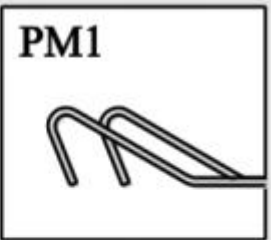


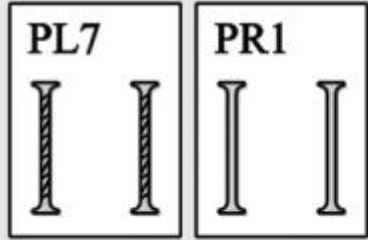
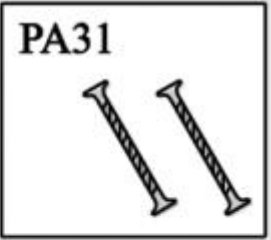
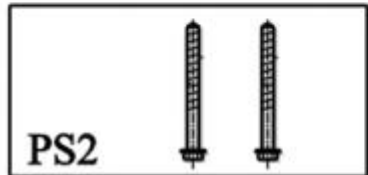
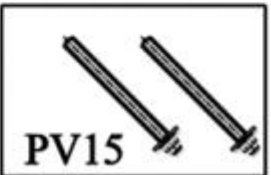
## Betonarme Kirişler



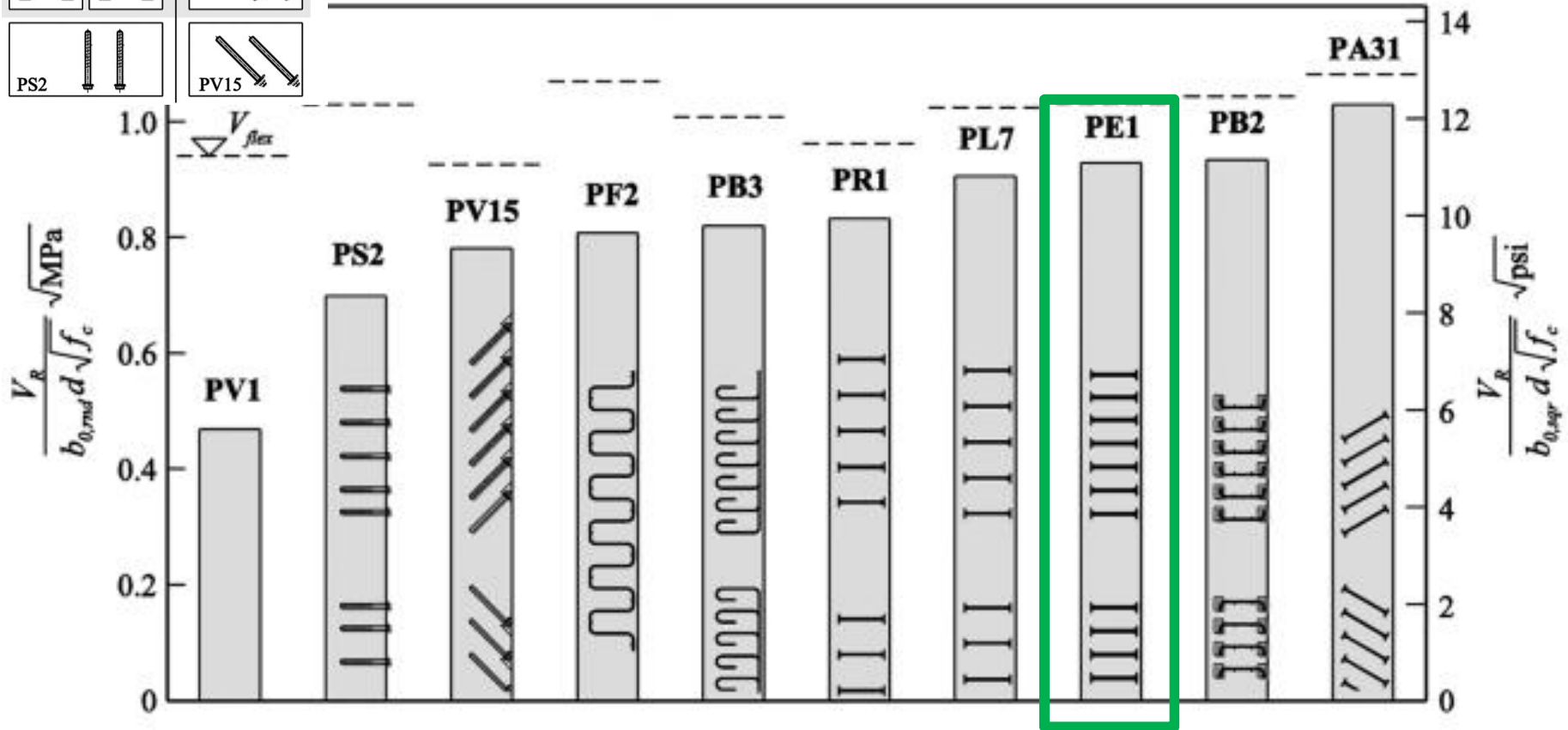
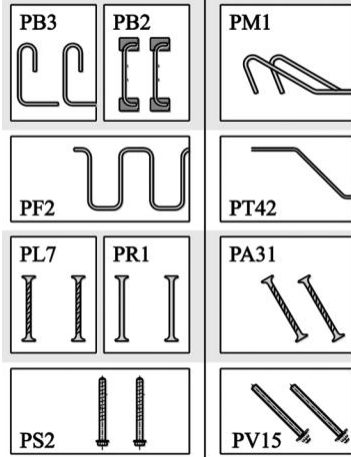
## Betonarme Perdeler



# Döşemelerin Kayma Donatısı ile Maksimum Dayanımları

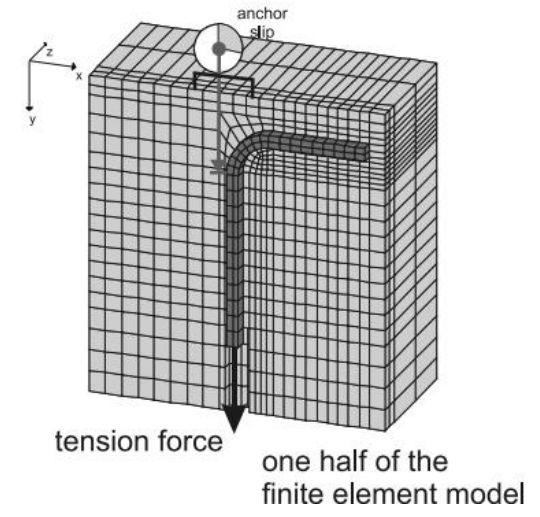
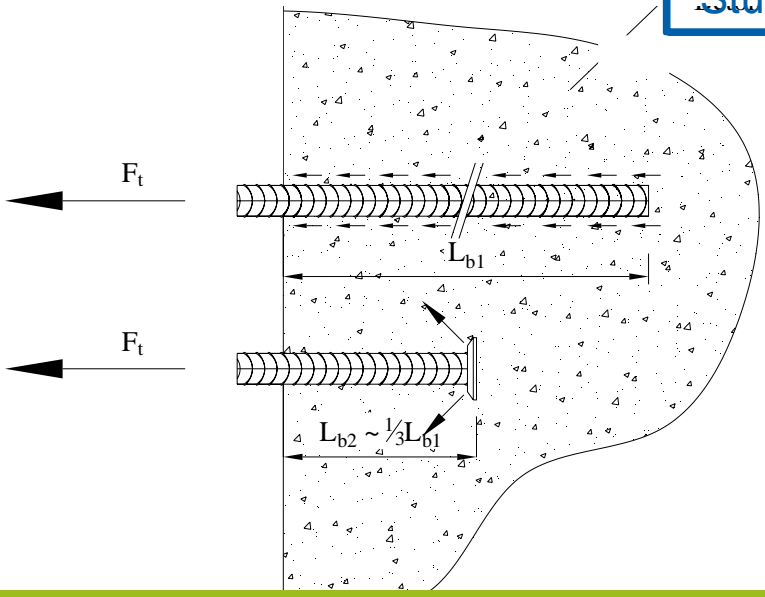
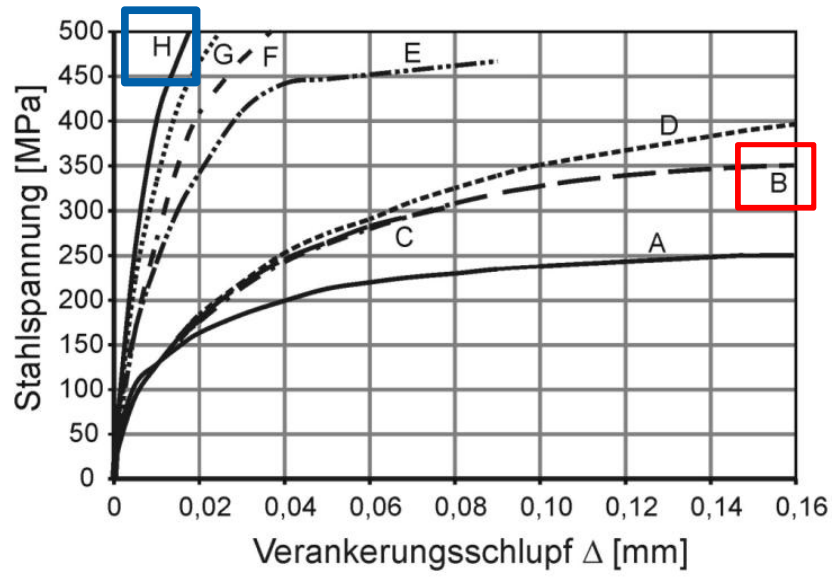
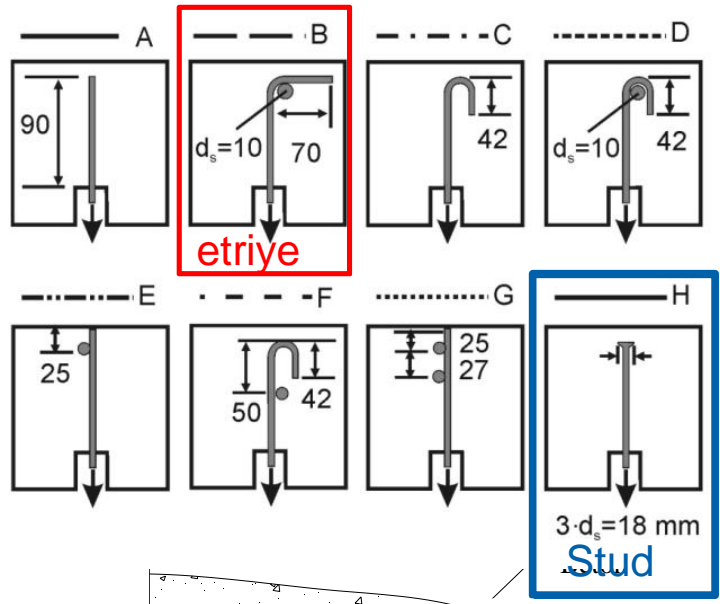
	dikey	eğik
tekil bağ donatıları	 <p>PB3 PB2</p>	 <p>PM1</p>
sürekli bağ donatıları	 <p>PF2</p>	 <p>PT42</p>
kayma kamaları	 <p>PL7 PR1</p>	 <p>PA31</p>
sonradan uygulanan ankrajlar	 <p>PS2</p>	 <p>PV15</p>

# Döşemelerin Kayma Donatısı ile Maksimum Dayanımları



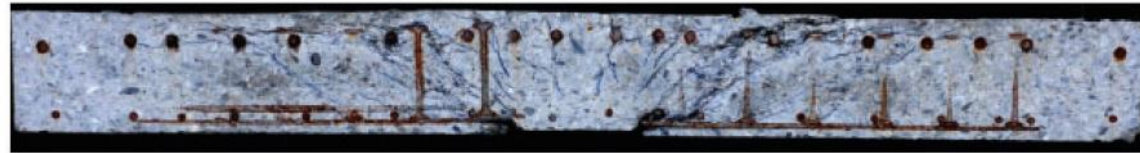
EINPAUL J.; BRANTSCHEN F.; MIGUEL FERNÁNDEZ RUIZ M.; MUTTONI A.; Performance of Punching Shear Reinforcement under Gravity Loading: Influence of Type and Detailing. In: ACI Structural Journal/July-August 2016

# Ankraj en kritik nokta...



# Eurocode ile ETA 13/0151 karşılaştırması

# ETA 13/0151 – Zemin döşemesi testleri



a) Slab PP1

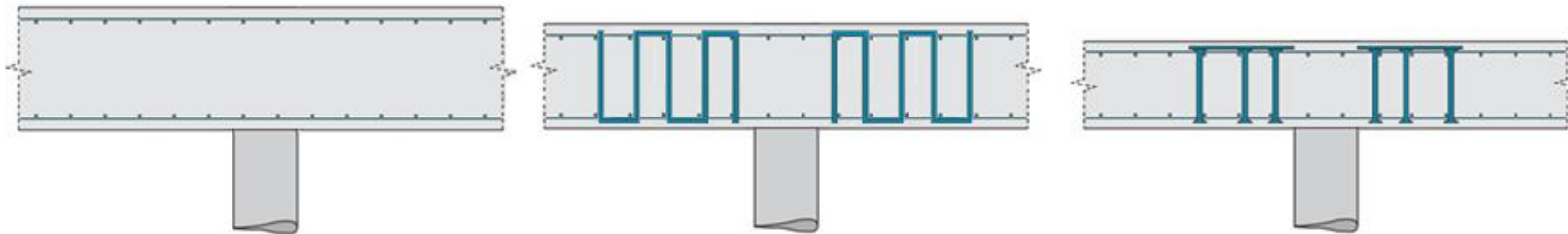


b) Slab PP2

# Eurocode ile ETA 13/0151 karşılaştırması

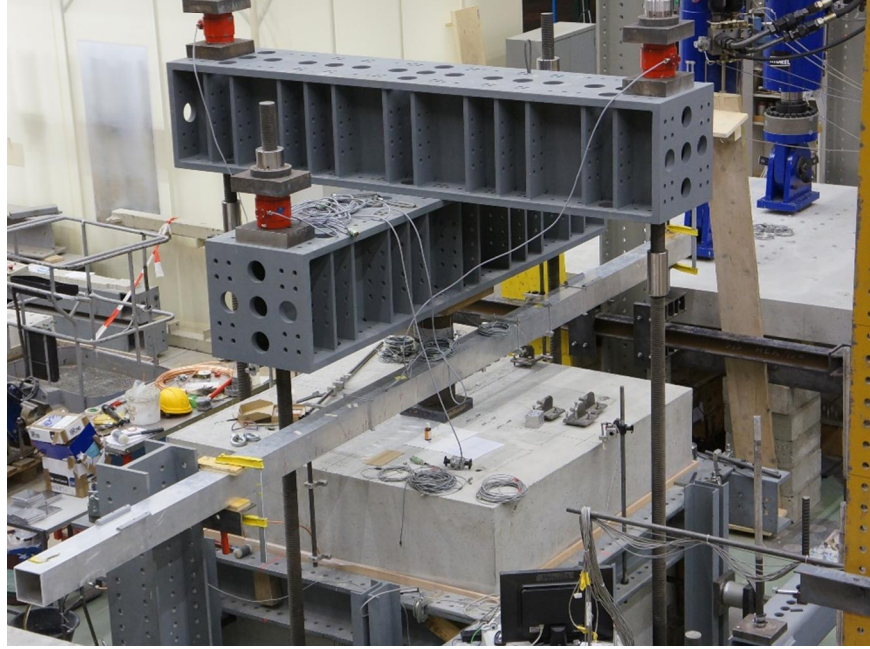
## Daha yüksek dayanım = Tasarım Avantajı

EN 1992-1-1/A1:2014	ETA 13/0151
$V_{Ed} \leq V_{Rd,max} = 0,4 \cdot \vartheta \cdot f_{cd} \cdot u_0 \cdot d$ $V_{Rd,cs} \leq k_{max} \cdot v_{Rd,c} \cdot u_1 \cdot d$	$V_{Ed} \leq V_{Rd,max} = k_{max} \cdot v_{Rd,c} \cdot u_1 \cdot d$
$k_{max} = 1,5$ – kat döşemesi - temel	$k_{max} = 1,96$ - kat döşemesi





# ETA 13/0151 – Temel Testleri

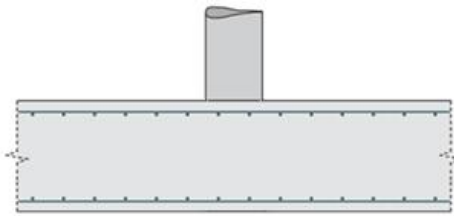


# Eurocode ile ETA 13/0151 karşılaştırması

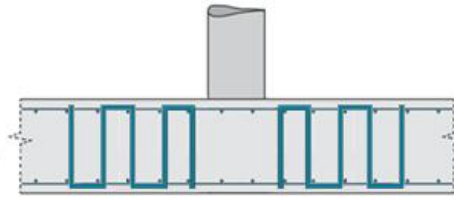
## Temel elemanlarında daha yüksek dayanım

EN 1992-1-1/A1:2014	ETA 13/0151
$V_{Ed} \leq V_{Rd,max} = 0,4 \cdot \vartheta \cdot f_{cd} \cdot u_0 \cdot d$ $V_{Rd,cs} \leq k_{max} \cdot v_{Rd,c} \cdot u_1 \cdot d$	$V_{Ed} \leq V_{Rd,max} = k_{max} \cdot v_{Rd,c} \cdot u_1 \cdot d$
$k_{max} = 1,5$ – kat döşemesi - Temel	$k_{max} = 1,62$ - Temel

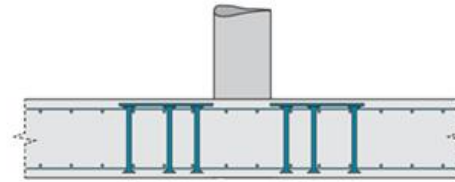
# Eurocode ile ETA 13/0151 karşılaştırması



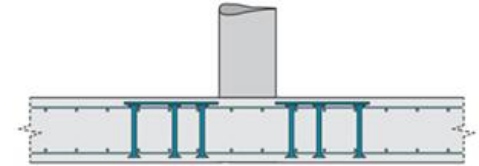
**zımbalama  
donatısız**



**Etriye ile**



**Kayma Kamaları**



**ETA 13/0151  
Belgeli Kayma  
Kamaları**

# Uygulama Örnekleri: Kamu Binaları

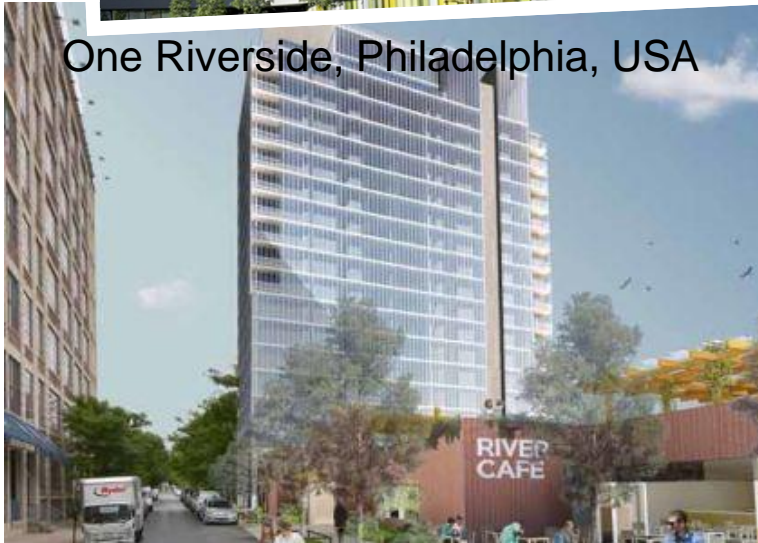
ADAC Center, Munich



Vienna Mitte



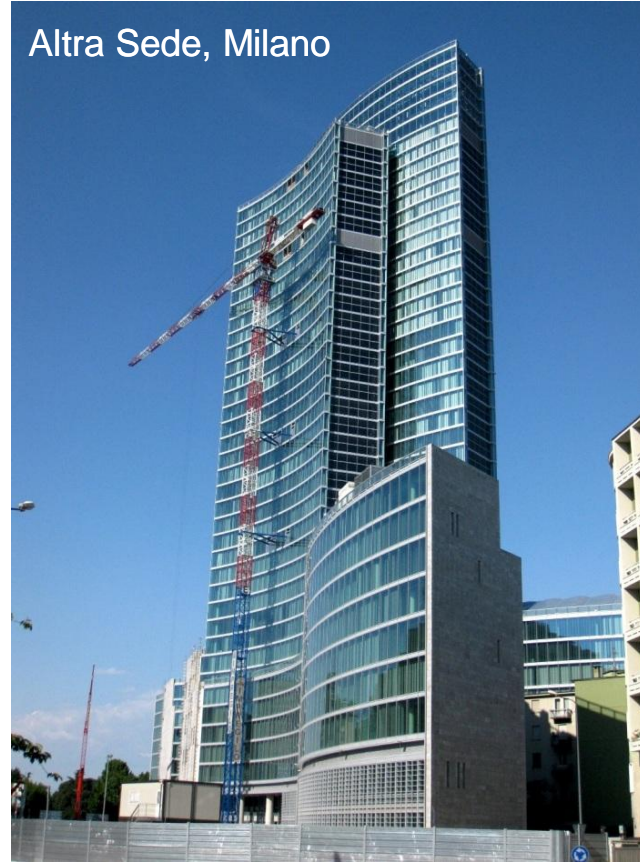
One Riverside, Philadelphia, USA



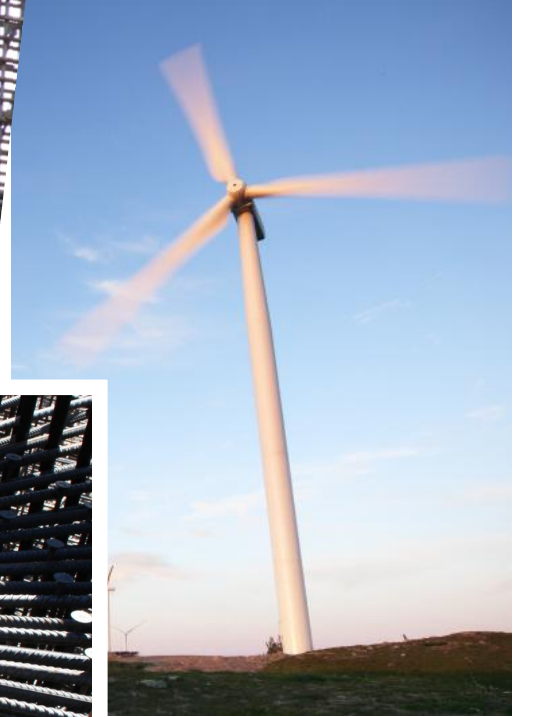
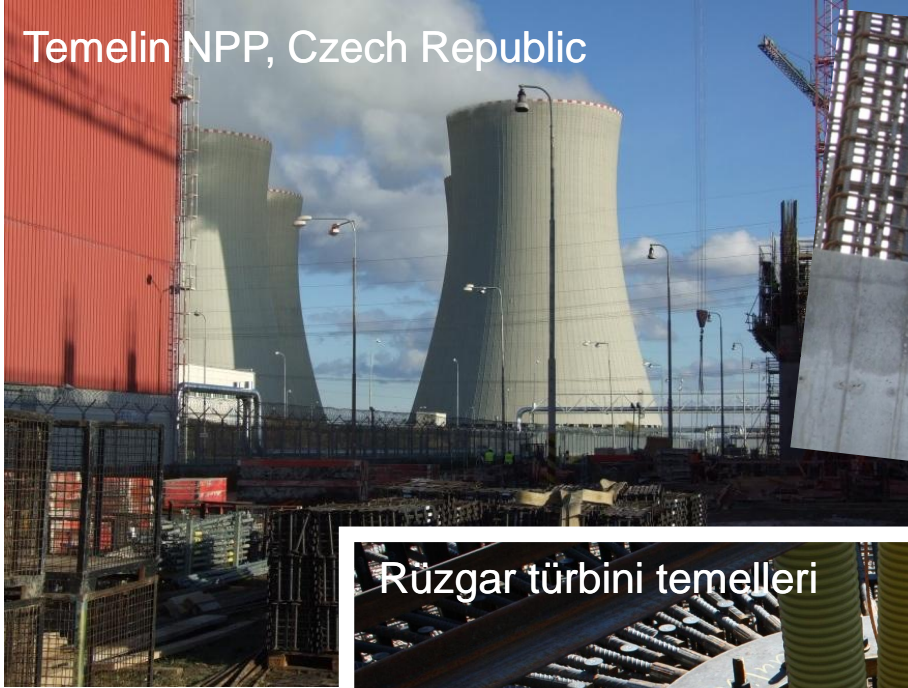
Statoil Sandstøl, Norway



# Uygulama Örnekleri: Yüksek Binalar



# Uygulama Örnekleri: Enerji Sektörü



# İlginiz için teşekkür ederim!

Sorularınız , yorumlarınız ve iletişim için:

[cem@statica.com.tr](mailto:cem@statica.com.tr)

[cem.ozer@peikko.com](mailto:cem.ozer@peikko.com)

[www.peikko.com](http://www.peikko.com)