

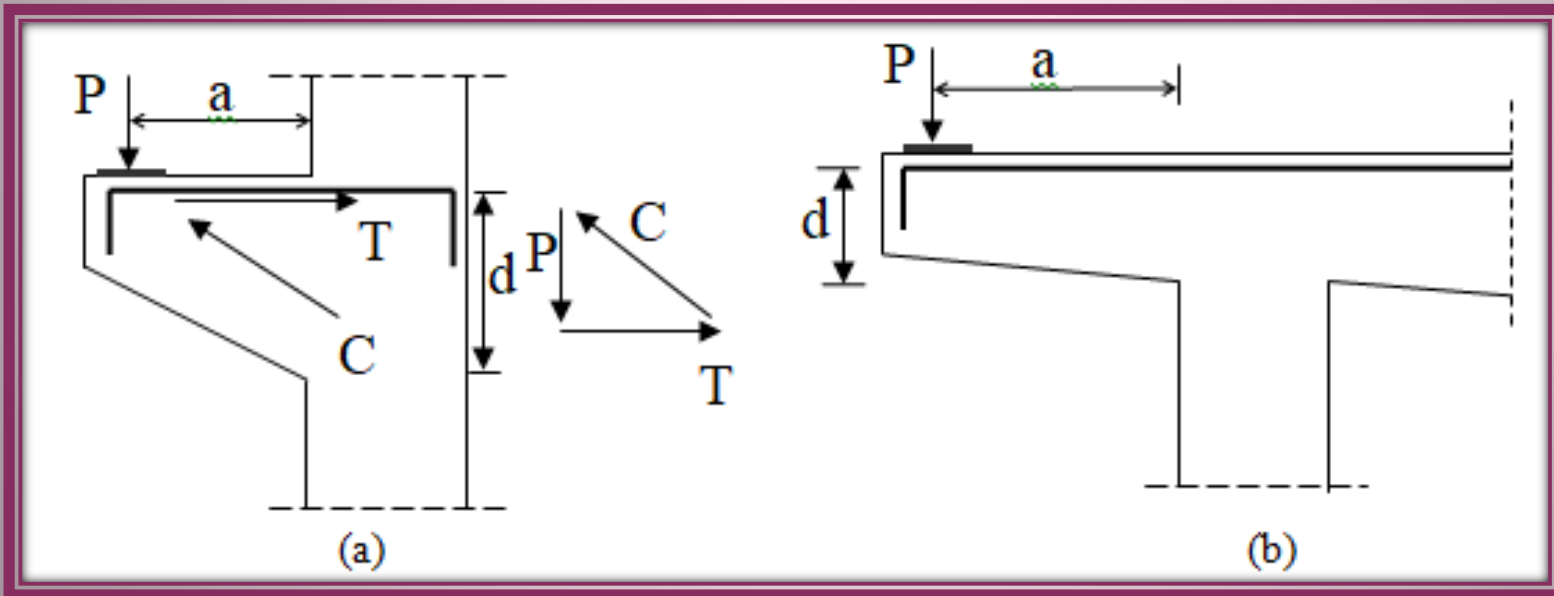


KISA KONSOLLAR

PROF. DR. CENGİZ DÜNDAR

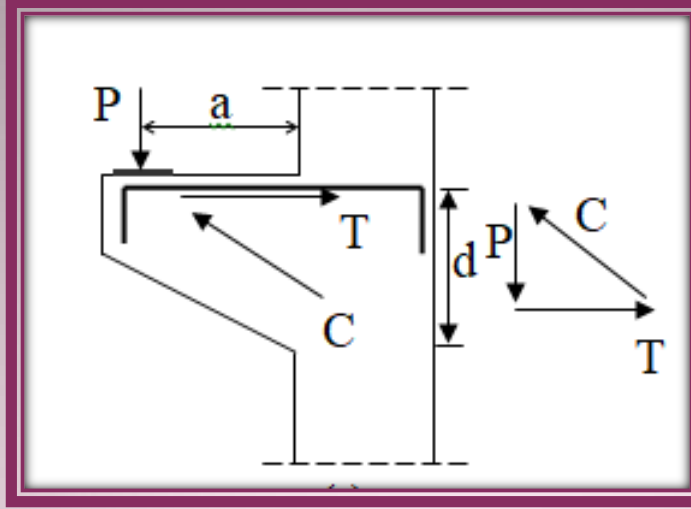
KISA KONSOLLAR

Konsol kirişlerin boyu (a), derinliklerine (d) eşit veya az olduğundan bunlar “**kısa konsol**” olarak adlandırılır. Endüstriyel yapılarda ve köprülerde sık rastlanan kısa konsolların davranışı, kiriş davranışından oldukça değişiktir.



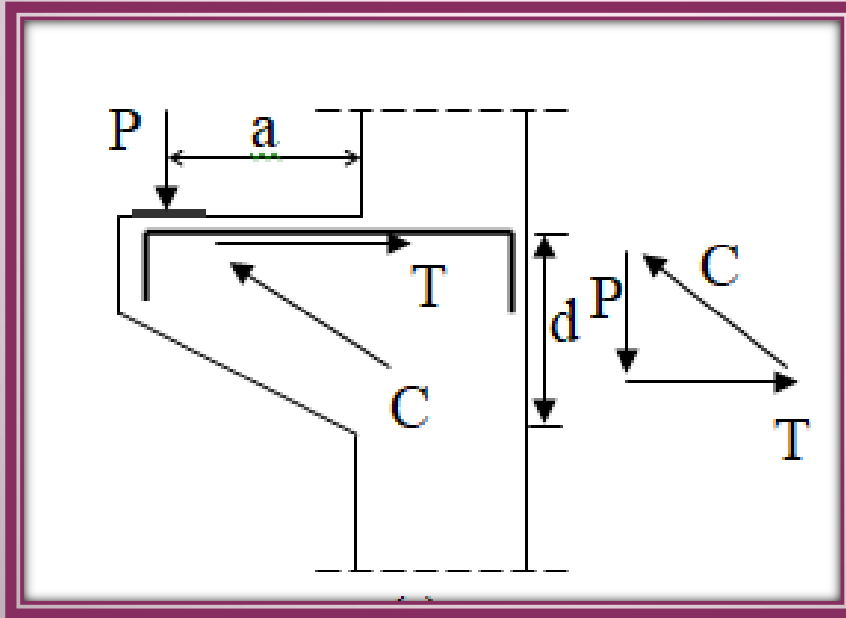






Kısa konsola uygulanan yükün büyük bir bölümü, C olarak gösterilen beton basınç çubuğu ile mesnede aktarılır. P, C ve T den oluşan kuvvet poligonu incelendiğinde, konsol üstüne yerleştirilen çekme donatısındaki kuvvetin (T), beton gövdesinde oluşan C basınç kuvvetinin eğimine bağlı olduğu görülür. Eğilmenin önemli olmaması nedeni ile donatıdaki T çekme kuvveti hemen hemen sabit kalacağından, sağda kolon yüzünden başlayarak, solda ise yük noktasının ötesinde çekme donatısı için yeterli kenetlenme boyunun sağlanması gerekmektedir.

Konsola oturan kirişlerde büzülme (rötre) ve sıcaklık değişimi nedeni ile oluşan ek zorlamaları dikkate alınmalıdır. Çok kısa konsollarda $a/d < 1.0$ Şekilde gösterilen P, C ve T den oluşan dayanım poligonunun oluşması zordur. Bu tür konsollarda klasik anlamdaki kayma ve sürtünme rol oynar.



Özel önlem alınmayan durumlarda, konsola oturan kirişlerde sıcaklık değişimi ve büzülme gibi olaylar nedeni ile kısalma ve uzamalar, konsol üzerinde yatay kuvvetler oluştururlar, H_d . Bu yatay kuvvet için yük katsayısı **1.6** alınır. Her zaman çekme olarak hesaba katılacak olan bu yatay kuvvet, **$0.2V_d$** değerinden daha küçük seçilemez. **$H_d \geq 0.2 V_d$**

Konsola uygulanacak kesme kuvveti kesme

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

TS 500 Denk. (8.26)

değerini geçmemelidir.

Çok kısa konsollarda ($a/d < 1.0$) mesnet yüzünde kesme kuvveti yönünde çatlak oluşabilir. Bu durumda kırılma şekilde görüldüğü gibi çatlak boyunca konsolun kesilmesi ile oluşur. Bu tür kırılma betonda ender rastlandığı söylenen kesme kırılmasıdır. Donatı bulunmadığı durumlarda dayanım çatlak yüzünde oluşan sürtünme kuvvetleri ile sağlanır. Bu tür kırılmaya karşı en etkili donatı A_{wf} olarak gösterilen kayma sürtünme donatısıdır.

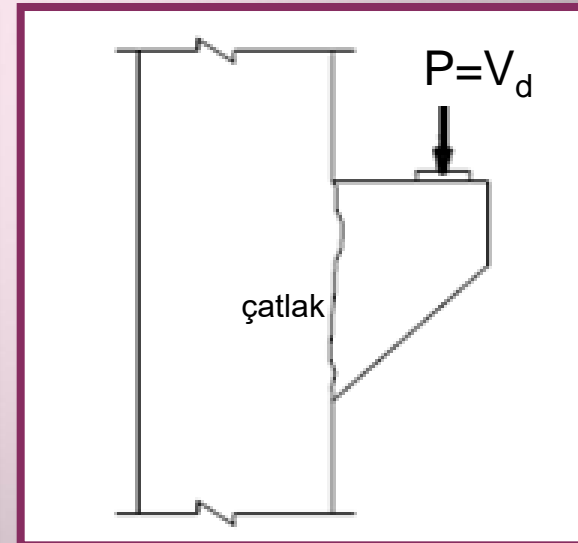
$$A_{wf} = \frac{V_d}{f_{yd} \mu_f} \quad \text{TS 500 Denk. (8.8)}$$

V_d : Konsol mesnetindeki hesap kesme kuvveti

μ_f : Sürtünme katsayısı

Monolitik yapılarda $\mu_f = 1.4$

Prefabrik yapılarda $\mu_f = 1.0$



8.1.7 - Sürtünme Kesmesi (TS500)

İki ayrı malzemenin birleştiği düzlemlerde veya ayrı zamanlarda dökülmüş iki beton yüzeyinin birleştiği düzlemlerde, kesme hesabı ve donatı detaylandırması bu bölümdeki kural ve ilkelere göre yapılır. Sürtünme kesmesi için hesap yapılan düzlemde, önce bir çatlak oluştuğu varsayılır. Sürtünme kesmesi için de Denklem 8.2 deki koşul sağlanmalıdır. Bu denklemdeki V_r aşağıdaki gibi hesaplanmalıdır.

$$V_r \geq V_d \quad (8.2)$$

$$V_r = A_{wf} f_{yd} \mu \quad (8.8)$$

Denklemde, kesme-sürtünme donatısı kesit alanı olarak (A_{wf}) yalnızca birleşme düzlemine dik doğrultuda düzenlenmiş donatı çubuklarının toplam alanı kullanılmalıdır. Denklem 8.8 de, μ ile gösterilen kesme sürtünme katsayısının değerleri, çeşitli durumlar için Çizelge 8.1 de verilmiştir.

8.1.7 - Sürtünme Kesmesi TS500 (devam)

ÇİZELGE 8.1 - Değişik Durumlar İçin Kesme-Sürtünme Katsayısı

Birdöküm beton (monolitik)	$\mu = 1,4$
Sertleşmiş beton ile yeni betonun birleştiği yüzeylerde pürüzlendirilmiş yüzey (pürüz ≥ 5 mm)	$\mu = 1,0$
pürüzlendirilmemiş yüzey	$\mu = 0,6$
Çelik profil ve betonun birleştiği yüzeylerde	$\mu = 0,7$

Kesme sürtünme donatısının kesme düzlemine eğik olduğu durumlarda, kesme kuvveti donatıda çekme oluşturuyorsa, V_r aşağıdaki denklemden hesaplanacaktır.

$$V_r = A_{wf} f_{yd} (\mu \sin \alpha_f + \cos \alpha_f) \quad (8.9)$$

Kesme kuvvetinin donatıda basınç oluşturduğu durumlarda, bu donatı etkili değildir. Deprem durumunda, donatı çatlak düzlemine dik olarak düzenlenmelidir. Denklem 8.9 daki α_f açısı, kesme-sürtünme donatısının kesme düzlemi ile yaptığı dar açıdır.

8.1.7 - Sürtünme Kesmesi TS500 (devam)

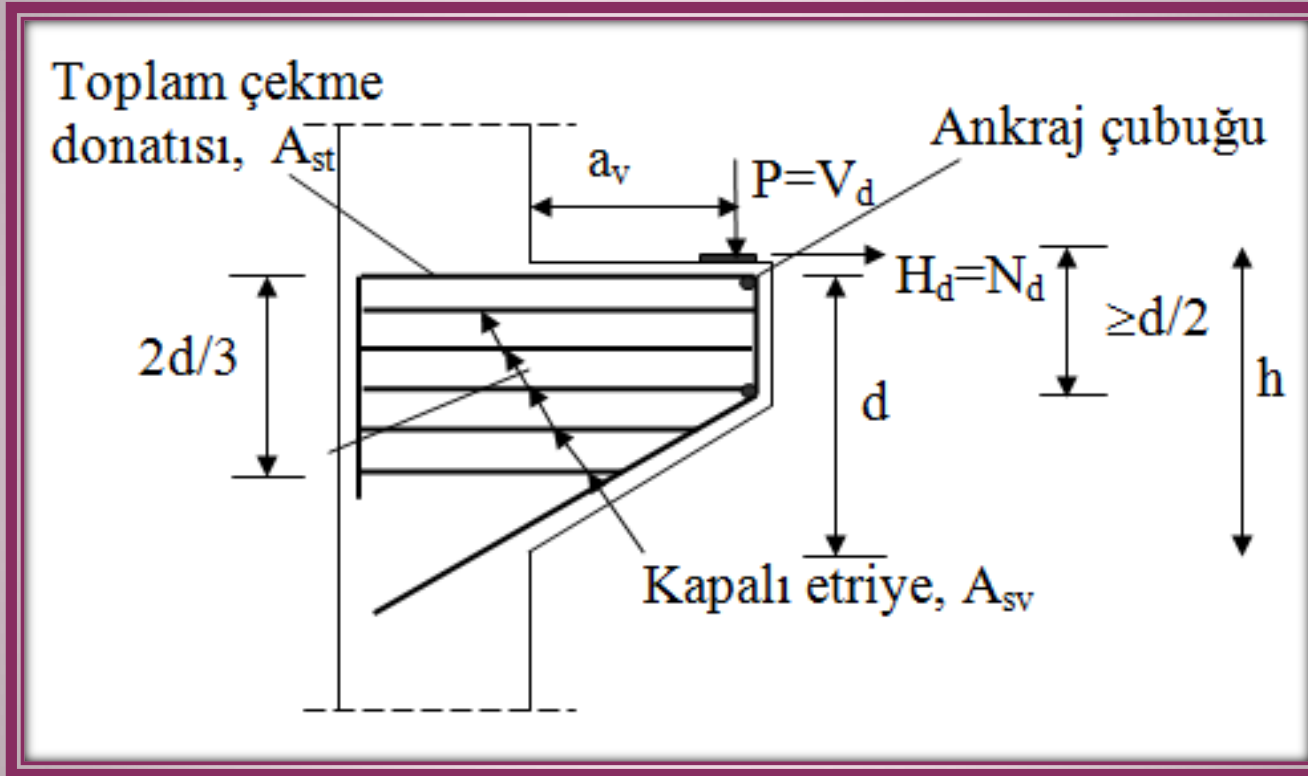
Sürtünme kesmesinin aşağıdaki sınırı geçmesine izin verilmez ve bu sınır hesaplanırken beton tasarım basınç dayanımı f_{cd} , 25 MPa dan büyük alınamaz.

$$V_d \leq 0,2 f_{cd} A_c$$

Kesme düzlemindeki doğrudan etkili çekme kuvvetleri varsa, her iki yandan yeterince kenetlenmiş ek donatı ile karşılanmalıdır. Bu düzlemde doğrudan etkili olan kalıcı basınç kuvvetinin en düşük değeri göz önüne alınarak kesme-sürtünme donatısı azaltılabilir.

Kayma Sürtünme Dayanımı

Kısa konsollarda sürtünme kesmesi için hesap yapılmalıdır.



TS 500'de Kısa Konsol Hesabı

Toplam çekme donatısı (A_{st}), eğilme ve eksenel kuvvet (H_d) için hesaplanan donatıların toplamıdır.

$$A_{st} = (A_s + A_n) \geq \left(\frac{2}{3} A_{wf} + A_n \right) \quad \text{TS 500 Denk. (8.27)}$$

$$A_{st} \geq 0.05 \frac{f_{cd}}{f_{yd}} b_w d$$

$$A_s = \frac{V_d * a_v + H_d * (h - d)}{f_{yd} (0.8) d} \quad \text{TS 500 Denk. (8.28)}$$

$$A_n = \frac{H_d}{f_{yd}} \quad H_d \geq 0.2 V_d \quad \text{TS 500 Denk. (8.29)}$$

olmalıdır.

Konsolun kiriş yüzünden $2d/3$ derinliğine kadar yayılan kapalı veya açık yatay etriyelerin kesit alanı olan A_{sv} , aşağıdaki değerden az olamaz.

$$A_{sv} \geq 0.5(A_{st} - A_n)$$

TS 500 Denk. (8.30)

$$V_r \geq V_d$$

A_{st} : Toplam çekme donatısı alanı

M_d : Konsol yüzündeki hesap momenti

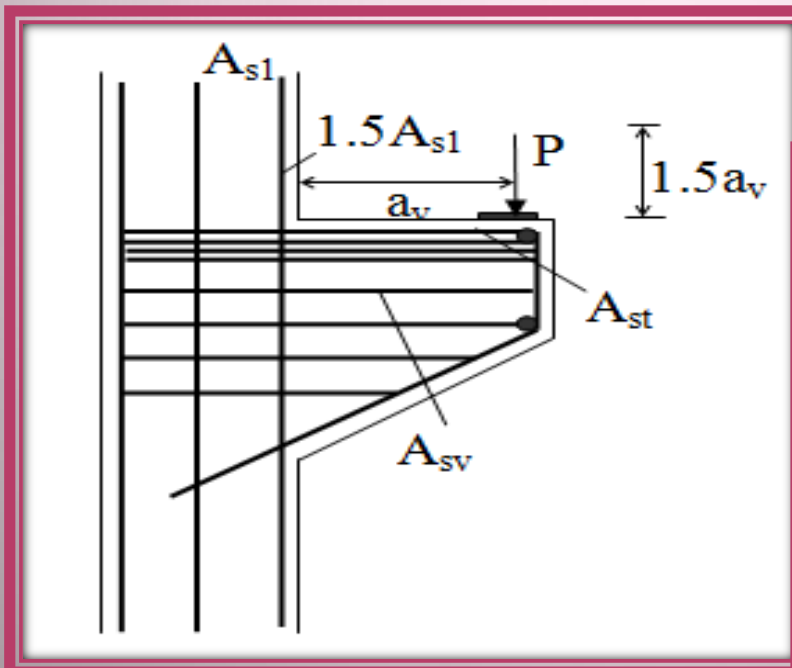
d : Mesnet yüzündeki faydalı yükseklik

N_d : Konsola yük uygulayan kirişte büzülme ve ısı değişiminden doğan deformasyonlar nedeni ile konsola uygulanan yük.

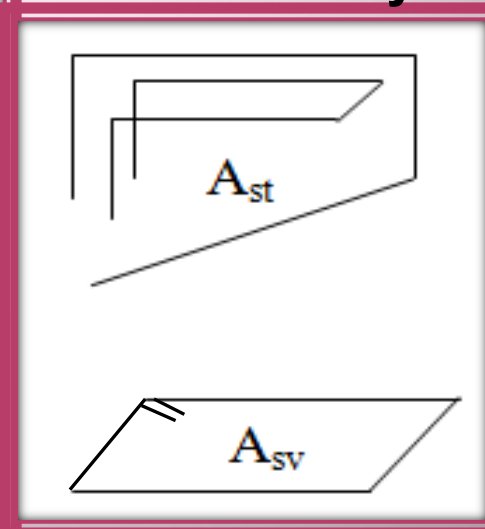
V_r : Kayma dayanımı

A_{sv} : Konsol eksenine paralele yerleştirilen kayma donatısı alanı.

Kolon yüzünde ölçülen konsol derinliği, yükün uygulandığı noktadaki derinliğin iki katını geçmemelidir. Çekme donatısı akmayı sağlamaya yeterli bir biçimde kenetlenmelidir. Bu amaçla, çekme donatısının çapı en az çekme donatısının çapına eşit bir ankraj çubuğuna yeterli bir biçimde kaynaklanması veya çekme donatısının U-biçimli firketelerden oluşturulması gereklidir. Bu ankraj çubuğunun veya firketenin taban bölümü (kapalı tarafı), yük alanının ötesine geçmelidir.



Kısa Konsol Donatı Detayı



8.4 - KISA KONSOLLAR

Yükleme noktasından mesnet yüzüne olan uzaklığın, mesnetteki faydalı yüksekliğe oranı 1,0 veya daha küçük olan ($a_v \leq d$) konsolların taşıma gücü hesabı ve donatı detaylandırılması bu bölümdeki ilkelere göre yapılmalıdır.

Özel önlemler alınmayan durumlarda, konsola oturan kirişlerde sıcaklık değişimi ve büzülme gibi olaylar nedeni ile oluşan kısalma ve uzamalar, konsol üzerinde yatay kuvvetler oluştururlar, H_d . Bu yatay kuvvet için yük katsayısı 1,6 alınır. Her zaman çekme olarak hesaba katılacak olan bu yatay kuvvet, $0,2V_d$ den küçük seçilemez. Konsolun kesme dayanımı Denklem 8.26 ile belirlenen değeri geçmemelidir.

$$V_d \leq 0,22 f_{cd} b_w d \quad (8.26)$$

Kısa konsollarda, sürtünme kesmesi için hesap yapılmalı ve Madde 8.1.7 ye göre kesme sürtünme donatısı (A_{wf}) hesaplanmalıdır.

Toplam çekme donatısı (A_{st}), eğilme ve eksenel kuvvet (H_d) için hesaplanan donatıların toplamıdır, Şekil 8.6.

$$\begin{aligned} A_{st} &= (A_s + A_n) \geq \left(\frac{2}{3} A_{wf} + A_n \right) \\ &\geq 0,05 \frac{f_{cd}}{f_{yd}} b_w d \end{aligned} \quad (8.27)$$

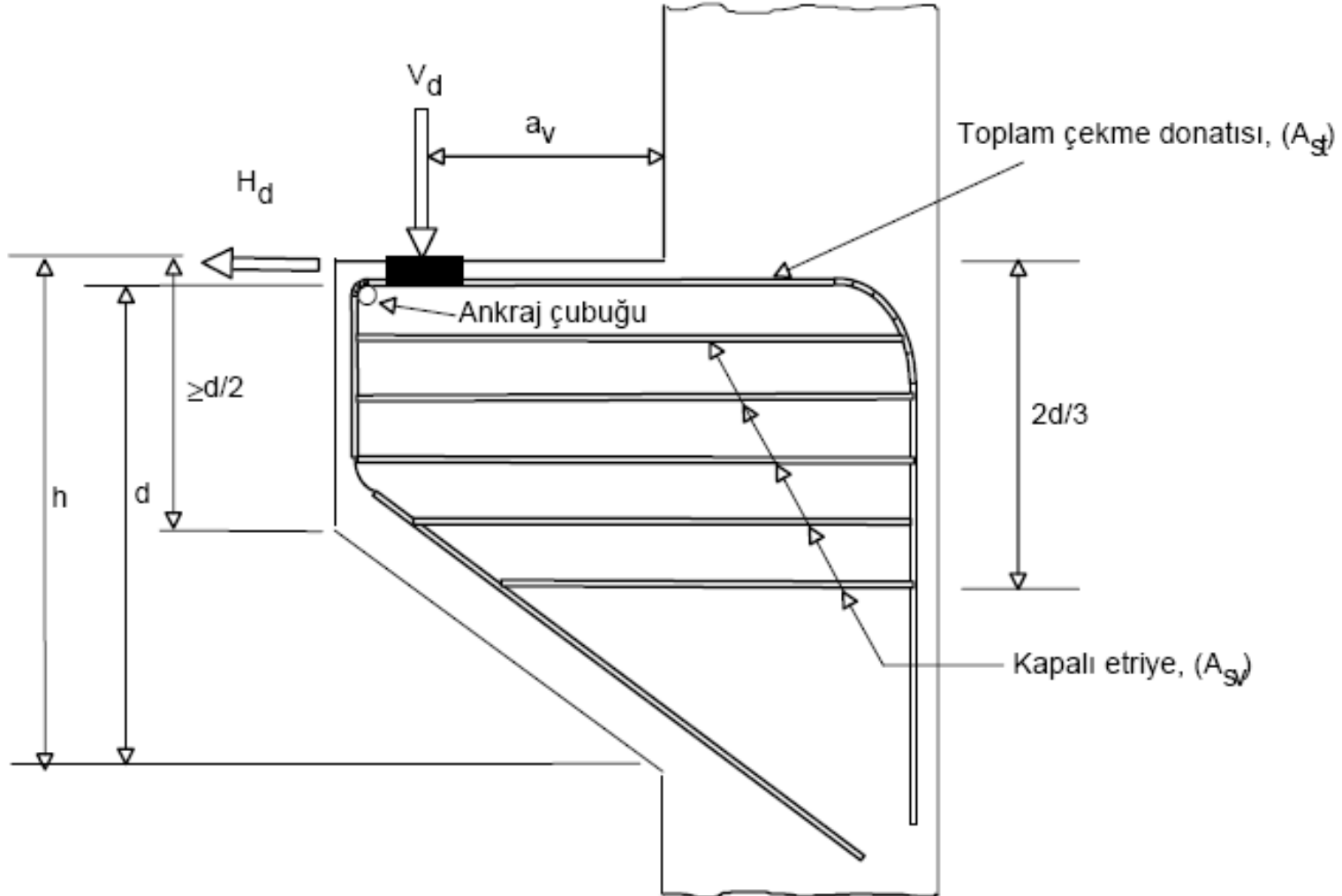
$$A_s = \frac{V_d a_v + H_d (h - d)}{0,8 f_{yd} d} \quad (8.28)$$

$$A_n = \frac{H_d}{f_{yd}} \quad (8.29)$$

Konsolun Kirişin üst yüzünden $2d/3$ derinliğine kadar yayılan kapalı veya açık yatay etriyelerin kesit alanı olan A_{sv} , aşağıdaki değerden az olamaz.

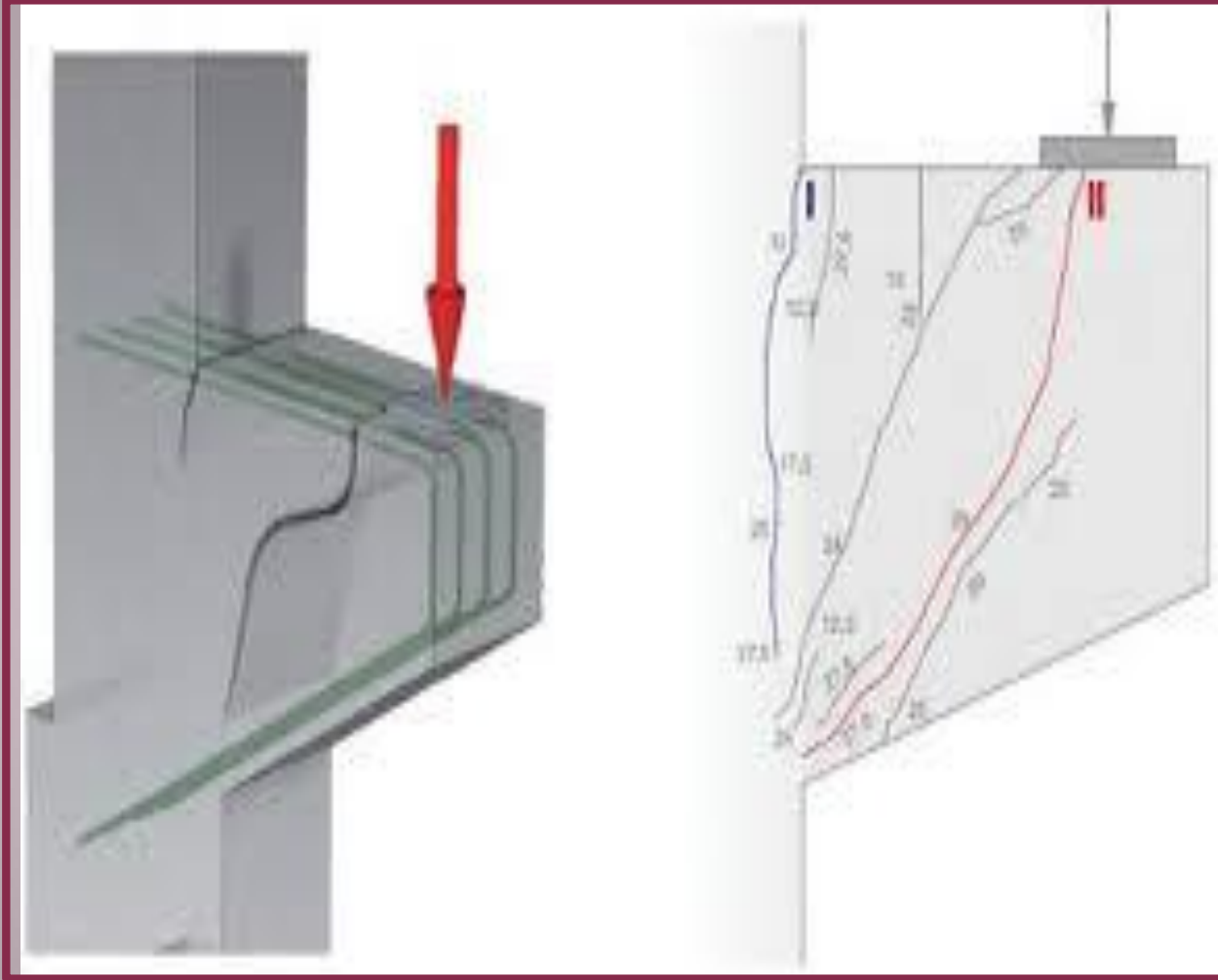
$$A_{sv} \geq 0,5(A_{st} - A_n) \quad (8.30)$$

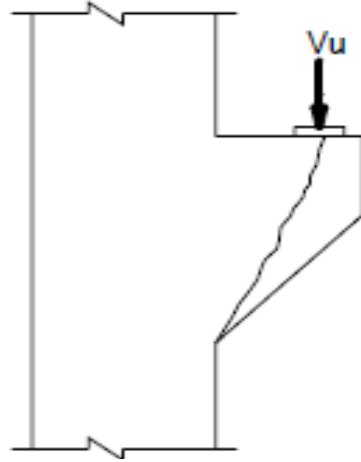
Çekme donatısı akmayı sağlamaya yeterli biçimde kenetlenmelidir. Bu amaçla, çekme donatısının, çapı en az çekme donatısının çapına eşit bir ankraj çubuğuna (Şekil 8.6) yeterli biçimde kaynaklanması veya çekme donatısının U-biçimli firketelerden oluşturulması gereklidir. Bu ankraj çubuğu veya firketenin taban bölümü (kapalı tarafı), yük alanının ötesine geçmelidir.



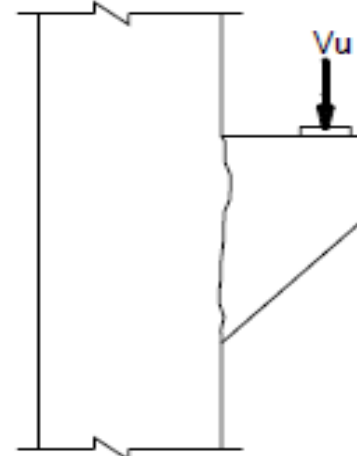
ŞEKİL 8.6 - Kısa Konsol İle İlgili Tanımlar TS500

Kısa konsollarda çatlak oluşumları

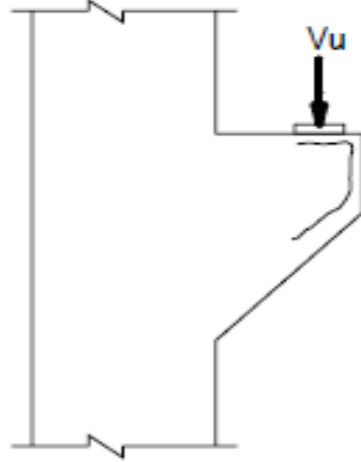




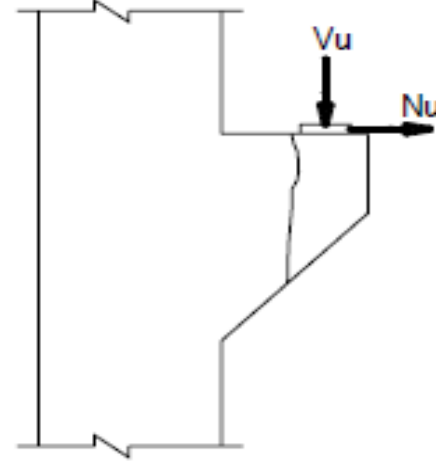
Diyagonal kesme



Kesme sürtünme



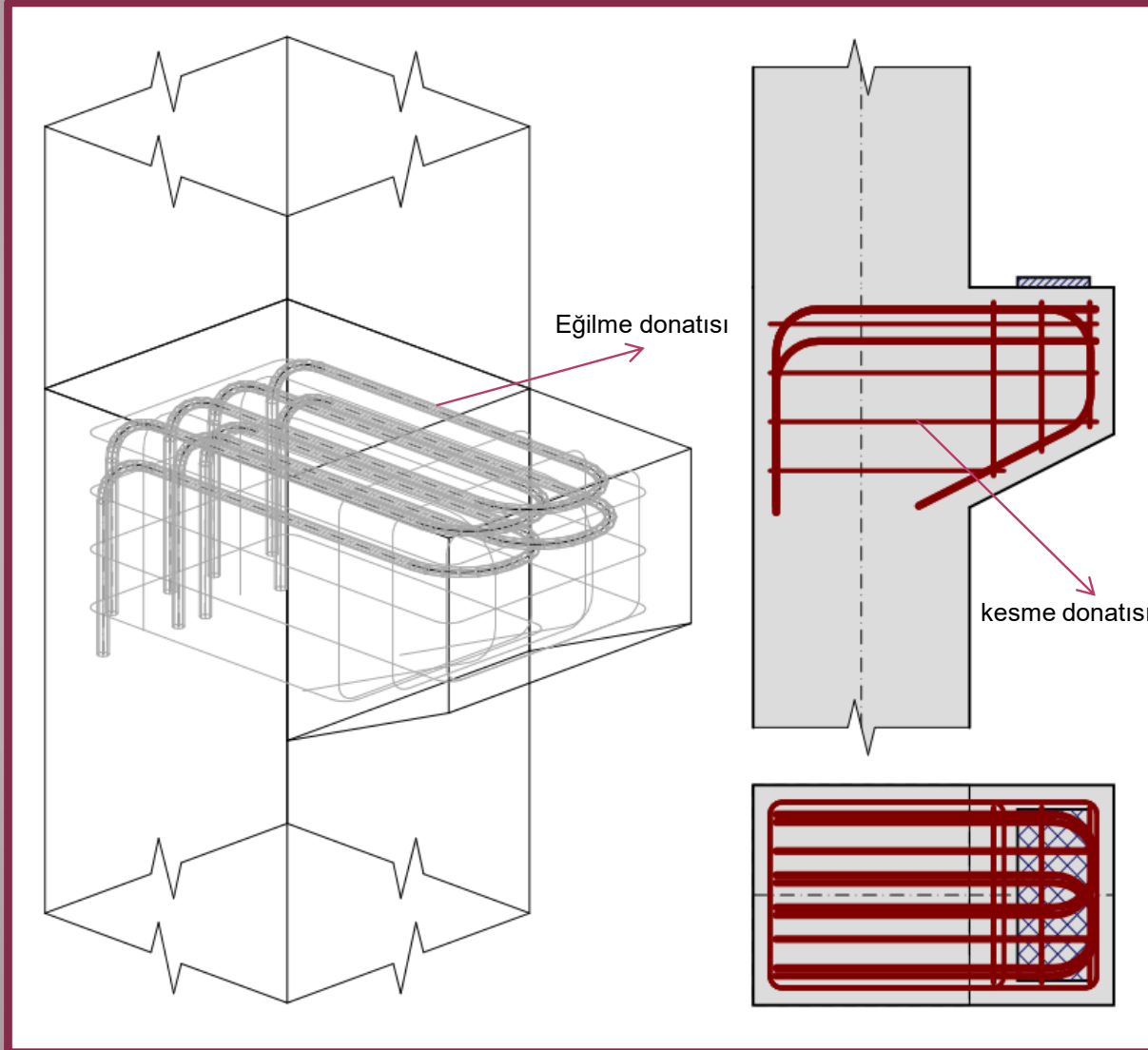
Ankraj yırtılma



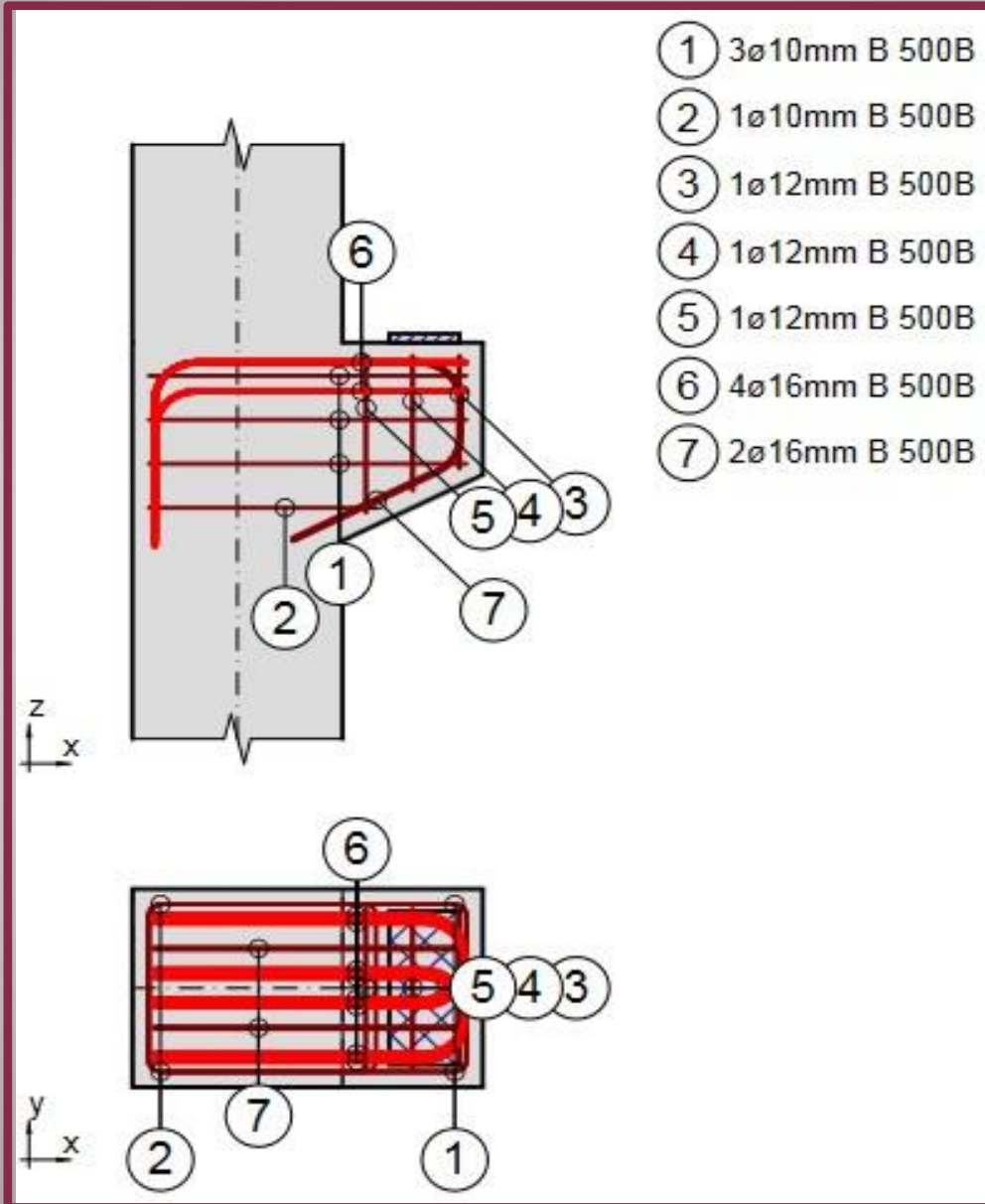
Dikey kırılma

Kısa konsollarda kırılma şekilleri

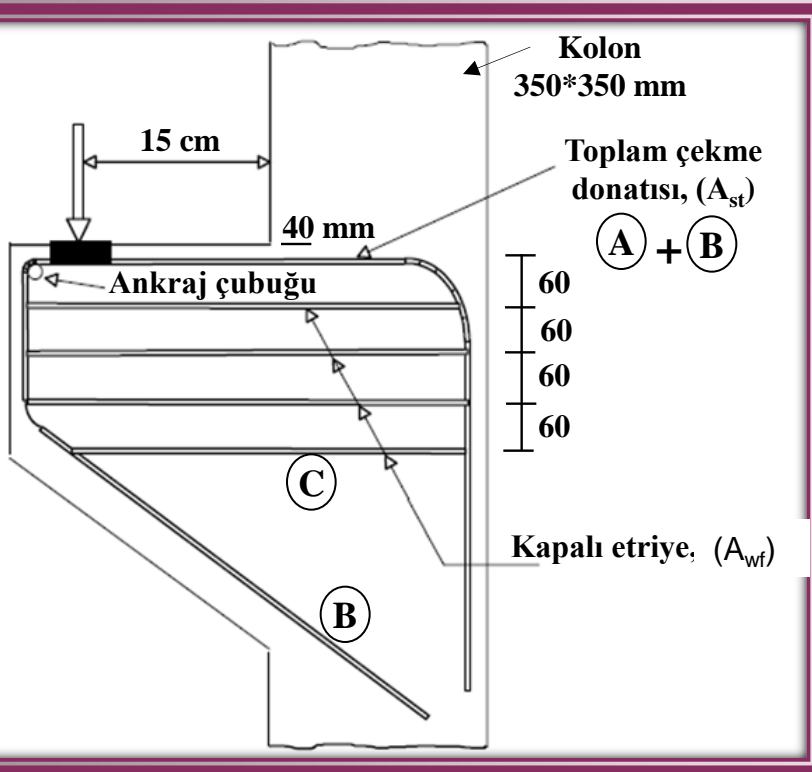
Kısa konsollarda donatı detay örneği



Kısa konsollarda donatı detay örneği



ÖRNEK



Bilinen:

$$P_g=150 \text{ kN}, P_q=200 \text{ kN}$$

(yalnız düşey yük söz konusu).

Özel önlemlerle yük aktaran kirişlerin oluşturacağı aksenal kuvvet önlenmiş (H_d)

Malzeme C30, S420.

İstenen:

Konsolun boyutları ve donatı hesabı

ÇÖZÜM

$$V_d = 1.4 * 150 + 1.6 * 200 = 530 \text{ kN}, \quad a = 15 \text{ cm}$$

$$M_d = 530 * 0.15 = 79.5 \text{ kN m}$$

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

$$b_w d = \frac{V_d}{0.8 * 0.22 f_{cd}} = \frac{530000}{0.8 * 0.22 * 20} = 150568 \text{ mm}^2$$

$b_w = 350 \text{ mm}$ ise $d = 430 \text{ mm}$ ($V_r = 0.8 V_{\max}$) kabulü için bu boyutlar yeterlidir.

$$(b_w/d = 350/430)$$

$$A_s = \frac{V_d * a_v + H_d * (h - d)}{f_{yd} (0.8) d} \quad H_d = 0$$

$$A_s = \frac{(530 * 0.15) * 10^6}{365(0.8)430} = 633.2 \text{ mm}^2$$

$$A_n = \frac{H_d}{f_{yd}} = 0$$

$$A_{st} = (A_s + A_n) = 633.2 \text{ mm}^2$$

TS500'e göre;

$$A_{st} \geq 0.05 \frac{f_{cd}}{f_{yd}} b_w d = 412.3 \text{ mm}^2 \quad \text{koşulu sağlanmaktadır.}$$

Kayma-Sürtünme dayanımı;

$$A_{wf} = \frac{V_d}{\mu f_{yd}} = \frac{530000}{1.4(365)} = 1037.2 \text{ mm}^2$$

TS500'e göre;

$$A_{st} \geq \left(\frac{2}{3} A_{wf} + A_n \right) = 691.47 \text{ mm}^2 \quad \text{koşulu sağlanmamaktadır.}$$

Bu durumda;

$$A_{st} = 691.47 \text{ mm}^2 \quad \text{alınmalıdır.}$$

$$A_{sv} \geq 0.5(A_{st} - A_n) \quad \text{olmalıdır.} \quad A_{sv} = 345.7 \text{ mm}^2$$

Donatı Detayı:

Çekme donatısı $691.47 \text{ mm}^2 (A_{st})$

Ⓑ $2\phi 12 = 113 * 2 = 226 \text{ mm}^2$

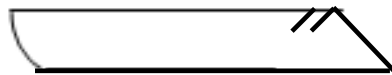
Ⓐ $2\phi 14 \text{ (firkete)} = 2 * 2 * 154 = 616 \text{ mm}^2$

+ _____

842 mm^2

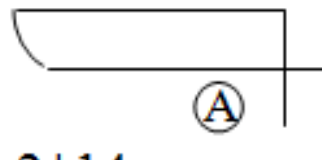
Gövdedeki yatay kayma donatısı $A_{wf} = 1037.2 \text{ mm}^2$

$4\phi 14 \text{ (firkete)} \text{Ⓒ} = 4 * 2 * 154 = 1232 \text{ mm}^2$



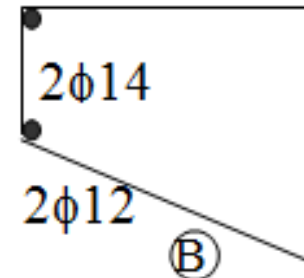
Ⓒ

$4\phi 14$



Ⓐ

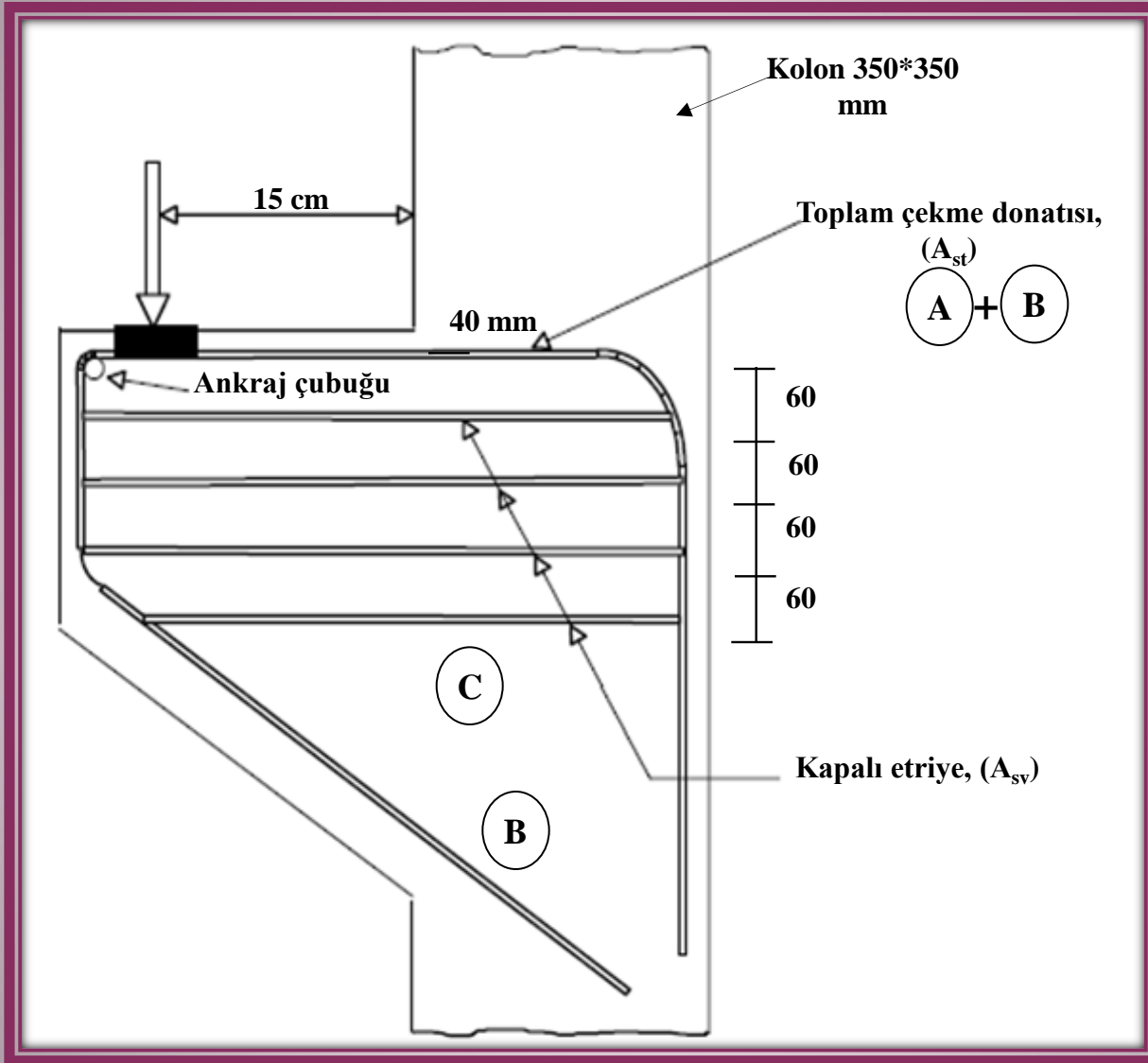
$2\phi 14$



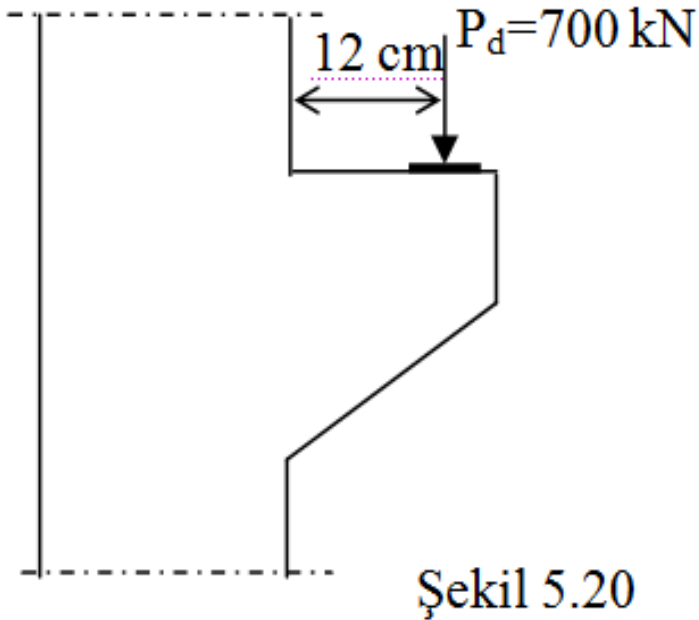
$2\phi 14$

$2\phi 12$

Ⓑ



Örnek



Şekil 5.20’de verilen kısa konsolda aksenal kuvvet özel önlemlerle önlenmiştir. Konsolun boyutlarını belirleyerek tasarımını yapınız ve donatıyı detaylandırınız. Malzeme C30, S420 ve paspayı=35 mm.

Çözüm:

a)

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

$$V_d = 700 \text{ kN}, \quad M_d = P_d (a) = 700 \cdot 0.12 = 84 \text{ kNm}$$

$$b_w d = \frac{V_d}{0.22 f_{cd}} = \frac{700 \times 10^3}{0.22 \times 20} = 159091 \text{ mm}^2$$

$$b_w = 350 \text{ mm için } d = 455 \text{ mm olur Seçilen } (b_w/h = 350/500)$$

b)

$$A_s = \frac{V_d a_v + H_d (h - d)}{f_{yd} (0.8)d}$$

$$A_s = \frac{(700 \times 120) \times 10^3}{365 \times 0.8 \times 465} = 618.6 \text{ mm}^2, \quad A_n = \frac{H_d}{f_{yd}} = 0 \quad (H_d = 0)$$

$A_{st} = A_s + A_n = 618.6 \text{ mm}^2$ elde edilir.

TS500'e göre;

$$A_{st} \geq 0.05 \frac{f_{cd}}{f_{yd}} b_w d \text{ olmalıdır.}$$

$$A_{st} = 618.6 \geq 0.05 \times \frac{20}{365} \times 350 \times 465 = 446 \text{ mm}^2$$

$$V_r = 0.22 f_{cd} b_w d = 716 \text{ kN} > 700 \text{ kN}$$

$$A_{wf} = \frac{V_d}{\mu f_{yd}} = \frac{700 \times 10^3}{1.4 \times 365} = 1370 \text{ mm}^2$$

TS500'e göre;

$$A_{st} \geq \frac{2}{3} A_{wf} + A_n \text{ olmalıdır. Yatay kuvvet olmadığından } A_n = 0$$

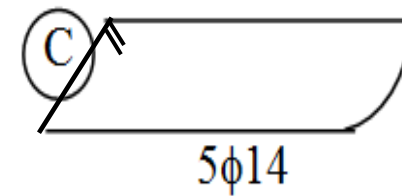
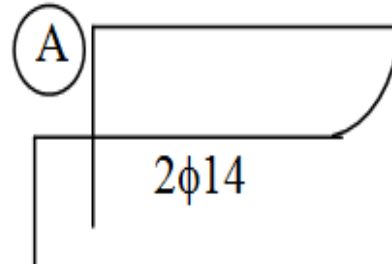
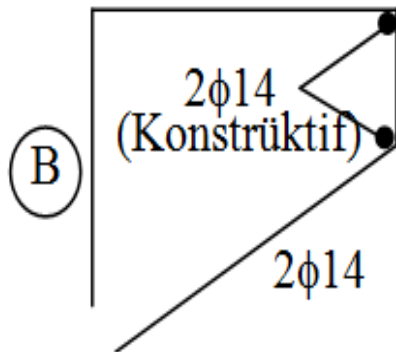
$$A_{st} \geq \frac{2}{3} \times 1370 = 913.3 \text{ mm}^2 > 618.6 \text{ mm}^2 \text{ olduğundan } A_{st} = 913.3 \text{ mm}^2 \text{ alınmalıdır.}$$

Detaylandırma:

Çekme Donatısı = 913.3 mm^2 , Seçilen $2\phi 14 = 308 \text{ mm}^2$ (B)

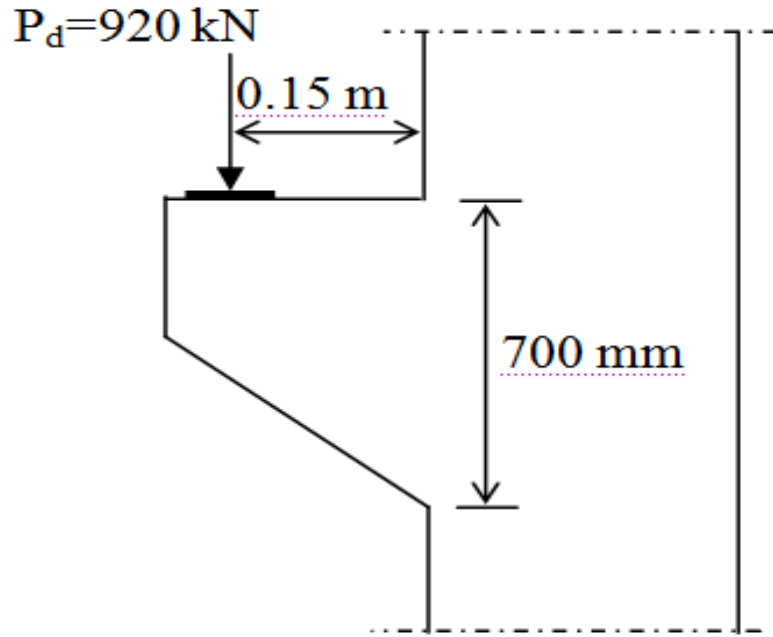
$$2\phi 14 \text{ (firkete)} = 2 \times 2 \times 154 = 616 \text{ mm}^2 \text{ (A)}$$

Gövdedeki yatay kayma donatısı: $5\phi 14 \text{ (firkete)} = 2 \times 5 \times 154 = 1540 \text{ mm}^2$ (C)



Şekil 5.21

Örnek



Şekil 5.22

Şekil 5.22'de verilen kısa konsolun;

a) Kolon yüzündeki derinliği 700 mm olduğuna göre gerekli (b_w) genişliğini bulunuz.

b) Donatı hesabını yapınız. Eksenel kuvvet özel önlemlerle önlenmiştir. Malzeme C25, S420 ve paspayı $=40 \text{ mm}$.

Çözüm:

a)

$$V_d = 920 \text{ kN}, \quad M_d = P(a) = 920 \times 0.15 = 138 \text{ kNm}$$

$$b_w = \frac{V_d}{0.22 f_{cd} d} = \frac{920 \times 10^3}{0.22 \times 17 \times 660} = 372.7 \text{ mm},$$

$b_w = 400 \text{ mm}$ seçilir.

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

b)

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot 0.8 \cdot d} = \frac{138 \times 10^6}{365 \times 0.8 \times 660} = 716.06 \text{ mm}^2 = A_{st} \quad (A_n = 0)$$

TS500'e göre;

$$A_{st} \geq 0.05 \frac{f_{cd}}{f_{yd}} b_w d \text{ olmalıdır.}$$

$$A_{st} = 716.06 \geq 0.05 \times \frac{17}{365} \times 400 \times 660 = 614.8 \text{ mm}^2$$

$$V_r = 0.22 f_{cd} b_w d = 987.36 \text{ kN} > 920 \text{ kN}$$

$$A_{wf} = \frac{V_d}{\mu f_{yd}} = \frac{920 \times 10^3}{1.4 \times 365} = 1800 \text{ mm}^2$$

TS500'e göre;

$$A_{st} \geq \frac{2}{3} A_{wf} + A_n \text{ olmalıdır. Yatay kuvvet olmadığından } A_n = 0$$

$$A_{st} \geq \frac{2}{3} \times 1800 = 1200 \text{ mm}^2 > 975.04 \text{ mm}^2 \text{ olduğundan } \underline{A_{st} = 1200 \text{ mm}^2} \text{ alınmalıdır.}$$

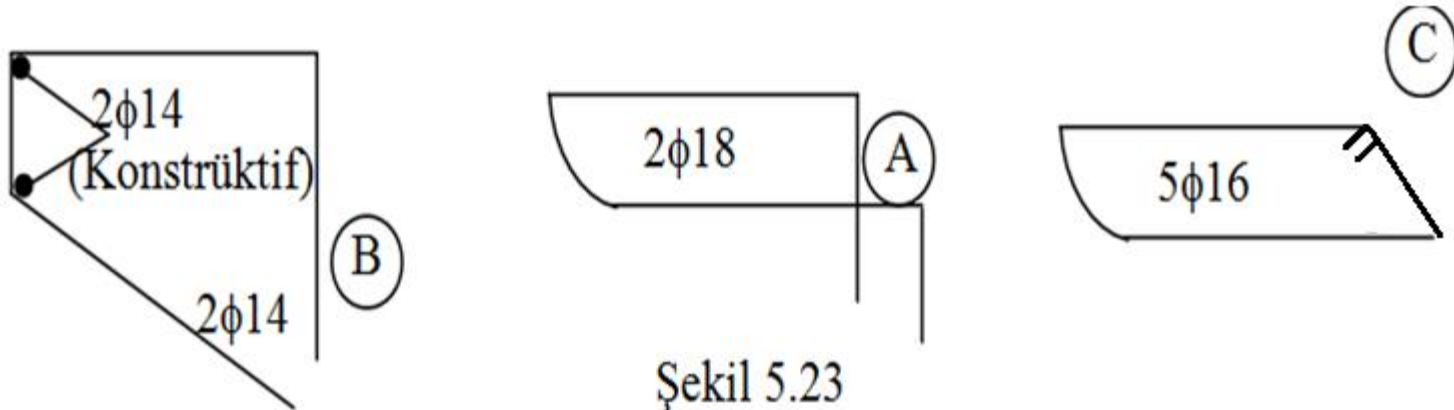
Detaylandırma:

Çekme Donatısı=1200 mm², Seçilen 2φ14=308 mm² (B)

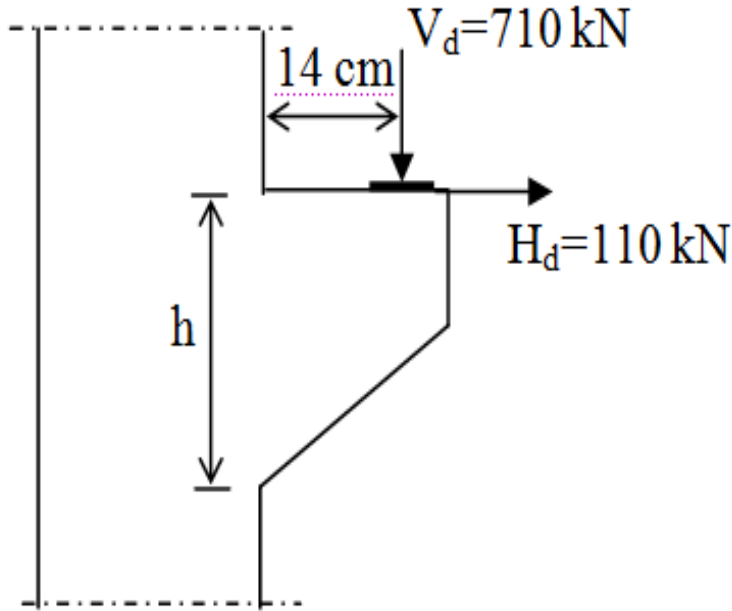
2φ18 (firkete)=2×2×254=1016 mm² (A)

Gövdedeki yatay kayma donatısı, A_{wf}=1800 mm²

5φ16 (firkete)=2×5×201=2010 mm² (C)



Örnek



Şekil 5.24

Şekil 5.24'te verilen kısa konsolun;

- Boyutlarını belirleyiniz
- Donatı hesabını yapınız ve donatıyı detaylandırınız.

Malzeme C25, S420 ve paspayı=50 mm.

Çözüm:

$$V_d = 0.8 V_r \quad 710 \times 10^3 = 0.8 \times 0.22 \times 17 (b_w) d$$

$b_w = 400$ mm seçilirse $d = 593$ mm elde edilir.

Seçilen boyut $b_w = 400$ mm ve $h = 650$ mm.

$$H_d = 0.2 \times 710 = 142 \text{ kN} > 110 \text{ kN}$$

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

$$A_s = \frac{V_d a_v + H_d (h - d)}{f_{yd} (0.8)d}$$

$$A_s = \frac{(710 \times 140 + 142 \times 50) \times 10^3}{365 \times 0.8 \times 600} = 607.9 \text{ mm}^2$$

$$A_n = \frac{H_d}{f_{yd}} = \frac{142 \times 10^3}{365} = 389 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = A_s + A_n = 996.9 \text{ mm}^2 \text{ elde edilir.}$$

$$A_{st} = 996.9 \geq 0.05 \times \frac{17}{365} \times 400 \times 600 = 558.9 \text{ mm}^2 \text{ Uygun.}$$

$$A_{wf} = \frac{V_d}{\mu f_{yd}} = \frac{710 \times 10^3}{1.4 \times 365} = 1389.4 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} \geq \frac{2}{3} A_{wf} + A_n \text{ olmalıdır.}$$

$$A_{st} = 996.9 \geq \frac{2}{3} \times 1389.4 + 389 = 1315.3 \text{ mm}^2$$

Bu durumda $A_{st} = 1315.3 \text{ mm}^2$ olarak alınır.

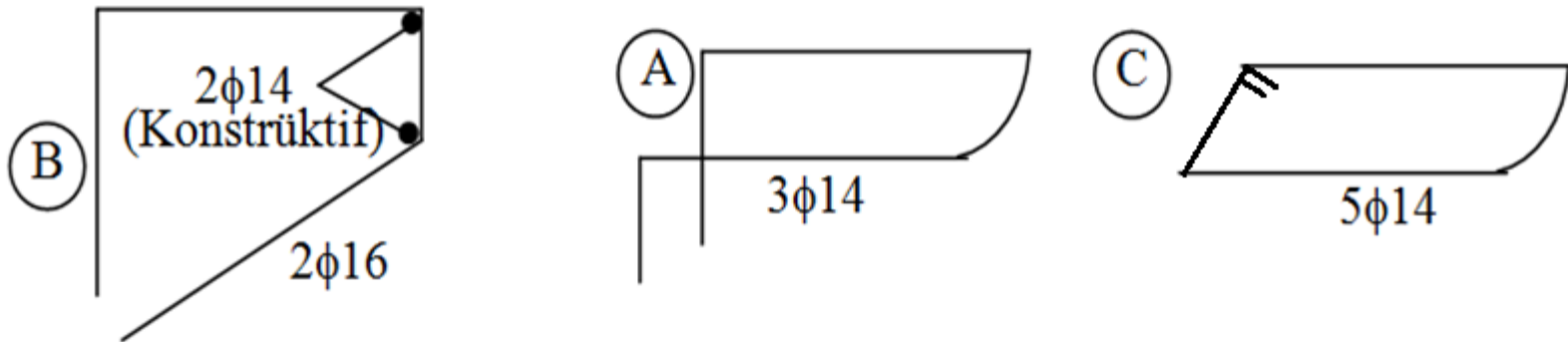
$$A_{sv} \geq 0.5(A_{st} - A_n) = 463 \text{ mm}^2$$

Detaylandırma:

Çekme Donatısı = 1315.3 mm^2 Seçilen $2\phi 16 = 402 \text{ mm}^2$ (B)

$3\phi 14$ (firkete) = $3 \times 2 \times 154 = 924 \text{ mm}^2$ (A)

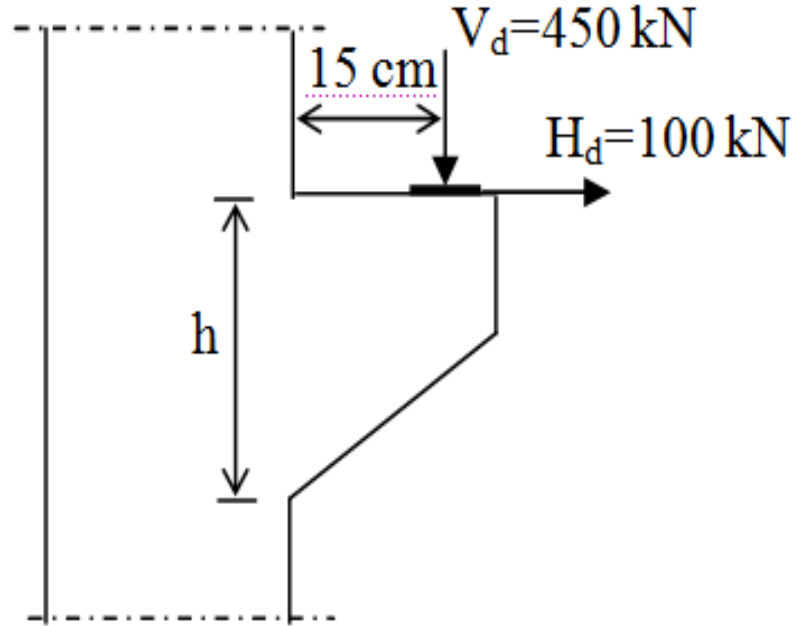
Gövdedeki yatay kayma donatısı: $5\phi 14$ (firkete) = $5 \times 2 \times 154 = 1540 \text{ mm}^2$ (C)



Şekil 5.25

Çalışma Soruları

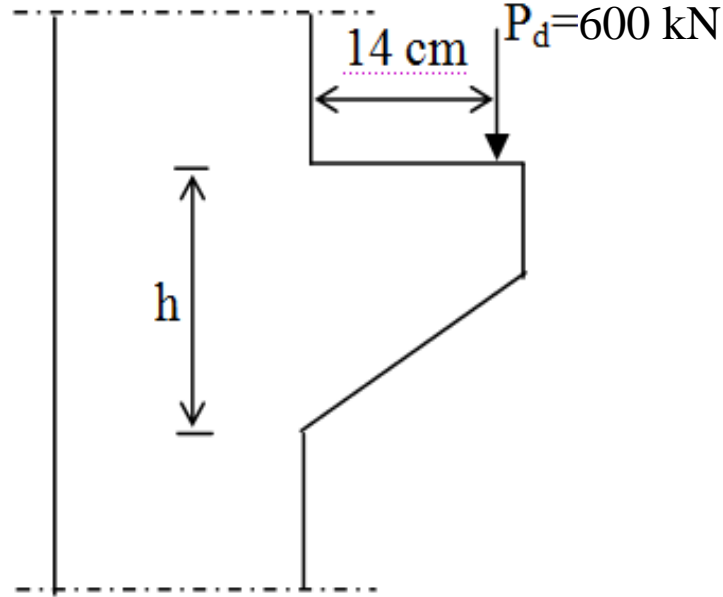
Soru



Şekilde verilen kısa konsolda $b_w = 350\text{ mm}$, $h = 500\text{ mm}$, paspayı = 50 mm ve Malzeme C25, S420 olduğuna göre, konsolun boyutlarını kontrol ederek donatı hesabını yapınız ve donatıyı detaylandırınız.

Çalışma Soruları

Soru



- Şekilde verilen kısa konsolu boyutlandırınız.
- $b_w = 350$ mm, $d = 600$ mm olarak konsolun donatı hesabını yapınız ve donatı detaylarını çiziniz. Malzeme C25, S420 ve paspayı = 50 mm.

STRENGTH OF REINFORCED CONCRETE CORBELS – A PARAMETRIC STUDY

Asala Asaad Dawood

M.Sc. Student/University of Diyala/College of Engineering/ Department of Civil Engineering

Ali Kifah Kadhum

Assistant Lecturer/University of AL-Mustansiriyah /College of Engineering/ Department of
Civil Engineering

Khattab Saleem Abdul-Razzaq

Prof. Dr. /University of Diyala/College of Engineering, Department of Civil Engineering




ABSTRACT

Corbels are cantilever with small shear span to depth ratio (a/d) projected from columns or walls to support precast members like beams, girders or dapped end beams. Shear friction (SF) method is used to analyze and design reinforced concrete (RC) corbels. Because of the small value of a/d , corbels are treated as deep beams. Using strut and tie modeling (STM), they can be analyzed. In both SF and STM, there are many parameters that affect the behavior of the corbels such as a/d , width (b), compressive strength of concrete (f_c), yield strength of reinforcement (f_y), and horizontal to vertical load ratio (H/V). In the current study, according to ACI 318-14 provisions, the effect of these parameters were investigated using both SF and STM. It was found that the shear capacity increases by about 32.6%, 26.3% and 31.2% for SF and by about 54.1%, 50.4% and 30.9% for STM with increasing width, compressive strength, and yield strength by about (100-300) %, (15-35) % and (400-600) %, respectively. Whereas, shear capacity decreases by about 58.54% and 48.7% for SF and about 59.4% and 33.2% for STM with increasing a/d and H/V by about (0.1-1.9)% and (0-1)%, respectively. It was also seen that the results obtained by STM is more reliable than SF when compared with experimental works that were taken from literature.

Keywords: Reinforced Concrete, Corbels, STM, Shear friction, flexure, strength, Parameter.

Article

Structural Analysis and Design of Reinforced Concrete Bridge Corbels

Sara Cattaneo ^{1,2}, Pietro Crespi ¹ and Luigi Biolzi ^{1,*}

¹ Department of Architecture, Built Environment and Construction Engineering, Politecnico di Milano, 20133 Milan, Italy; sara.cattaneo@polimi.it (S.C.); pietero.crespi@polimi.it (P.C.)

² Construction Technologies Institute, Italian National Research Council (ITC-CNR), Viale Lombardia 49, San Giuliano Milanese, 20098 Milan, Italy

* Correspondence: luigi.biolzi@polimi.it

Received: 27 August 2020; Accepted: 21 September 2020; Published: 25 September 2020



Abstract: Post-installed systems for the anchorage of safety barriers to bridge corbels are widely used today thanks to their flexibility and easiness of installation. Because of commonly found in situ boundary constraints, however, the design requirements for post-installed fasteners and rebars are frequently not satisfied or only partially satisfied. This paper assesses the mechanical response of a corbel where an innovative solution concerning the placement of post-installed reinforcement in reinforced concrete members was suggested. With reference to the refurbishment of bridge curbs, which usually requires concrete removal in the damaged top layers, the proposed method was based on the introduction of additional U-shaped post-installed rebars connecting the existing portion of the corbel to the newly cast top layer, in order to allow the transfer of the tension pull-out force exerted by the posts restraining the safety barrier. The layout investigated in this paper consisted of three anchors connecting the baseplate of the post supporting the safety barrier to the corbel (a layout commonly found in Italy). These anchors transfer the external actions (bending moment and shear) to the corbel thanks to the formation of a strut-and-tie system where the U-shaped rebars and the existing reinforcement play a crucial role. A strut-and-tie model of the corbel was presented to allow



Çukurova Üniversitesi

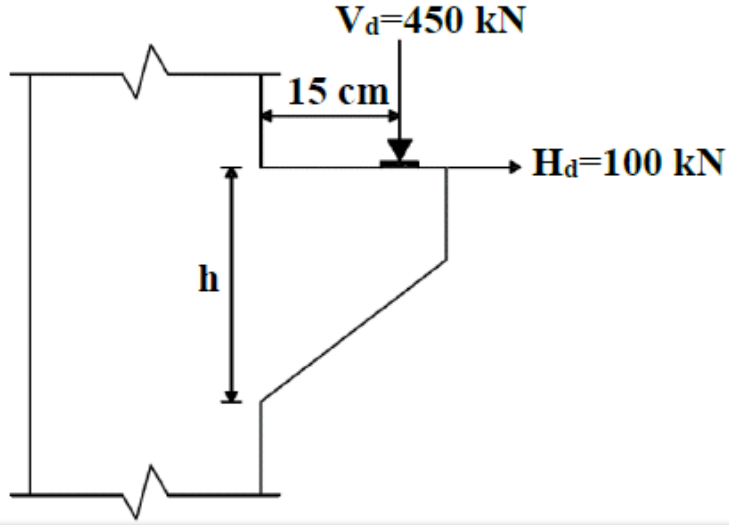
BETONARME 2

**KISA KONSOLLAR
ÇALIŞMA SORULARI**

Prof. Dr. Cengiz DÜNDAR

Arş. Gör. Sedat KARAAHMETLİ

1)



Şekilde verilen kısa konsolda $b_w=350$ mm, $h=500$ mm, paspayı=50 mm ve Malzemeler C25, S420 olduğuna göre, konsolun boyutlarını kontrol ederek donatı hesabı yapınız ve donatıyı detaylandırınız.

Çözüm

$$V_d < 0.8V_r$$

$$V_d < 0.8 * 0.22 * f_{cd} * b_w * d$$

$$450 * 10^3 < 0.8 * 0.22 * 17 * 350 * 450$$

$$450 * 10^3 < 471.24 * 10^3$$

Boyutlar Uygun

$$bw = 350 \text{ mm} \rightarrow d = 450 \text{ mm}$$

$$H_d = 100 \text{ kN}$$

$$0.2V_d = 0.2 * 450 = 90 \text{ kN} \text{ (Büyük olan alınır.)}$$

$$A_s = \frac{V_d a_v + H_d (h - d)}{f_{yd} (0.8) d}$$

$$A_s = \frac{450 * 10^3 * 150 + 100 * 10^3 * (500 - 450)}{365 * 0.8 * 450} = 552 \text{ mm}^2$$

$$A_n = \frac{H_d}{f_{yd}} = \frac{100000}{365} = 274 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = A_s + A_n = 552 + 274 = 826 \text{ mm}^2$$

$$A_{wf} = \frac{V_d}{\mu f_{yd}} = \frac{450 * 10^3}{1.4 * 365} = 881 \text{ mm}^2$$

TS 500'e göre Kontrol

$$A_{st} \geq 0.05 \frac{f_{cd}}{f_{yd}} b_w d \rightarrow 826 < 0.05 \frac{17}{365} 350 * 450 = 367 \text{ mm}^2 \text{ (sağlıyor)}$$

$$A_{st} \geq \frac{2}{3} A_{wf} + A_n \rightarrow 826 > \frac{2}{3} 881 + 274 = 861 \text{ mm}^2 \text{ (sağlamıyor)}$$

$$A_{st} = 861 \text{ mm}^2$$

$$A_{sv} \geq 0.5(A_{st} - A_n) \rightarrow A_{sv} \geq 0.5(861 - 274) = 294 \text{ mm}^2 \text{ (Sağlıyor)}$$

Detaylandırma:

Gerekli Çekme Donatısı= 861 mm^2 ,

$$B \rightarrow 2\phi 14 = 308 \text{ mm}^2$$

$$A \rightarrow 2\phi 14 \text{ (firkete)} = 616 \text{ mm}^2$$

$$\text{Toplam} = 924 \text{ mm}^2$$

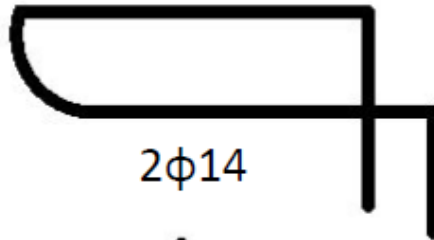
Gerekli Gövdedeki Yatay Kayma Donatısı = 881 mm^2 ,

$$C \rightarrow 5\phi 12 = 1131 \text{ mm}^2$$



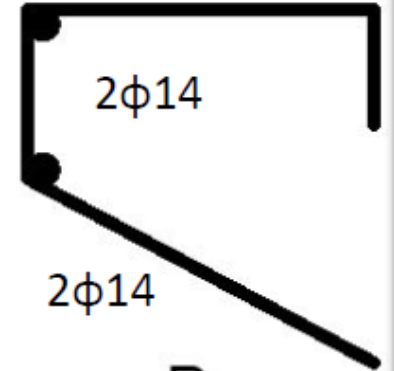
5φ12

C



2φ14

A

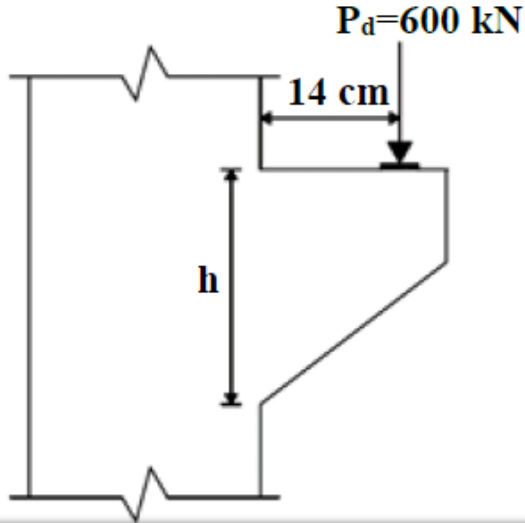


2φ14

2φ14

B

2)



- Şekilde verilen kısa konsolu boyutlandırınız.
- $b_w=350$ mm, $d=600$ mm olarak konsolun donatı hesabını yapınız ve donatıyı detaylandırınız. Malzemeler C25, S420 ve paspayı=50 mm.

Çözüm

a)

$$V_d = V_r$$
$$600 * 10^3 = 0.22 * f_{cd} * b_w * d$$
$$600 * 10^3 = 0.22 * 17 * b_w * d$$
$$b_w = 350 \text{ mm} \rightarrow d = 573 \text{ mm}$$

Seçilen boyular $b_w = 350$ mm ve $h = 650$ mm

b) $bw = 350 \text{ mm} \rightarrow d = 600 \text{ mm}$

$$A_s = \frac{V_d a_v + H_d (h - d)}{f_{yd} (0.8) d}$$

$$A_s = \frac{600 * 10^3 * 140 + 0 * (650 - 600)}{365 * 0.8 * 600} = 479 \text{ mm}^2$$

$$A_n = \frac{H_d}{f_{yd}} = 0 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = A_s + A_n = 479 \text{ mm}^2$$

$$A_{wf} = \frac{V_d}{\mu f_{yd}} = \frac{600 * 10^3}{1.4 * 365} = 1174 \text{ mm}^2$$

TS 500'e göre Kontrol

$$A_{st} \geq 0.05 \frac{f_{cd}}{f_{yd}} b_w d \rightarrow 479 < 0.05 \frac{17}{365} 350 * 600 = 783 \text{ mm}^2 \text{ (Sağlamıyor)}$$

$$A_{st} \geq \frac{2}{3} A_{wf} + A_n \rightarrow 479 < \frac{2}{3} 1174 + 0 = 783 \text{ mm}^2 \text{ (Sağlamıyor)}$$

$$A_{st} = 783 \text{ mm}^2$$

$$A_{sv} \geq 0.5(A_{st} - A_n) \rightarrow A_{sv} \geq 0.5(783 - 0) = 391 \text{ mm}^2 \text{ (Sağlıyor)}$$

Detaylandırma:

Gerekli Çekme Donatısı= 783 mm²,

$$B \rightarrow 2\phi 14 = 308 \text{ mm}^2$$

$$A \rightarrow 2\phi 14(\text{firkete}) = 615.44 \text{ mm}^2$$

$$\text{Toplam} = 924 \text{ mm}^2$$

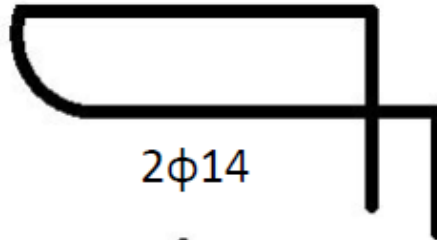
Gerekli Gövdedeki Yatay Kayma Donatısı = 1174 mm²,

$$C \rightarrow 4\phi 14 = 1232 \text{ mm}^2$$



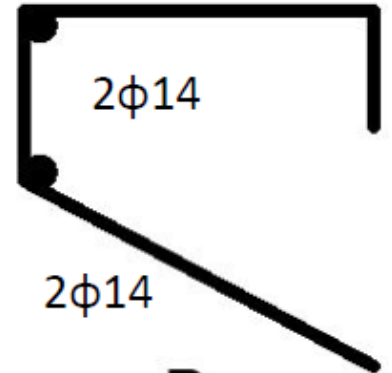
4φ14

C



2φ14

A



2φ14

2φ14

B