

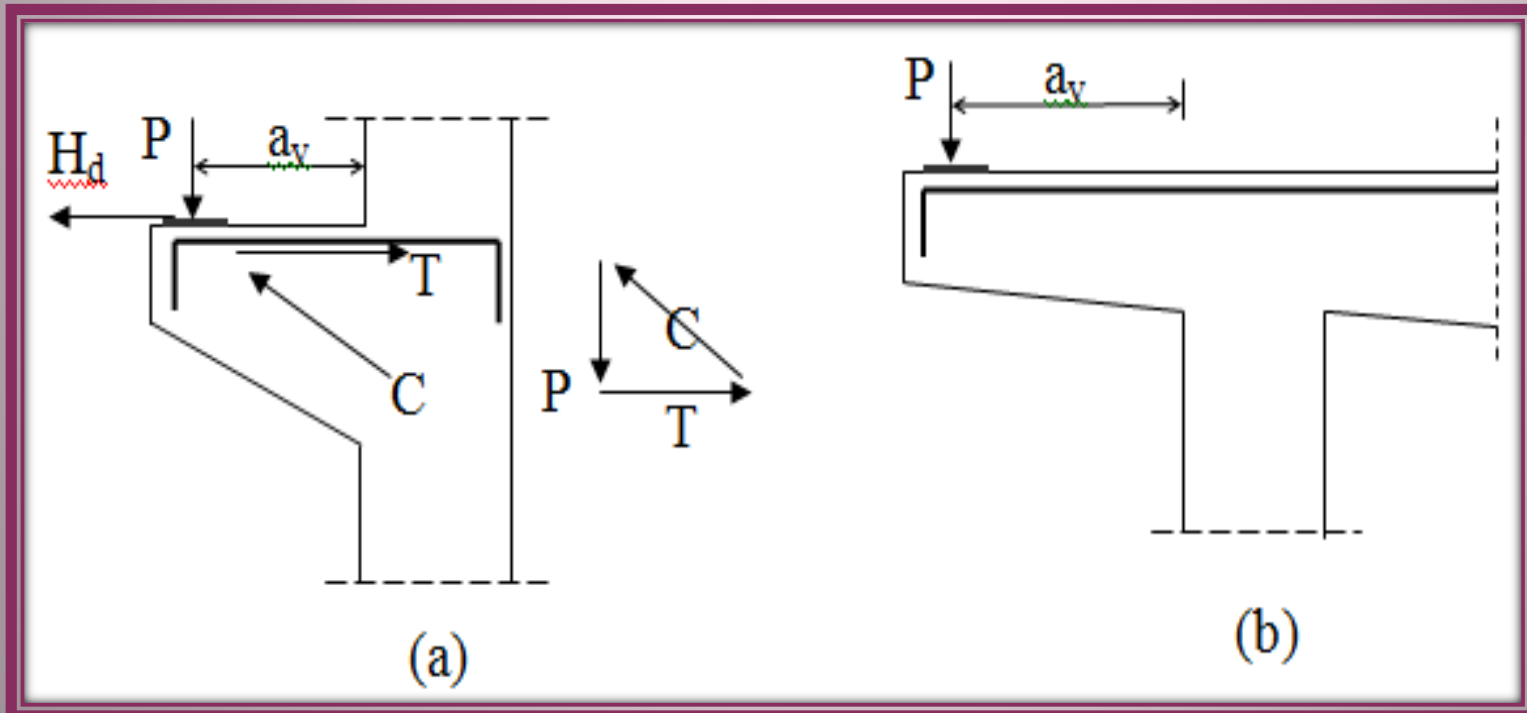


KISA KONSOLLAR

PROF. DR. CENGİZ DÜNDAR

KISA KONSOLLAR

Konsol kirişlerin boyu, derinliklerine 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 bağlıdır. Eğilmenin önemli olmaması nedeni ile T hemen hemen sabit kalacağından, sağda kolon yüzünden başlayarak, solda ise yük noktasının ötesinde yeterli kenetlenme boyunun sağlanması gerekmektedir.

Konsola oturan kirişlerde büzülme (rötre) ve sıcaklık değişimi nedeni ile oluşan ek zorlamaları dikkate alınmalıdır. Çok kısa konsollarda $a/d < 0.5$ Şekil (a)'da gösterilen 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.

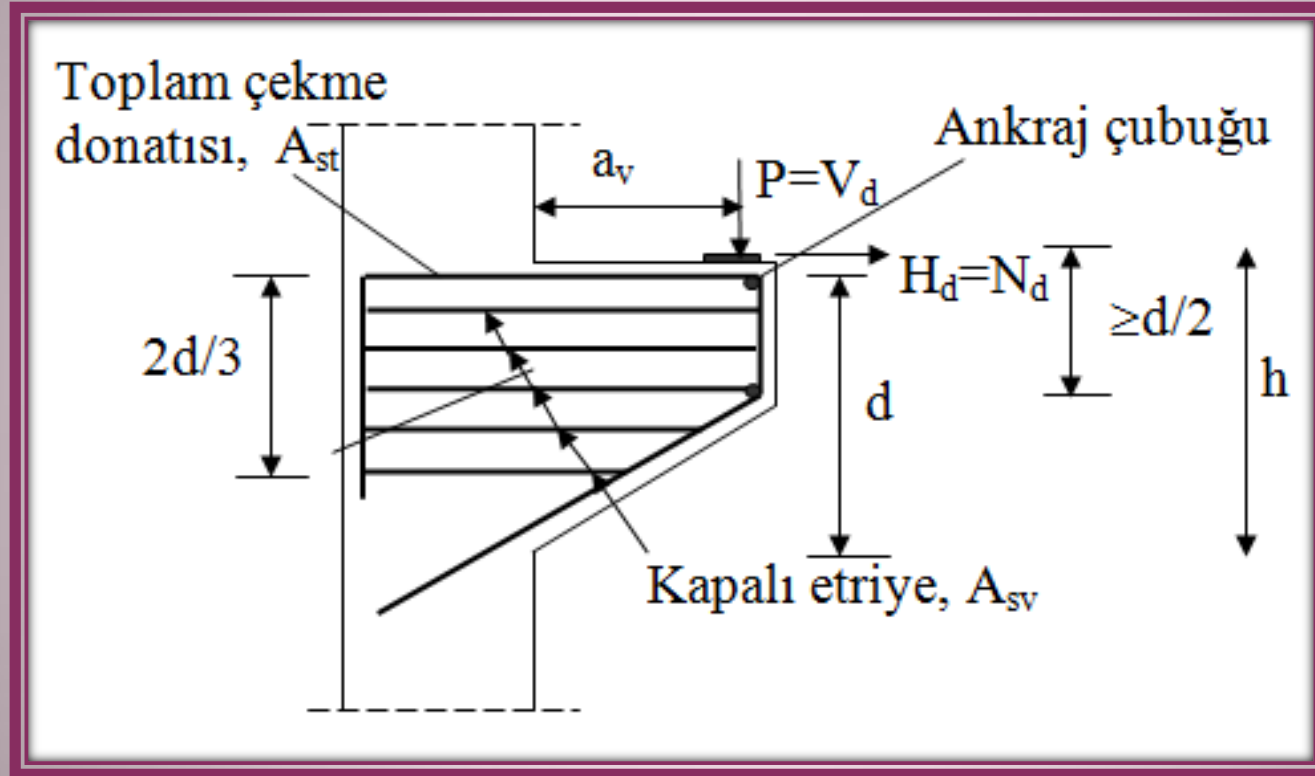
Konsolun kesme dayanımı;

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

değerini geçmemelidir.

Kayma Sürtünme Dayanımı

Kısa konsollarda sürtünme kesmesi için hesap yapılmalıdır.



Çok kısa konsollarda ($a/d < 0.5$) mesnetle kesme kuvveti yönünde çatlak oluşabilir. Bu durumda kırılma 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 şekilde A_{wf} olarak gösterilen kayma sürtünme donatısıdır.

$$A_{wf} = \frac{V_d}{f_{yd} \mu_f}$$

V_d : Konsol mesnetindeki hesap kesme kuvveti

μ_f : Sürtünme katsayısı

Monolitik yapılarda $\mu_f = 1.4$

Prefabrik yapılarda $\mu_f = 1.0$

TS 500'de Kısa Konsol Hesabı

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

$$A_{st} = (A_s + A_n) \geq \left(\frac{2}{3} A_{wf} + A_n \right)$$

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

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

$$A_n = \frac{H_d}{f_{yd}} \quad H_d \geq 0.2 V_d$$

olmalıdır.

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

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

$$V_r \geq V_d$$

A_{st} : Toplam çekme donatısı alanı

M_d : Konsol yüzündeki hesap momenti

d : Konsol yüzündeki faydalı yükseklik

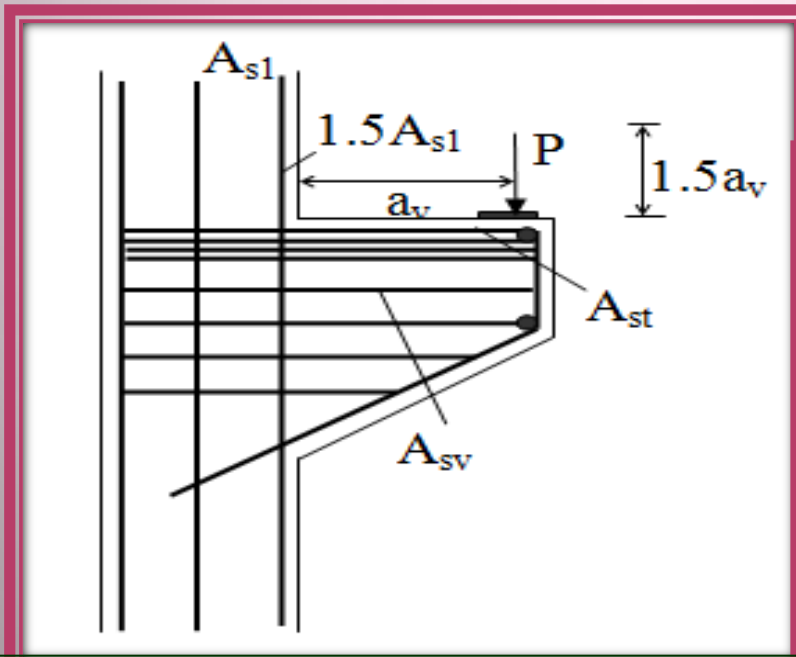
N_d : Konsola yük uygulayan kirişte büzülme ve ısı

değişiminden doğandeformasyonlar nedeni ile konsola uygulanan yük.

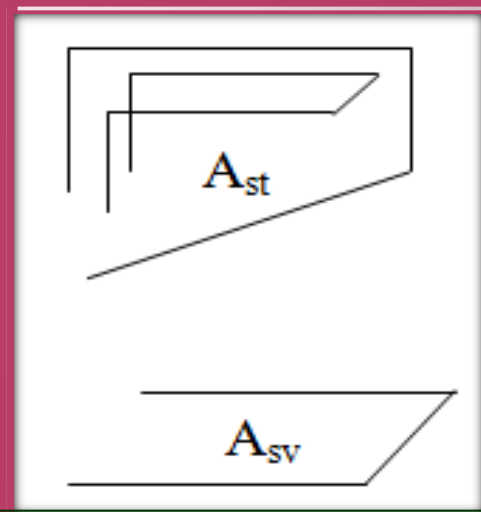
V_r : Kayma dayanımı

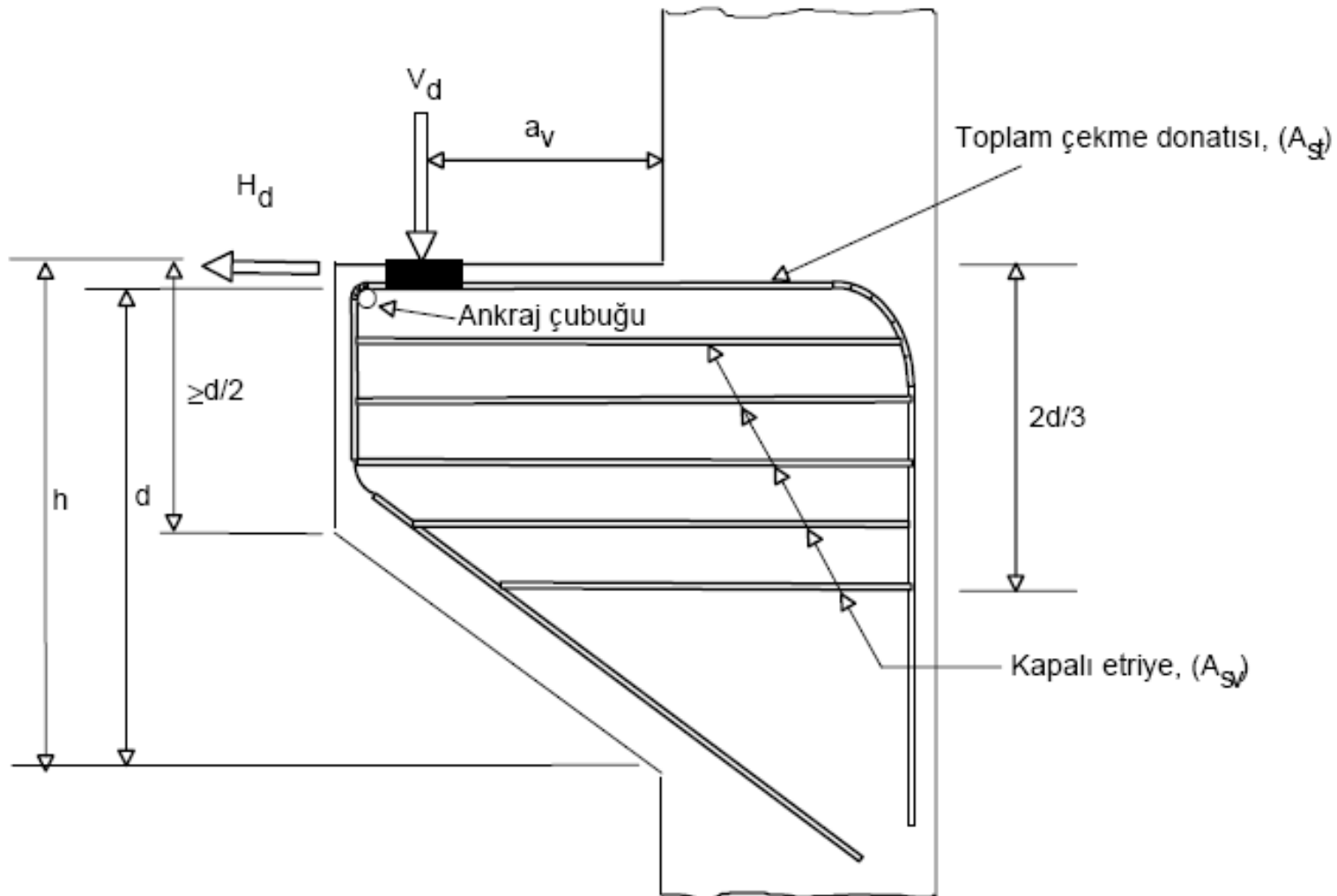
A_{sv} : Konsol eksenine paralele yerleştirilen kayma donatısı alanı.

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.



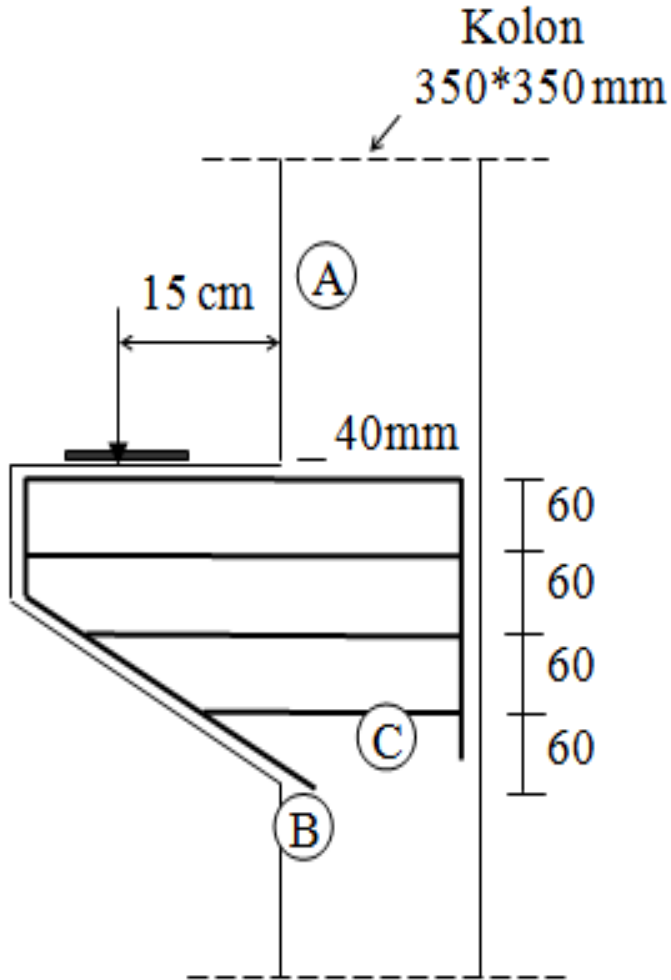
Kısa Konsol Donatı Detayı





ŞEKİL 8.6 - Kısa Konsol İle İlgili Tanımlar

ÖRNEK



Bilinen:

$P_g=150$ kN, $P_q=200$ 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

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

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

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

$b_w = 350 \text{ mm}$ 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 $691.47 \text{ mm}^2 (A_{st})$

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

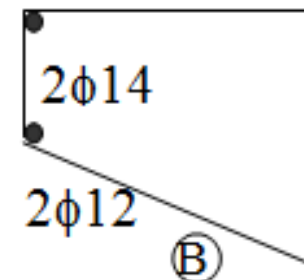
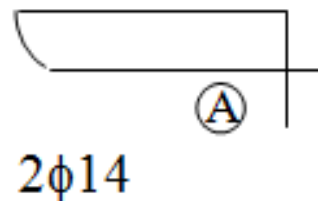
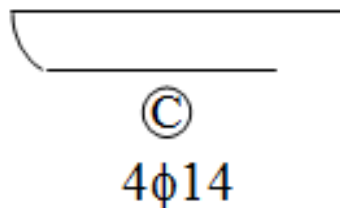
Ⓐ $2\phi 14 \text{ (firkete)} = 2 * 2 * 154 = 616 \text{ mm}^2$

+

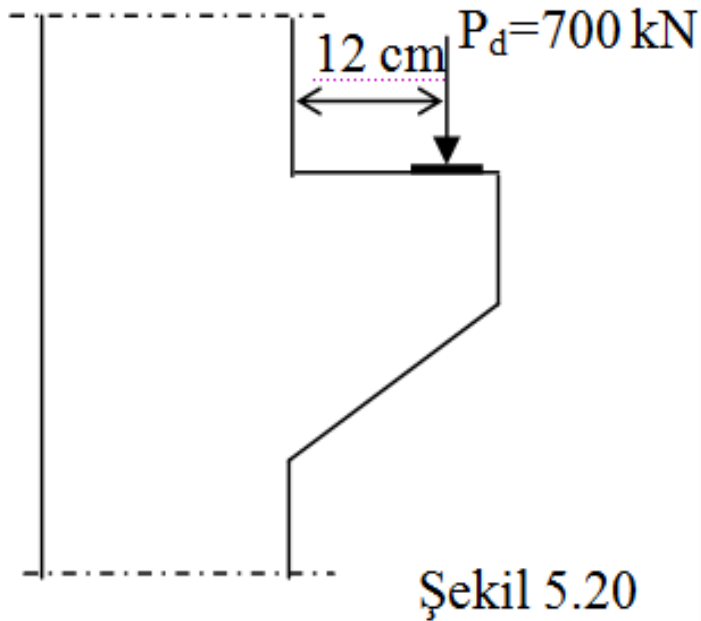
842 mm^2

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

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



Örnek



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

Çözüm:

a)

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

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

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

b)

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

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

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

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;

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

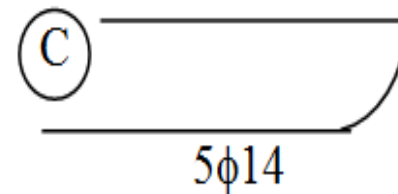
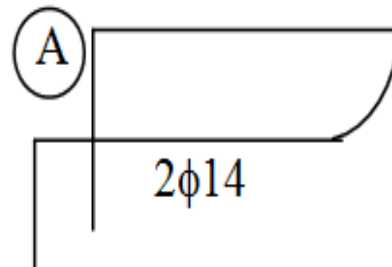
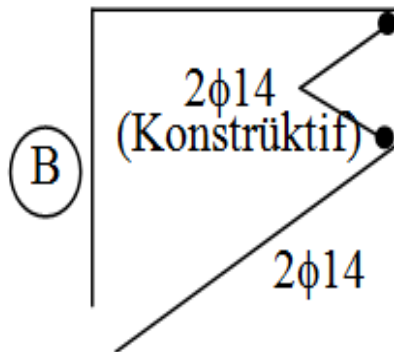
$$A_{st} \geq \frac{2}{3} \times 1370 = 913.3 \text{ mm}^2 > 618.6 \text{ mm}^2 \text{ olduğundan } A_{st} = 913.3 \text{ mm}^2 \text{ alınmalıdır.}$$

Detaylandırma:

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

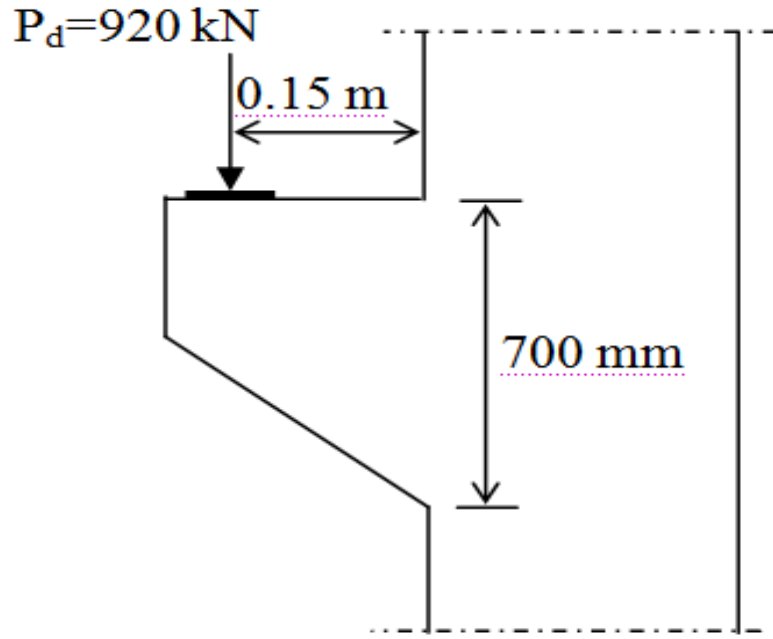
$$2\phi 14 \text{ (firkete)} = 2 \times 2 \times 154 = 616 \text{ mm}^2 \text{ (A)}$$

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.

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;

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

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

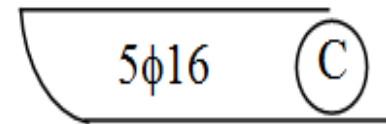
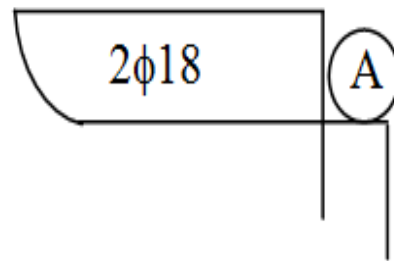
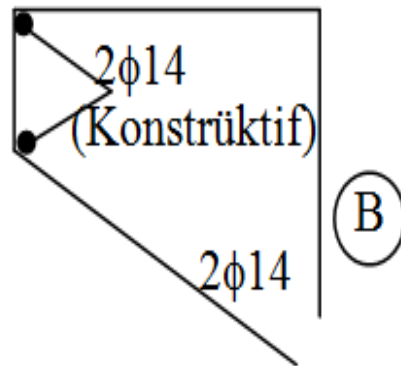
Detaylandırma:

Çekme Donatısı=1200 mm², Seçilen 2 ϕ 14=308 mm² (B)

2 ϕ 18 (firkete)=2 \times 2 \times 254=1016 mm² (A)

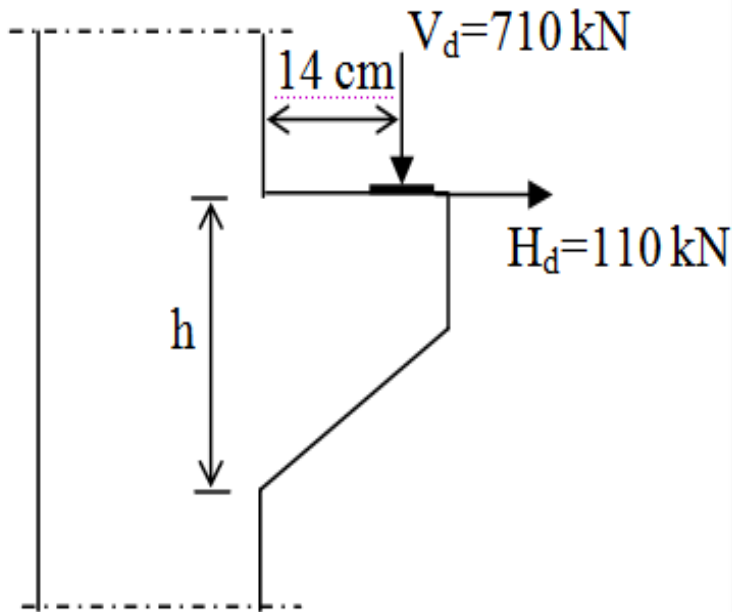
Gövdedeki yatay kayma donatısı, A_{wf}=1800 mm²

5 ϕ 16 (firkete)=2 \times 5 \times 201=2010 mm² (C)



Şekil 5.23

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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

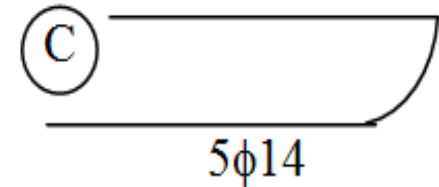
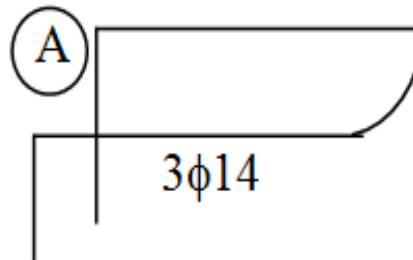
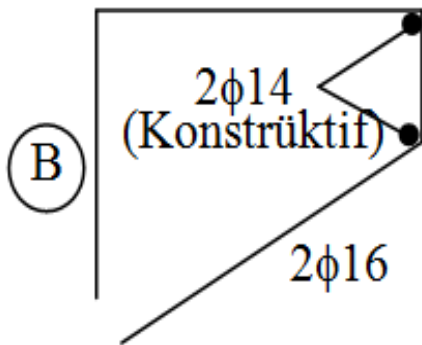
$$A_{sv} \geq 0.5(A_{st} - A_n) = 463 \text{ mm}^2$$

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)

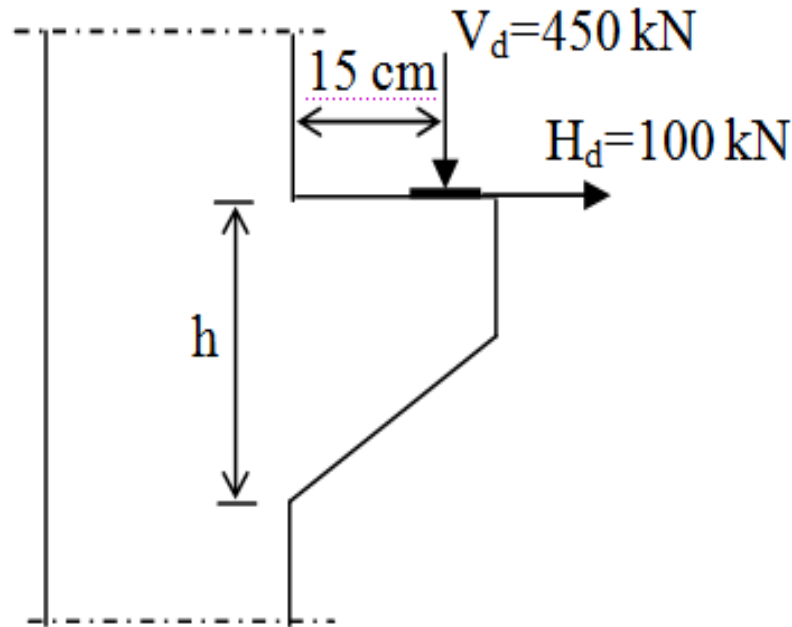
Gövdedeki yatay kayma donatısı: $5\phi 14$ (firkete) = $5 \times 2 \times 154 = 1540 \text{ mm}^2$ (C)



Şekil 5.25

Çalışma Soruları

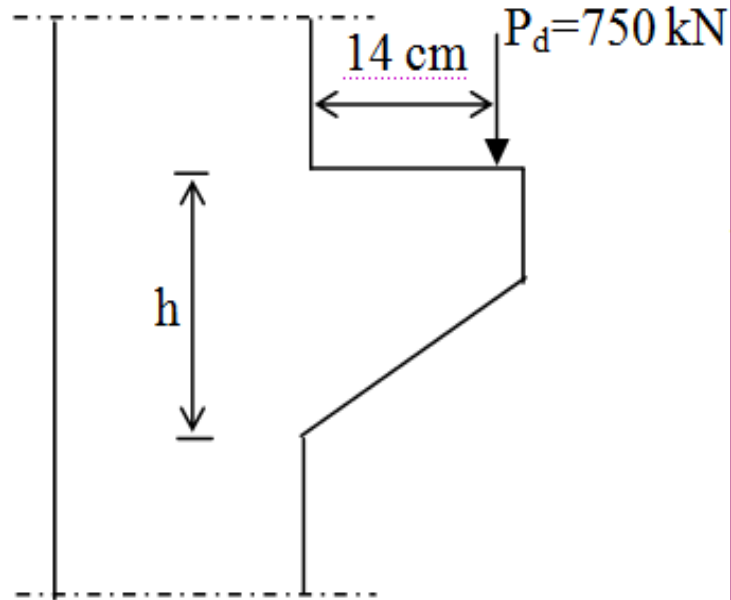
Soru



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.
- $b_w = 300 \text{ mm}$, $d = 600 \text{ mm}$ alarak konsolun donatı hesabını yapınız ve donatı detaylarını çiziniz. Malzeme C25, S420 ve paspayı = 50 mm.