



Çukurova Üniversitesi

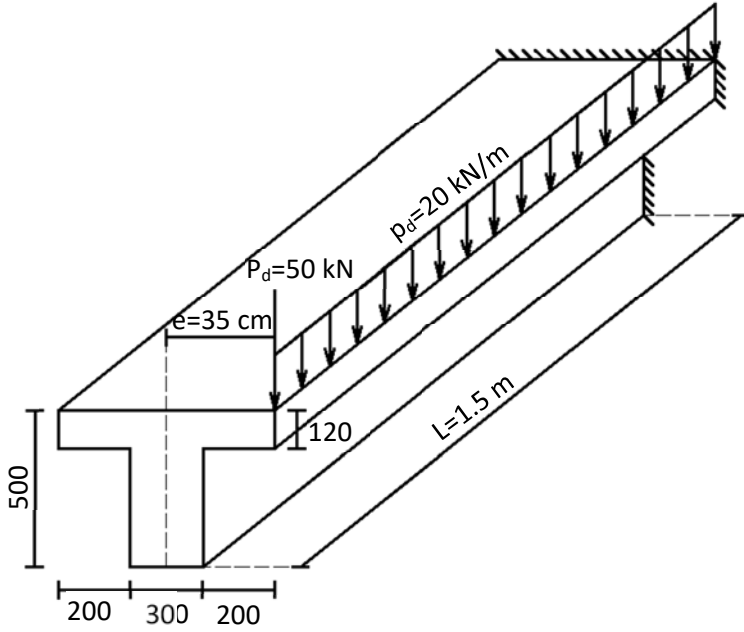
BETONARME 2

BURULMA ETKİSİ ÇALIŞMA SORULARI

Prof. Dr. Cengiz DÜNDAR

Arş. Gör. Yük. Müh. Sedat KARAAHMETLİ

Soru 1



Şekilde verilen konsol kirişe $p_d=20$ kN/m'lik düzgün yayılı yük ve $P_d=50$ kN'luk kuvvet $e=35$ cm eksantrisite ile etki etmektedir. Kirişin kesme, burulma ve eğilmeye göre tasarımını yapınız. Malzeme C20,S420, etriyeler S220 ve paspayı=40 mm. Beton katkısı %50 alınacaktır.

$$V_d = P_d + p_d * L = 50 + 20 * 1.5 = 80 \text{ kN}$$

$$M_d = P_d * L + \frac{p_d * L^2}{2} = 50 * 1.5 + \frac{20 * 1.5^2}{2} = 97.5 \text{ kNm}$$

$$T_d = P_d * e + p_d * e * L = 50 * 0.35 + 20 * 0.35 * 1.5 = 28 \text{ kNm}$$

1)Çatlama Kontrolü

- $V_{cr} = 0.65 f_{ctd} (b_w d) = 0.65 * 1.0 * (300 * 460) * 10^{-3} = 89.7 \text{ kN}$
- $T_{cr} = 1.35 S f_{ctd}$

$$S = \frac{1}{3} x_i^2 y_i = \frac{1}{3} (300^2 * 500 + 2 * 120^2 * 200) = 16.9 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$T_{cr} = 1.35 * 16.9 * 10^6 * 1.0 * 10^{-6} = 22.84 \text{ kNm}$$

- $\left(\frac{T_d}{T_{cr}} \right)^2 + \left(\frac{V_d}{V_{cr}} \right)^2 = \psi$

$$\left(\frac{28}{22.84} \right)^2 + \left(\frac{80}{89.7} \right)^2 = 2.30 > 1 \quad \text{olduğundan kesit çatlamıştır. Gövde donatısı gereklidir.}$$

2)Gövde Ezilme Kontrolü

$$\tau = \left(\frac{T_d}{1.35S} + \frac{V_d}{b_w d} \right) \leq \tau_{\max} = 0.22 * f_{cd}$$

$$\tau = \left(\frac{28 * 10^6}{1.35 * 16.9 * 10^6} + \frac{80000}{300 * 460} \right) \leq \tau_{\max} = 0.22 * 13$$

$$1.81 \leq 2.86 \quad \text{Boyutlar yeterli}$$

3)Gövde Donatısı (Kesme+Burulma)

$$\frac{A_0}{s} = \frac{A_{0t}}{s} + \frac{A_{0v}}{s} \geq \min \frac{A_0}{s}$$

$$\bullet \quad \frac{A_{0t}}{s} = \frac{T_d}{2A_e f_{ywd}}$$

$$A_e = b_k * h_k = (300 - 2 * 40) * (500 - 2 * 40) = 92400 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{0t}}{s} = \frac{28 * 10^6}{2 * 92400 * 191} = 0.793 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

$$\bullet \quad \frac{A_{0v}}{s} = \frac{V_d - V_c}{f_{ywd} d(n)} = \frac{(80 - 0.5 * 0.8 * 89.7) 10^3}{191 * 460 * 2} = 0.251 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

$$\bullet \quad \min \frac{A_0}{s} = 0.15 \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}} \left(1 + 1.3 \frac{T_d}{V_d * b_w} \right) b_w$$

$$\min \frac{A_0}{s} = 0.15 \frac{1}{191} \left(1 + 1.3 \frac{28 * 10^6}{80 * 10^3 * 300} \right) 300 = 0.593 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

$$\bullet \quad \frac{A_0}{s} = \frac{A_{0t}}{s} + \frac{A_{0v}}{s} = 0.793 + 0.251 = 1.044 \geq \min \frac{A_0}{s}$$

$$\text{Etriye çapı } \phi 10 \text{ seçilirse } A_0 = \frac{\pi * 10^2}{4} = 78.54 \text{ mm}^2$$

$$s = 75.2 \text{ mm} < \frac{d}{2} = 230 \text{ mm}, \quad \frac{U_e}{8} = \frac{2 * (b_k + h_k)}{8} = \frac{2 * (220 + 420)}{8} = 160 \text{ mm}, 300 \text{ mm}$$

Etriye $\phi 10/7.5 \text{ cm}$

4)Boyuna Donatı (Burulma)

$$A_{sl} = \frac{A_{ot}}{s} U_e \frac{f_{ywd}}{f_{yd}} = 0.793 * 1280 * \frac{191}{365} = 531.3 \text{ mm}^2$$

5)Boyuna Donatı (Eğilme)

$$M_d = 97.5 \text{ kNm}$$

$$K_l = \frac{4.95}{f_{cd}} = 380 \text{ mm}^2 / \text{kN} , \quad K = \frac{b_w d^2}{M_d} = \frac{300 * 460^2}{97.5 * 10^3} = 651 \text{ mm}^2 / \text{kN}$$

$K > K_l$ olduğundan tek donatılı

$$jd = 0.9 * d = 414 \text{ mm}$$

$$jd = d - \frac{h_f}{2} = 400 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} * j * d} = \frac{97.5 * 10^6}{365 * 414} = 645 \text{ mm}^2$$

$$A_{\min} = 0.8 * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * b_w * d = 0.8 * \frac{1}{365} * 300 * 460 = 302 \text{ mm}^2$$

$$A_s > A_{\min}$$

6)Boyuna Donatı Seçimi

$$\text{Üstte } 645 + \frac{531.3}{2} = 910.9 \text{ mm}^2$$

Seçilen Donatı

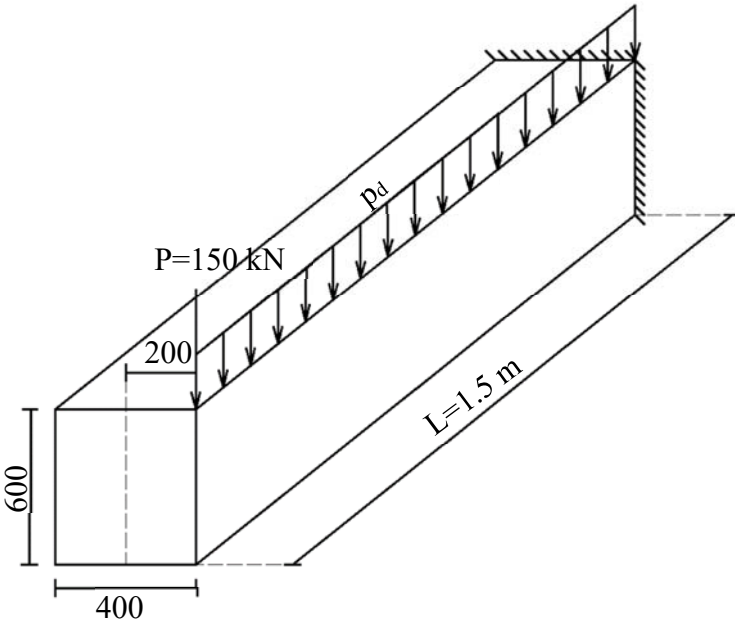
$$5\phi 16 \text{ Düz} = 1005 \text{ mm}^2$$

$$\text{Altta } 0 + \frac{531.3}{2} = 265.7 \text{ mm}^2$$

Mevcut Donatı

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

Soru 2



Şekilde verilen bir ucu ankastre kiriş burulma, eğilme momenti ve kesme kuvveti etkisindedir. Kirişte toplam $\phi 10/7.5$ cm burulma ve kesme etriyesi bulunduğuna göre;

a) Kirişe 200 mm eksantrisite ile etkiyebilecek maksimum p_d yayılı yükünü hesaplayınız.

b) $p_d = 42.5$ kN/m olarak kirişin eğilme ve boyuna burulma donatısını hesaplayınız.

Malzeme **C20, S420, etriyeler S220**, paspayı=30 mm. Betonun kesme dayanımına katkısı %100 varsayılacaktır.

Çözüm

1) Gövde Donatısı (Kesme+Burulma)

$$T_d = e * p_d * L + P_d * e = 0.20 * p_d * 1.5 + 150 * 0.2 = 0.3 p_d + 30 \text{ kNm}$$

$$V_d = p_d * L + P_d = p_d * 1.5 + 150 = 1.5 p_d + 150 \text{ kN}$$

$$\frac{A_0}{s} = \frac{A_{0t}}{s} + \frac{A_{0v}}{s} = \frac{T_d}{2A_e f_{ywd}} + \frac{V_d - V_c}{f_{ywd} d(n)}$$

$$A_0 = \frac{\pi * 10^2}{4} = 78.54 \text{ mm}^2$$

$$s = 75 \text{ mm}$$

$$A_e = b_k * h_k = (400 - 2 * 30) * (600 - 2 * 30) = 183600 \text{ mm}^2$$

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} (b_w d) = 0.65 * 1.0 * (400 * 570) * 10^{-3} = 148.2 \text{ kN}$$

$$V_c = 0.8 * V_{cr} = 118.6 \text{ kN}$$

$$\frac{A_0}{s} = \frac{A_{0t}}{s} + \frac{A_{0v}}{s} = \frac{T_d}{2A_e f_{ywd}} + \frac{V_d - V_c}{f_{ywd} d(n)}$$

$$\frac{78.54}{75} = \frac{(0.3 p_d + 30) * 10^6}{2 * 183600 * 191} + \frac{((1.5 p_d + 150) - 118.6) * 10^3}{191 * 570 * 2}$$

$$1.05 = 0.0043 p_d + 0.4278 + 0.0069 p_d + 0.1444$$

$$P_d = 42.5 \text{ kN / m}$$

2)Boyuna Donatı (Burulma)

$$p_d = 42.5 \text{ kN} / \text{m}$$

$$T_d = 0.30P_d + 30 = 0.30 \cdot 42.5 + 30 = 42.8 \text{ kNm}$$

$$U_e = 2(b_k + h_k) = 2(340 + 540) = 1760 \text{ mm}$$

$$A_{st} = \frac{A_{ot}}{s} U_e \frac{f_{ywd}}{f_{yd}} = \frac{T_d}{2A_e f_{ywd}} U_e \frac{f_{ywd}}{f_{yd}}$$

$$A_{st} = \frac{42.8 \cdot 10^6}{2 \cdot 183600 \cdot 191} \cdot 1760 \cdot \frac{191}{365} = 561.4 \text{ mm}^2$$

3)Boyuna Donatı (Eğilme)

$$M_d = \frac{p_d L^2}{2} + P_d \cdot L = \frac{42.5 \cdot 1.5^2}{2} + 150 \cdot 1.5 = 272.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$K_l = \frac{4.95}{f_{cd}} = 380 \text{ mm}^2 / \text{kN} \quad , \quad K = \frac{b_w d^2}{M_d} = \frac{400 \cdot 570^2}{272.8 \cdot 10^3} = 476 \text{ mm}^2 / \text{kN}$$

$K > K_l$ olduğundan tek donatılı

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot j \cdot d} = \frac{272.8 \cdot 10^6}{365 \cdot 0.86 \cdot 570} = 1525 \text{ mm}^2$$

$$A_{\min} = 0.8 \cdot \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} \cdot b_w \cdot d = 0.8 \cdot \frac{1.0}{365} \cdot 400 \cdot 570 = 500 \text{ mm}^2$$

$$A_s > A_{\min}$$

4)Toplam Donatı Alanı ve Seçimi (Eğilme+Burulma)

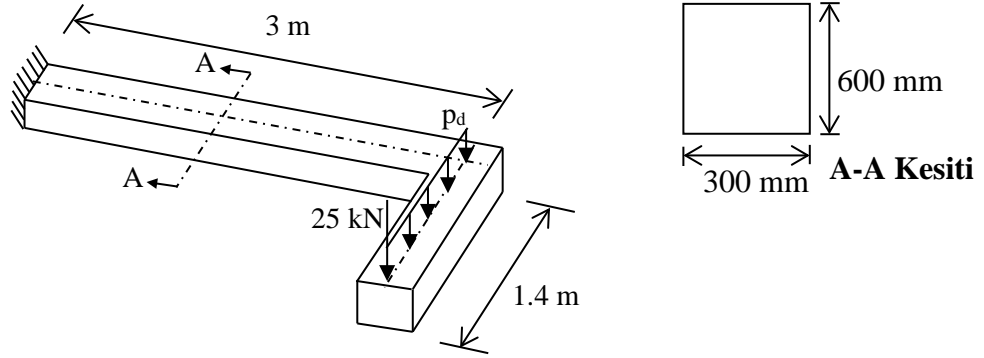
Üstte	Eğilme	1525
	Burulma	280.7
	Toplam	1805.4
Altta	Eğilme	0
	Burulma	280.7
	Toplam	280.7

Seçilen Donatı

Üstte 6 ϕ 20 (1885 mm²)

Altta 2 ϕ 14 (308 mm²)

1)



Şekilde verilen konsol boyunca $\phi 10/7$ cm etriye bulunduğuna göre;

- Kirişin taşıyabileceği maksimum p_d yayılı yükünü hesaplayınız.
- $p_d = 30$ kN/m olarak konsol için gerekli donatıyı hesaplayınız. (Malzeme C30, S420, Etriye S220, Paspayı 30 mm, betonun kesme katkısı %100 alınacaktır.)

Çözüm

1) Gövde Donatısı (Kesme+Burulma)

$$T_d = p_d \cdot \frac{1.4^2}{2} + P_d \cdot 1.4 = 0.98p_d + 35 \text{ kNm}$$

$$V_d = 1.4p_d + 25 \text{ kN}$$

$$\frac{A_0}{s} = \frac{A_{0t}}{s} + \frac{A_{0v}}{s} = \frac{T_d}{2A_e f_{ywd}} + \frac{V_d - V_c}{f_{ywd} d(n)}$$

$$A_0 = \frac{\pi \cdot 10^2}{4} = 78.54 \text{ mm}^2$$

$$s = 75 \text{ mm}$$

$$A_e = b_k \cdot h_k = (300 - 2 \cdot 30) \cdot (600 - 2 \cdot 30) = 129600 \text{ mm}^2$$

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} (b_w d) = 0.65 \cdot 1.2 \cdot (300 \cdot 570) \cdot 10^{-3} = 133.4 \text{ kN}$$

$$V_c = 0.8 \cdot V_{cr} = 106.7 \text{ kN}$$

$$\frac{A_0}{s} = \frac{A_{0t}}{s} + \frac{A_{0v}}{s} = \frac{T_d}{2A_e f_{ywd}} + \frac{V_d - V_c}{f_{ywd} d(n)}$$

$$\frac{78.54}{70} = \frac{(0.98p_d + 35) \cdot 10^6}{2 \cdot 129600 \cdot 191} + \frac{((1.4p_d + 25) - 106.7) \cdot 10^3}{191 \cdot 570 \cdot 2}$$

$$1.12 = 0.0198p_d + 0.7070 + 0.0064p_d - 0.3752$$

$$P_d = 30.1 \text{ kN / m}$$

2)Boyuna Donatı (Burulma)

$$p_d = 30 \text{ kN / m}$$

$$T_d = 0.98P_d + 35 = 0.98*30 + 35 = 64.4 \text{ kNm}$$

$$U_e = 2(b_k + h_k) = 2(240 + 540) = 1560 \text{ mm}$$

$$A_{st} = \frac{A_{ot} U_e}{s} \frac{f_{ywd}}{f_{yd}} = \frac{T_d}{2A_e f_{ywd}} U_e \frac{f_{ywd}}{f_{yd}}$$

$$A_{st} = \frac{64.4 * 10^6}{2 * 129600 * 191} * 1560 * \frac{191}{365} = 1061.9 \text{ mm}^2$$

3)Boyuna Donatı (Eğilme)

$$M_d = p_d * 1.4 * 3 + P_d * 3 = 201 \text{ kNm}$$

$$K_1 = \frac{4.95}{f_{cd}} = 291 \text{ mm}^2 / \text{kN} \quad , \quad K = \frac{b_w d^2}{M_d} = \frac{300 * 570^2}{201 * 10^3} = 485 \text{ mm}^2 / \text{kN}$$

$K > K_1$ olduğundan tek donatılı

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} * j * d} = \frac{201 * 10^6}{365 * 0.86 * 570} = 1123.4 \text{ mm}^2$$

$$A_{\min} = 0.8 * \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} * b_w * d = 0.8 * \frac{1.2}{365} * 300 * 570 = 450 \text{ mm}^2$$

$$A_s > A_{\min}$$

4)Toplam Donatı Alanı ve Seçimi (Eğilme+Burulma)

Üstte	Eğilme	1123.4
	Burulma	530.9
	Toplam	1654.3
Altta	Eğilme	0
	Burulma	530.9
	Toplam	530.9

Seçilen Donatı

Üstte 6 ϕ 20 (1885 mm²)

Altta 4 ϕ 14 (616 mm²)