



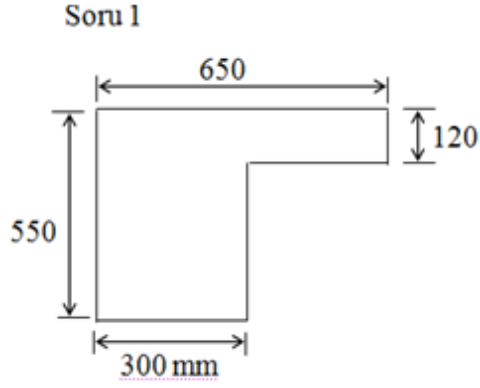
Çukurova Üniversitesi

BETONARME 2

BURULMA ETKİSİ ÇALIŞMA SORULARI

Prof. Dr. Cengiz DÜNDAR

Arş. Gör. Yük. Müh. Sedat KARAAHMETLİ



Şekil 6.10'da verilen kiriş kesitinde;
 $T_d=30$ kNm
 $V_d=120$ kN olduğuna göre kesitin boyutlarını kontrol ederek gerekli donatı miktarını hesaplayınız.
 Malzeme C20, S420, etriyeler S220 ve paspayı=50 mm.

Şekil 6.10

1)Çatlama Kontrolü

- $V_{cr} = 0.65 f_{ctd} (b_w d) = 0.65 * 1 * (300 * 500) * 10^{-3} = 97.5$ kN
- $T_{cr} = 1.35 S f_{ctd}$

$$S = \frac{1}{3} \sum x_i^2 y_i = \frac{1}{3} (300^2 * 550 + 120^2 * 350) = 18.18 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$T_{cr} = 1.35 * 18.18 * 10^6 * 1 * 10^{-6} = 24.543 \text{ kNm}$$

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

$$\left(\frac{30}{24.543} \right)^2 + \left(\frac{120}{97.5} \right)^2 = 3.01 > 1 \quad \text{olduğundan kesit çatlamıştır. Gövde donatısı gereklidir.}$$

2)Gövde Ezilme Kontrolü

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

$$\tau = \left(\frac{30 * 10^6}{1.35 * 18.18 * 10^6} + \frac{120000}{300 * 550} \right) \leq \tau_{\max} = 0.22 * 13$$

$$1.95 \leq 2.86 \quad \text{Boyutlar yeterli}$$

3)Gövde Donatısı (Kesme+Burulma)

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

- $\frac{A_{0l}}{s} = \frac{T_d}{2A_e f_{ywd}}$

$$A_e = b_k * h_k = (300 - 2 * 50) * (550 - 2 * 50) = 90000 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{0l}}{s} = \frac{30 * 10^6}{2 * 90000 * 191} = 0.8726 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

- $\frac{A_{0v}}{s} = \frac{V_d - V_c}{f_{ywd} d(n)} = \frac{(120 - 0.8 * 97.5) 10^3}{191 * 500 * 2} = 0.2199 \text{ mm}^2 / \text{mm}$

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

$$\min \frac{A_0}{s} = 0.15 \frac{1}{191} \left(1 + 1.3 \frac{30 * 10^6}{120 * 10^3 * 300} \right) 300 = 0.4908 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

- $\frac{A_0}{s} = \frac{A_{0l}}{s} + \frac{A_{0v}}{s} = 0.8726 + 0.2199 = 1.0925 \geq \min \frac{A_0}{s}$

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

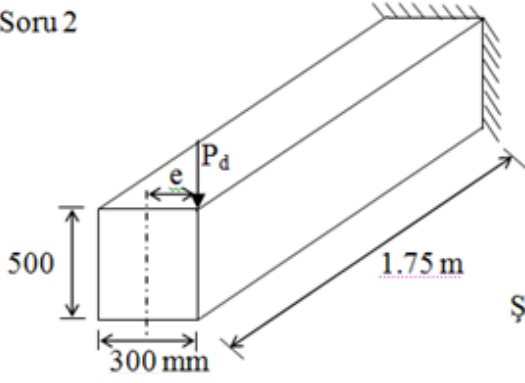
$$s = 71 \text{ mm} < \frac{d}{2} = 250 \text{ mm}, \frac{U_e}{8} = \frac{2 * (b_k + h_k)}{8} = \frac{2 * (200 + 450)}{8} = 162.5 \text{ mm}, 300 \text{ mm}$$

Etriye $\phi 10/7$ cm

4)Boyuna Donatı (Burulma)

$$A_{sl} = \frac{A_{0l}}{s} U_e \frac{f_{ywd}}{f_{yd}} = 0.8726 * 1300 * \frac{191}{365} = 593.6 \text{ mm}^2$$

Soru 2



Şekil 6.11 'de verilen konsol kirişe $P_d=120$ kN luk tekil kuvvet $e=13$ cm eksantrisine ile etki etmektedir. Kirişin kesme, burulma ve eğilmeye göre tasarımını yapınız. Malzeme C25, S420, etriyeler S220 ve paspayı=40 mm.

Şekil 6.11

$$V_d = 120 \text{ kN}$$

$$M_d = 120 * 1.75 = 210 \text{ kNm}$$

$$T_d = 120 * 0.13 = 15.6 \text{ kNm}$$

1)Çatlama Kontrolü

- $V_{cr} = 0.65 f_{ctd} (b_w d) = 0.65 * 1.2 * (300 * 460) * 10^{-3} = 107.64 \text{ kN}$
- $T_{cr} = 1.35 S f_{ctd}$

$$S = \frac{1}{3} x_i^2 y_i = \frac{1}{3} 300^2 * 500 = 15 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$T_{cr} = 1.35 * 15 * 10^6 * 1.2 * 10^{-6} = 24.3 \text{ kNm}$$

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

$$\left(\frac{15.6}{24.3} \right)^2 + \left(\frac{120}{107.64} \right)^2 = 1.65 > 1 \quad \text{olduğundan kesit çatlamıştır. Gövde donatısı gereklidir.}$$

2)Gövde Ezilme Kontrolü

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

$$\tau = \left(\frac{15.6 * 10^6}{1.35 * 15 * 10^6} + \frac{120000}{300 * 460} \right) \leq \tau_{\max} = 0.22 * 17$$

$$1.64 \leq 3.74 \quad \text{Boyutlar yeterli}$$

3)Gövde Donatısı (Kesme+Burulma)

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

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

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

$$\frac{A_{0t}}{s} = \frac{15.6 * 10^6}{2 * 92400 * 191} = 0.442 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

- $\frac{A_{0v}}{s} = \frac{V_d - V_c}{f_{ywd} d(n)} = \frac{(120 - 0.8 * 107.64) 10^3}{191 * 460 * 2} = 0.193 \text{ mm}^2 / \text{mm}$

- $\min \frac{A_0}{s} = 0.15 \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}} \left(1 + 1.3 \frac{T_d}{V_d * b_w} \right) b_w$
 $\min \frac{A_0}{s} = 0.15 \frac{1.2}{191} \left(1 + 1.3 \frac{15.6 * 10^6}{120 * 10^3 * 300} \right) 300 = 0.4416 \text{ mm}^2 / \text{mm}$

- $\frac{A_0}{s} = \frac{A_{0t}}{s} + \frac{A_{0v}}{s} = 0.442 + 0.193 = 0.635 \geq \min \frac{A_0}{s}$

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

$$s = 123 \text{ mm} < \frac{d}{2} = 250 \text{ mm}, \frac{U_e}{8} = \frac{2 * (b_k + h_k)}{8} = \frac{2 * (200 + 450)}{8} = 162.5 \text{ mm}, 300 \text{ mm}$$

Etriye $\phi 10/12 \text{ cm}$

4)Boyuna Donatı (Burulma)

$$A_{sl} = \frac{A_{ot}}{s} U_e \frac{f_{ywd}}{f_{yd}} = 0.442 * 1280 * \frac{191}{365} = 296.05 \text{ mm}^2$$

5)Boyuna Donatı (Eğilme)

$$M_d = 210 \text{ kNm}$$

$$jd = 0.86 * d$$

$$K_l = \frac{4.95}{f_{cd}} = 291 \text{ mm}^2 / \text{kN} \quad , \quad K = \frac{b_w d^2}{M_d} = \frac{300 * 460^2}{210 * 10^3} = 302 \text{ mm}^2 / \text{kN}$$

$K > K_l$ olduğundan tek donatılı

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} * j * d} = \frac{210 * 10^6}{365 * 0.86 * 460} = 1454 \text{ mm}^2$$

$$A_{\min} = 1 * \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} * b_w * d = 1 * \frac{1.2}{365} * 300 * 460 = 453.69 \text{ mm}^2$$

$$A_s > A_{\min}$$

6)Boyuna Donatı Seçimi

$$\text{Üstte } 1454 + \frac{296.05}{2} = 1602 \text{ mm}^2$$

Seçilen Donatı

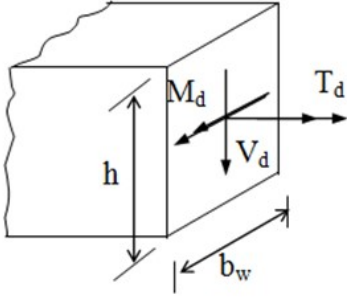
$$7\phi 18 \text{ Düz} = 1781 \text{ mm}^2$$

$$\text{Altta } 0 + \frac{296.05}{2} = 148 \text{ mm}^2$$

Mevcut Donatı

$$2\phi 12 \text{ Montaj} = 226 \text{ mm}^2$$

Soru 3



Şekilde verilen kiriş;

$V_d=250$ kN kesme kuvveti, $M_d=380$ kNm eğilme momenti ve $T_d=50$ kNm burulma momentine maruzdur. Kirişin boyutlarını belirleyerek (b_w, h) tasarımını yapınız. Malzeme C25, S420 ve paspayı=40 mm. (Beton katkısı %50 alınacaktır.)

$$V_d = 250 \text{ kN}$$

$$M_d = 380 \text{ kNm}$$

$$T_d = 50 \text{ kNm}$$

1) Boyutlandırma

Eğilmeye göre boyutlandır

$$K_l = \frac{4.95}{f_{cd}} = 291 \text{ mm}^2 / \text{kN}$$

$$K_l * M_d = b_w d^2$$

$$291 * 380 * 10^3 = b_w d^2$$

$$b_w d^2 = 110647 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$b_w = 400 \text{ mm seçilirse } d = 526 \text{ mm}$$

Kesmeye göre boyutlandırma

$$b_w * d \geq \frac{0.9 * V_d}{f_{ctd}} = \frac{0.9 * 250 * 10^3}{1.1}$$

$$b_w * d \geq 204545$$

$$b_w = 400 \text{ mm seçilirse } d \geq 511 \text{ mm}$$

Eğilme ve Kesmeye göre $b_w = 400$ mm $h = 600$ mm seçilmiştir.

Bu boyutlar burulmaya göre de kontrol edilecektir.

2)Çatlama Kontrolü

- $V_{cr} = 0.65 f_{ctd} (b_w d) = 0.65 * 1.1 * (400 * 560) * 10^{-3} = 160.2 \text{ kN}$
- $T_{cr} = 1.35 S f_{ctd}$

$$S = \frac{1}{3} x_i^2 y_i = \frac{1}{3} 400^2 * 600 = 32 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$T_{cr} = 1.35 * 32 * 10^6 * 1.1 * 10^{-6} = 47.52 \text{ kNm}$$

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

$$\left(\frac{50}{47.52} \right)^2 + \left(\frac{250}{160.2} \right)^2 = 3.54 > 1 \quad \text{olduğundan kesit çatlamıştır. Gövde donatısı gereklidir.}$$

3)Gövde Ezilme Kontrolü

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

$$\tau = \left(\frac{50 * 10^6}{1.35 * 32 * 10^6} + \frac{250000}{400 * 560} \right) \leq \tau_{\max} = 0.22 * 17$$

$$2.27 < 3.74 \quad \text{Boyutlar yeterli}$$

4)Gövde Donatısı (Kesme+Burulma)

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

- $\frac{A_{0l}}{s} = \frac{T_d}{2A_e f_{ywd}}$

$$A_e = b_k * h_k = (400 - 2 * 40) * (600 - 2 * 40) = 166400 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{0l}}{s} = \frac{50 * 10^6}{2 * 166400 * 191} = 0.787 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

- $\frac{A_{0v}}{s} = \frac{V_d - 0.5V_c}{f_{ywd} d(n)} = \frac{(250 - 0.5 * 0.8 * 160.2) 10^3}{191 * 560 * 2} = 0.869 \text{ mm}^2 / \text{mm}$

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

$$\min \frac{A_0}{s} = 0.15 \frac{1.1}{191} \left(1 + 1.3 \frac{50 * 10^6}{250 * 10^3 * 400} \right) 400 = 0.570 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$
- $$\frac{A_0}{s} = \frac{A_{0l}}{s} + \frac{A_{0v}}{s} = 0.787 + 0.869 = 1.656 \geq \min \frac{A_0}{s}$$

Etriye çapı $\phi 12$ seçilirse $A_0 = \frac{\pi * 12^2}{4} = 113.09 \text{ mm}^2$

$$s = 68.3 \text{ mm} < \frac{d}{2} = 280 \text{ mm}, \frac{U_e}{8} = 210 \text{ mm}, 300 \text{ mm}$$

Etriye $\phi 12/6.5 \text{ cm}$

5) Boyuna Donatı (Burulma)

$$A_{sl} = \frac{A_{0l}}{s} U_e \frac{f_{ywd}}{f_{yd}} = 0.787 * 1680 * \frac{191}{365} = 691.5 \text{ mm}^2$$

6) Boyuna Donatı (Eğilme)

$$M_d = 380 \text{ kNm}$$

$$jd = 0.86 * d$$

$$K_l = \frac{4.95}{f_{cd}} = 291 \text{ mm}^2 / \text{kN}, \quad K = \frac{b_w d^2}{M_d} = \frac{400 * 560^2}{380 * 10^3} = 330 \text{ mm}^2 / \text{kN}$$

$K > K_l$ olduğundan tek donatılı

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} * j * d} = \frac{380 * 10^6}{365 * 0.86 * 560} = 2162 \text{ mm}^2$$

$$A_{\min} = 0.8 * \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} * b_w * d = 0.8 * \frac{1.1}{365} * 400 * 560 = 675 \text{ mm}^2$$

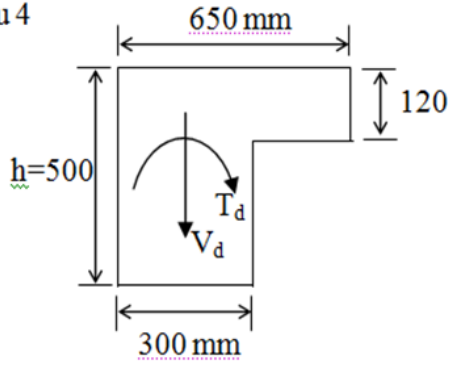
$$A_s > A_{\min}$$

7) Boyuna Donatı Seçimi

$$\text{Üstte } 2162 + \frac{691.5}{2} = 2508 \text{ mm}^2$$

$$\text{Altta } 0 + \frac{691.5}{2} = 346 \text{ mm}^2$$

Soru 4



$V_d=150 \text{ kN}$, $T_d=35.4 \text{ kNm}$
Malzeme C25, S420, paspayı=40 mm.

Şekil 6.13

Şekil 6.13'te verilen burulma ve kesmeye maruz kiriş kesitinin boyutlarını kontrol ederek donatı hesabını yapınız.

1)Çatlama Kontrolü

- $V_{cr} = 0.65 f_{ctd} (b_w d) = 0.65 * 1.2 * (300 * 460) * 10^{-3} = 107.64 \text{ kN}$
- $T_{cr} = 1.35 S f_{ctd}$

$$S = \frac{1}{3} \sum x_i^2 y_i = \frac{1}{3} (300^2 * 500 + 120^2 * 350) = 16.68 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$T_{cr} = 1.35 * 18.18 * 10^6 * 1.2 * 10^{-6} = 27.02 \text{ kNm}$$

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

$$\left(\frac{35.4}{27.02} \right)^2 + \left(\frac{150}{107.64} \right)^2 = 3.66 > 1 \quad \text{olduğundan kesit çatlamıştır. Gövde donatısı gereklidir.}$$

2)Gövde Ezilme Kontrolü

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

$$\tau = \left(\frac{35.4 * 10^6}{1.35 * 16.68 * 10^6} + \frac{150000}{300 * 460} \right) \leq \tau_{\max} = 0.22 * 17$$

$$2.66 \leq 3.74 \quad \text{Boyutlar yeterli}$$

3)Gövde Donatısı (Kesme+Burulma)

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

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

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

$$\frac{A_{0t}}{s} = \frac{35.4 * 10^6}{2 * 92400 * 365} = 0.52 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

- $\frac{A_{0v}}{s} = \frac{V_d - V_c}{f_{ywd} d(n)} = \frac{(150 - 0.8 * 107.64) 10^3}{365 * 460 * 2} = 0.19 \text{ mm}^2 / \text{mm}$

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

$$\min \frac{A_0}{s} = 0.15 \frac{1.2}{365} \left(1 + 1.3 \frac{35.4 * 10^6}{150 * 10^3 * 300} \right) 300 = 0.3 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

- $\frac{A_0}{s} = \frac{A_{0t}}{s} + \frac{A_{0v}}{s} = 0.52 + 0.19 = 0.71 \geq \min \frac{A_0}{s}$

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

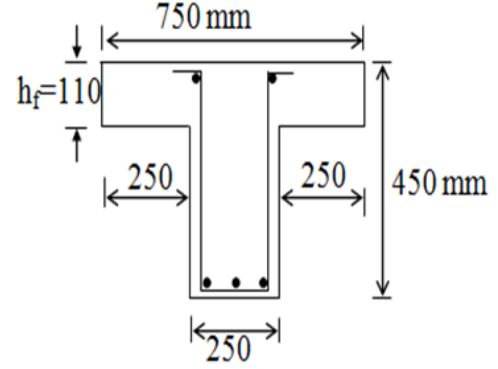
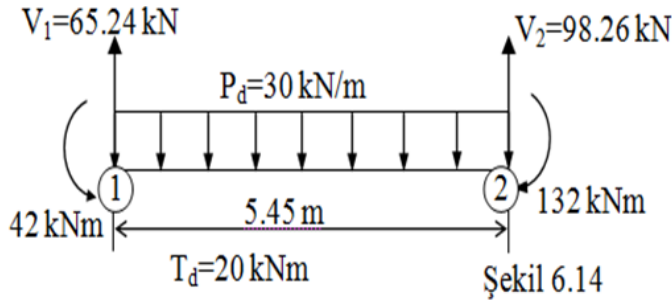
$$s = 110.6 \text{ mm} < \frac{d}{2} = 230 \text{ mm}, \frac{U_e}{8} = 160 \text{ mm}, 300 \text{ mm}$$

Etriye $\phi 10/11 \text{ cm}$

4)Boyuna Donatı (Burulma)

$$A_{sl} = \frac{A_{0t}}{s} U_e \frac{f_{ywd}}{f_{yd}} = 0.52 * 1280 * \frac{365}{365} = 665.6 \text{ mm}^2$$

Soru 5



Şekil 6.14

Şekil 6.14'te verilen (1-2) kirişi sürekli bir kirişin elemanı olup, kirişte bulunan kesme kuvveti ve moment değerleri kirişin uçlarında verilmektedir. Kirişin kesme, burulma ve eğilme tasarımını yapınız. Malzeme C20, S420, Etriyeler S220, paspayı=35 mm.

1)Çatlama Kontrolü

- $V_{cr} = 0.65 f_{ctd} (b_w d) = 0.65 * 1 * (250 * 415) * 10^{-3} = 67.44 \text{ kN}$
- $T_{cr} = 1.35 S f_{ctd}$

$$S = \frac{1}{3} \sum x_i^2 y_i = \frac{1}{3} (250^2 * 450 + 110^2 * 250 + 110^2 * 250) = 11.39 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$T_{cr} = 1.35 * 11.39 * 10^6 * 1 * 10^{-6} = 15.38 \text{ kNm}$$

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

$$V_d = V - d * P_d = 98.26 - 30 * 0.415 = 85.81 \text{ kN}$$

$$\left(\frac{20}{15.38} \right)^2 + \left(\frac{85.81}{67.44} \right)^2 = 3.31 > 1 \quad \text{olduğundan kesit çatlamıştır. Gövde donatısı gereklidir.}$$

2)Gövde Ezilme Kontrolü

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

$$\tau = \left(\frac{20 * 10^6}{1.35 * 11.39 * 10^6} + \frac{85810}{250 * 415} \right) \leq \tau_{\max} = 0.22 * 13$$

$$2.13 \leq 2.86 \quad \text{Boyutlar yeterli}$$

3)Gövde Donatısı (Kesme+Burulma)

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

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

$$A_e = b_k * h_k = (250 - 2 * 35) * (450 - 2 * 35) = 68400 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{0t}}{s} = \frac{20 * 10^6}{2 * 68400 * 191} = 0.765 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

$$\bullet \quad \frac{A_{0v}}{s} = \frac{V_d - V_c}{f_{ywd} d(n)} = \frac{(85.81 - 0.8 * 67.44) 10^3}{191 * 415 * 2} = 0.2 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

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

$$\min \frac{A_0}{s} = 0.15 \frac{1}{191} \left(1 + 1.3 \frac{20 * 10^6}{85.81 * 10^3 * 250} \right) 250 = 0.43 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

$$\bullet \quad \frac{A_0}{s} = \frac{A_{0t}}{s} + \frac{A_{0v}}{s} = 0.765 + 0.2 = 0.965 \geq \min \frac{A_0}{s}$$

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

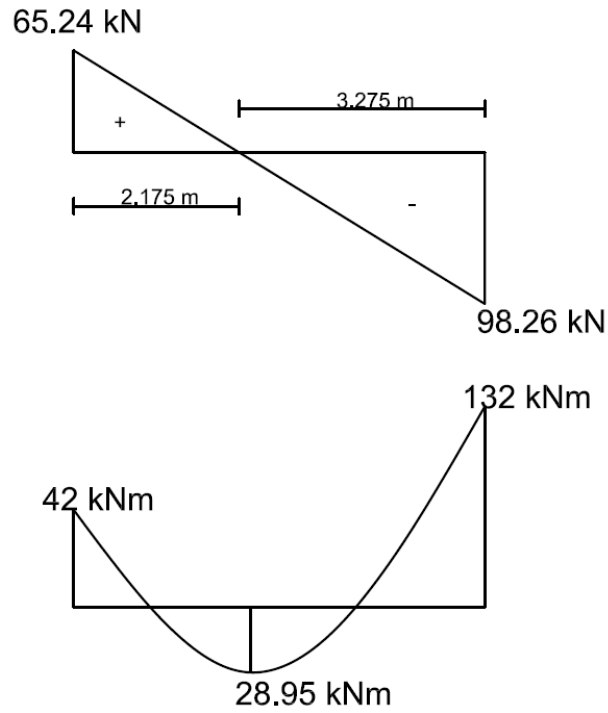
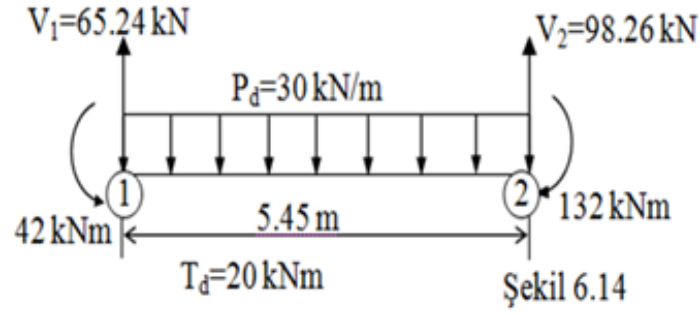
$$s = 81.4 \text{ mm} < \frac{d}{2} = 207.5 \text{ mm}, \quad \frac{U_e}{8} = 140 \text{ mm}, \quad 300 \text{ mm}$$

Etriye $\phi 10/8$ cm

4)Boyuna Donatı (Burulma)

$$A_{sl} = \frac{A_{0t}}{s} U_e \frac{f_{ywd}}{f_{yd}} = 0.765 * 1120 * \frac{191}{365} = 448.35 \text{ mm}^2$$

5) Eğilme Donatısı



Açıklık

$$M_d = (+)28.95 \text{ kN.m}$$

$$jd = 0,9 * d = 0,9 * 415 = 373.5 \text{ mm}^2$$

$$jd = d - \frac{h_f}{2} = 415 - \frac{110}{2} = 360 \text{ mm}^2 \quad \text{Büyük olan alınır } jd = 373.5 \text{ mm}^2$$

$$K_l = \frac{4.95}{f_{cd}} = 380 \text{ mm}^2 / \text{kN} \quad , \quad K = \frac{b_w d^2}{M_d} = \frac{250 * 415^2}{28.95 * 10^3} = 1487 \text{ mm}^2 / \text{kN}$$

$K > K_l$ olduğundan tek donatılı

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} * j * d} = \frac{28.95 * 10^6}{365 * 373.5} = 212.36 \text{ mm}^2$$

$$A_{\min} = 0.8 * \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} * b_w * d = 0.8 * \frac{1}{365} * 250 * 415 = 227.4 \text{ mm}^2$$

$$A_s < A_{\min}$$

Sol Mesnet

$$M_d = (-)42 \text{ kN.m}$$

$$jd = 0.86 * d$$

$$K_l = \frac{4.95}{f_{cd}} = 380 \text{ mm}^2 / \text{kN} \quad , \quad K = \frac{b_w d^2}{M_d} = \frac{250 * 415^2}{42 * 10^3} = 1025 \text{ mm}^2 / \text{kN}$$

$K > K_l$ olduğundan tek donatılı

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} * j * d} = \frac{42 * 10^6}{365 * 0.86 * 415} = 322.4 \text{ mm}^2$$

$$A_{\min} = 1 * \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} * b_w * d = 1 * \frac{1}{365} * 250 * 415 = 284 \text{ mm}^2$$

$$A_s > A_{\min}$$

Sağ Mesnet

$$M_d = (-)132 \text{ kN.m}$$

$$jd = 0.86 * d$$

$$K_l = \frac{4.95}{f_{cd}} = 380 \text{ mm}^2 / \text{kN} \quad , \quad K = \frac{b_w d^2}{M_d} = \frac{250 * 415^2}{132 * 10^3} = 326 \text{ mm}^2 / \text{kN}$$

$K < K_l$ olduğundan çift donatılı

$$M_1 = \frac{b_w * d^2}{K_l} = \frac{250 * 415^2}{380} * 10^{-3} = 113.3 \text{ kN.m}$$

$$A_{s1} = \frac{M_1}{f_{yd} * j * d} = \frac{113.3 * 10^6}{365 * 0.86 * 415} = 869.74 \text{ mm}^2$$

$$M_2 = M_{\max} - M_1 = 132 - 113.3 = 18.7 \text{ kN.m}$$

$$A_{s2} = \frac{M_2}{f_{yd} * (d - d')} = \frac{18.7 * 10^6}{365 * (415 - 35)} = 134.8 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 869.74 + 134.8 = 1004.54 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = A_{s2} = 134.8 \text{ mm}^2$$

6) Toplam Donatı ve Donatı Seçimi

Gerekli Donatılar (mm²)

		Sol Mesnet	Açıklık	Sağ Mesnet
Üstte	Burulma	224.175	224.175	224.175
	Eğilme	322.4	0	1004.54
	Toplam	546.575	224.175	1228.715
Altta	Burulma	224.175	224.175	224.175
	Eğilme	0	227.4	134.8
	Toplam	224.175	451.575	358.975

Seçilen Donatı

Altta tüm kiriş boyunca $3\phi 14$ Düz = 462 mm²

Üstte tüm kiriş boyunca $3\phi 18$ Düz = 763 mm²

İlave olarak sağ mesnette $2\phi 18$ Düz = 509 mm²