

BURULMA ETKİSİ ÖRNEKLER



PROF. DR. CENGİZ DÜNDAR

BURULMA HESABI

DENGE BURULMASI

UYGUNLUK BURULMASI

Kullanılabilirlik
sınır durumu

Taşıma gücü
sınır durumu

Eğik Çatlama
Sınırı

Kesme
kuvveti
+
Burulma
Momenti

$$\left(\frac{V_d}{V_{cr}}\right)^2 + \left(\frac{T_d}{T_{cr}}\right)^2 \leq 1.0$$

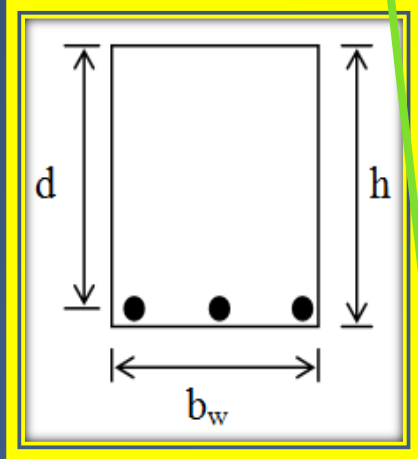
$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b_w d$$

$$T_{cr} = 1.35 f_{ctd} S$$

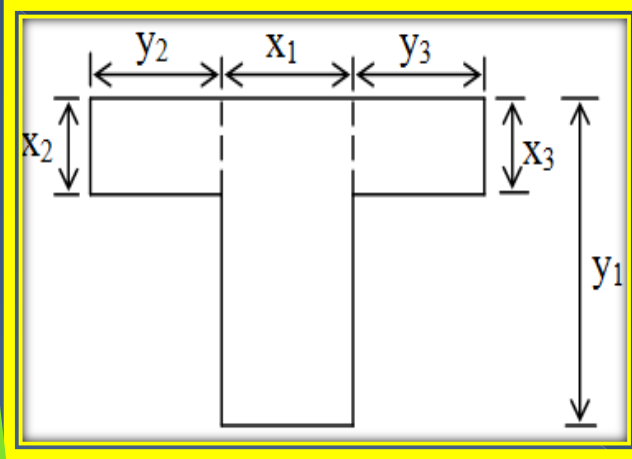
Taşıma gücü
sınır durumu

S

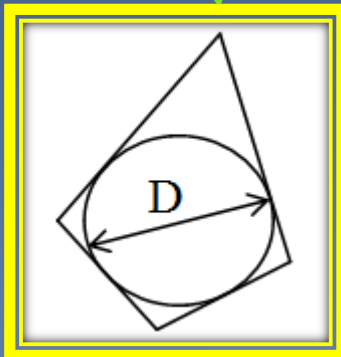
Burulma dayanım momenti



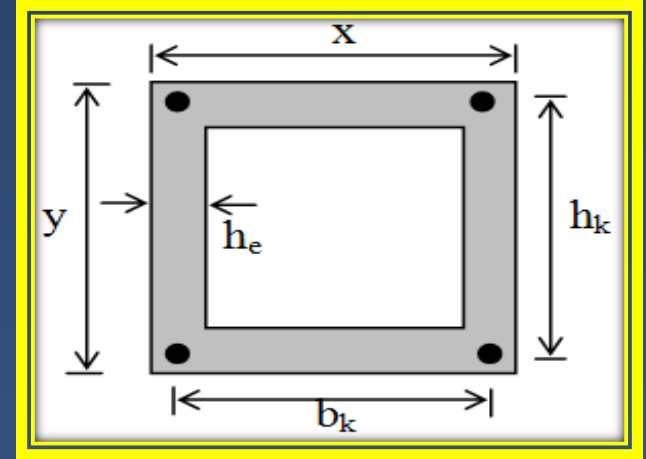
$$S = \left(\frac{1}{3}\right) b_w^2 h$$



$$S = \left(\frac{1}{3}\right) \sum x_i^2 y_i$$



$$S = \frac{\pi D^3}{12}$$



$$h_e \geq \frac{1}{5} x \text{ ise;}$$

$$S = \left(\frac{1}{3}\right) x^2 y$$

$$h_e \leq \frac{1}{5} x \text{ ise;}$$

$$S = 2(b_k)(h_k)h_e$$

TASARIM BURULMA MOMENTİ

DENGE BURULMASI

Elastik çözümlemeden elde edilir.
Azaltılmadan kullanılır.

UYGUNLUK BURULMASI

Burulma momenti hesabına gerek yoktur.
Çatlama momentine eşit kabul edilir.
Minimum etriyenin sağlanması yeterlidir.

$$T_d = T_{cr}$$

$$T_d \leq 0.65 f_{ctd} S$$

→ **Burulma ihmal !**

**EĞİK ÇATLAMA
SINIRI
AŞILIYORSA
ETRİYE
HESABI;**



$$\frac{A_o}{s} = \frac{A_{ov}}{s} + \frac{A_{ot}}{s}$$

$$\frac{A_{ov}}{s} = \frac{(V_d - V_c)}{n f_{ywd} d}$$

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

Gerekli boyuna donatı

$$A_{sl} = \frac{A_{ot}}{s} (U_e) \frac{f_{ywd}}{f_{yd}}$$

Gevrek Kırılmanın Önlenmesi

a) Minimum Donatı

$$\frac{A_o}{s} \geq 0.15 \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}} \left(1 + 1.3 \frac{T_d}{V_d b_w} \right) b_w$$

$$T_d / (V_d b_w) \leq 1.0$$

$$A_{sl} = \frac{T_d U_e}{2 f_{yd} A_e}$$

Uygunluk burulmasında $T_d = T_{cr}$

b) Üst Sınır

$$\left(\frac{T_d}{S} + \frac{V_d}{b_w d} \right) \leq 0.22 f_{cd}$$

Bu koşul sağlanamazsa, kiriş kesit boyutları büyütülmelidir.

Donatı Detayları

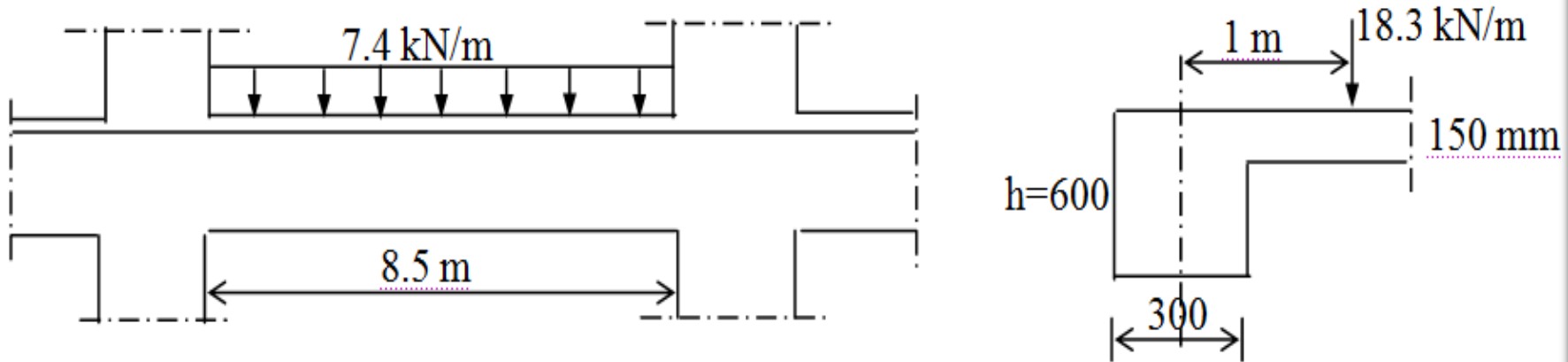
**Kesme kuvveti
+
Burulma
Momenti**

**135° kapalı etriye kullanılmalı
Etriye aralığı:**

$$s \leq d/2 \quad s \leq U_e/8 \quad s \leq 300 \text{ mm}$$

Boyuna donatı: $\phi > 12 \text{ mm}$ veya $\phi = 12 \text{ mm}$

Örnek

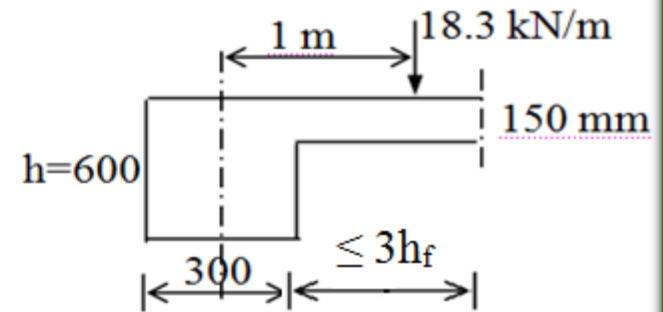
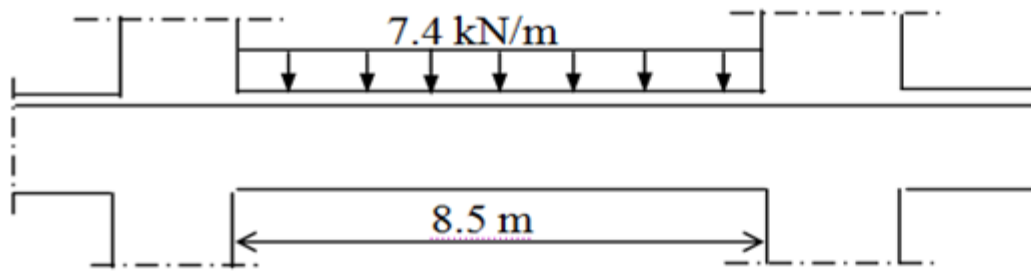


Şekil 6.3

Şekil 6.3'te verilen 8.5 m açıklıklı kiriş monolitik olarak üzerindeki konsol plağı taşımaktadır. Konsol plak 18.3 kN/m lik yayılı yükü, 1m. eksantrisine ile uygulamaktadır. Kiriş üzerinde ise 7.4 kN/m lik yayılı yük bulunmaktadır.

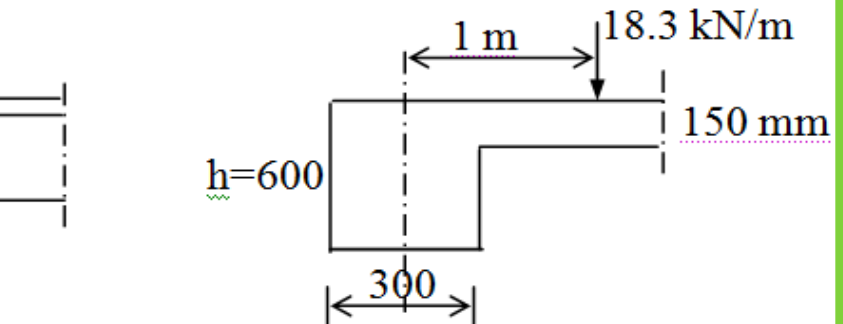
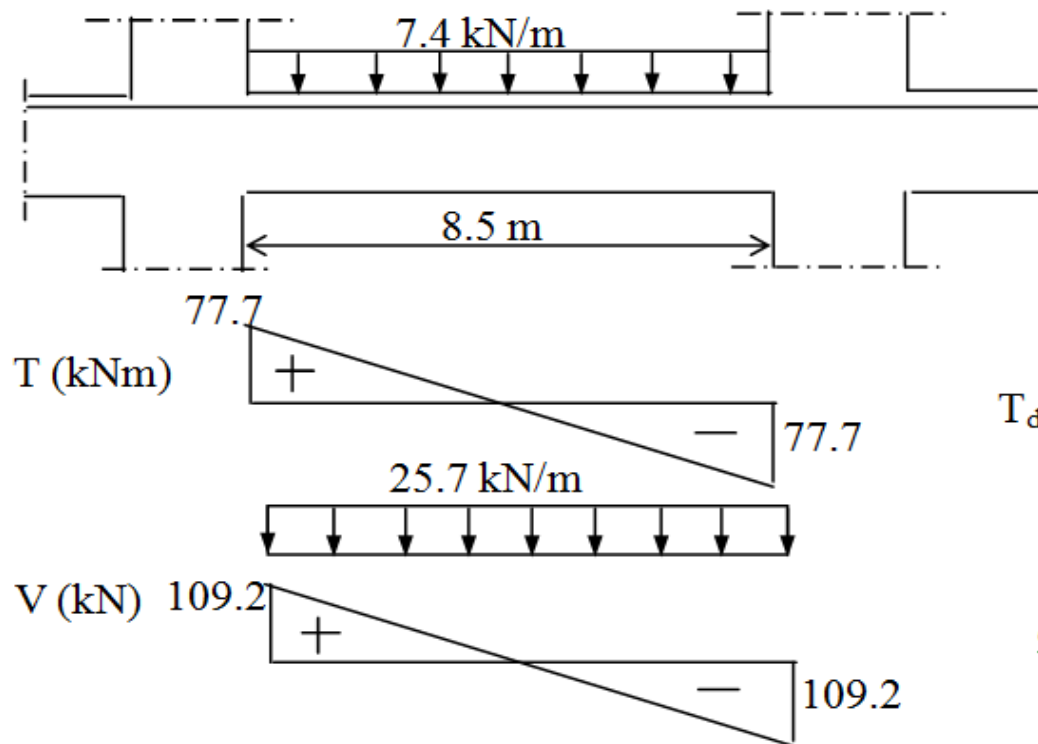
- L kesit olarak oluşan kiriş kesitini burulmaya göre kontrol ediniz.
- $h=610$ mm kabul ederek burulma ve kesme donatısını hesaplayınız (çap ve aralık seçilecektir). Malzeme C25, S420 ve paspayı=50 mm.

Örnek



Şekil 6.3

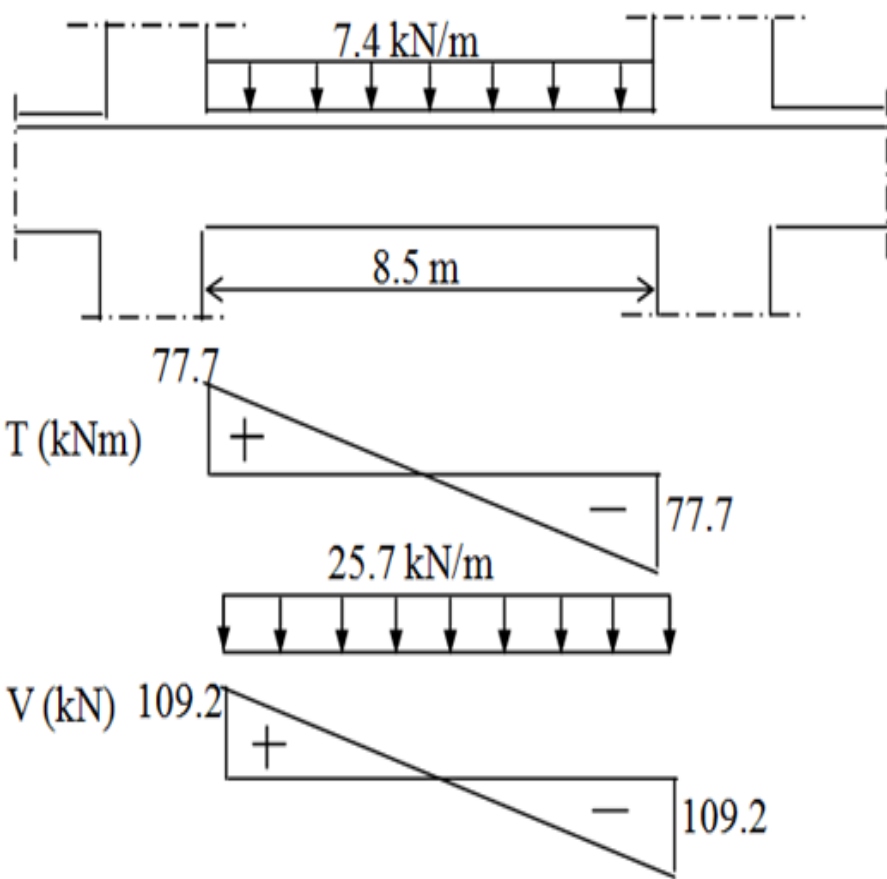
Çözüm:



$$T_d = 18.3 \times 1 \times 8.5 \times \frac{1}{2} = 77.7 \text{ kNm}$$

$$q = 7.4 + 18.3 = 25.7 \text{ kN/m}$$

Şekil 6.4



a) Burulma kontrolü:

$$V_d = V - P_d(d) = 109.2 - 25.7 \times 0.55 = 95.06 \text{ kN}$$

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b_w d = 0.65 \times 1.15 \times 10^{-3} \times 300 \times 550 = 123.3 \text{ kN}$$

$$V_{cr} > V_d$$

$$S = \frac{1}{3} \sum x_i^2 y_i$$

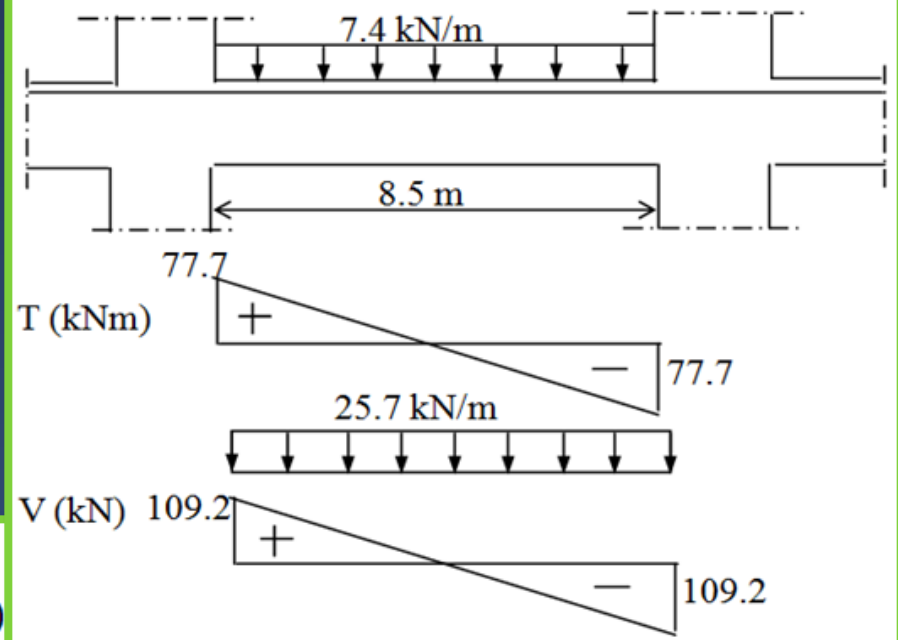
$$1.35 S = 0.45 \times (300^2 \times 600 + 150^2 \times 450) = 28856.25 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$T_{cr} = 1.35 S f_{ctd} = 28856.25 \times 10^3 \times 1.15 \times 10^{-6} = 33.18 \text{ kNm}$$

$$\left(\frac{T_d}{T_{cr}} \right)^2 + \left(\frac{V_d}{V_{cr}} \right)^2 > 1 \text{ Kesit çatlamıştır!}$$

$$\tau = \frac{V_d}{b_w d} + \frac{T_d}{1.35 S} = \frac{95.06 \times 10^3}{300 \times 550} + \frac{77.7 \times 10^6}{28.856 \times 10^6} = 3.26 \text{ N/mm}^2 < \tau_{\max} = 0.22 f_{cd} = 3.74 \text{ N/mm}^2$$

Burulmaya göre boyut yeterlidir!



b)

$$b_w = 300 \text{ mm}, h = 610 \text{ mm} (d = 560 \text{ mm})$$

$$A_e = 200 \times 510 = 102000 \text{ mm}^2, U_e = 2 \times (200 + 510) = 1420 \text{ mm}$$

$$V_{cr} = 125.6 \text{ kN}, V_c = 100.5 \text{ kN}$$

$$\frac{A_o}{s} = \frac{V_d - V_c}{2 f_{ywd} (d)} + \frac{T_d}{2 A_e f_{ywd}} = \frac{(95.06 - 100.5) \times 10^3}{2 \times 365 \times 560} + \frac{77.7 \times 10^6}{2 \times 102000 \times 365} = 1.04 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

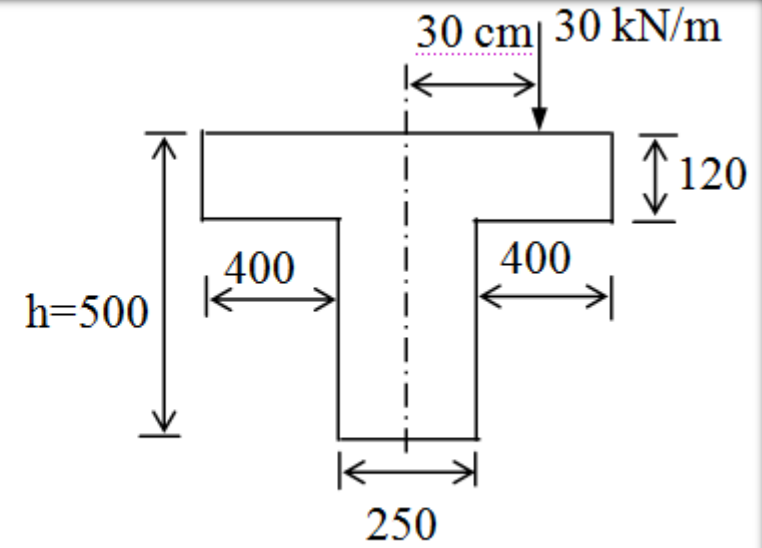
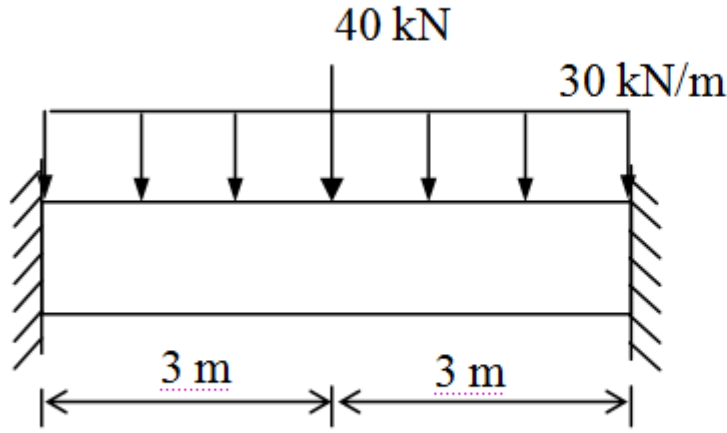
$$\phi 10 \text{ için } A_o = 78.53 \text{ mm}^2 \quad \frac{78.53}{s} = 1.04 \quad s = 75.5 \text{ mm} < (d/2, U_e/8, 30 \text{ cm})$$

Etriye $\phi 10/7 \text{ cm}$

Boyuna donatı:

$$A_{sl} = \frac{A_{ot}}{s} U_e \frac{f_{ywd}}{f_{yd}} = \frac{77.7 \times 10^6}{2 \times 102000 \times 365} \times 1420 \times \frac{365}{365} = 1481.8 \text{ mm}^2$$

Örnek.



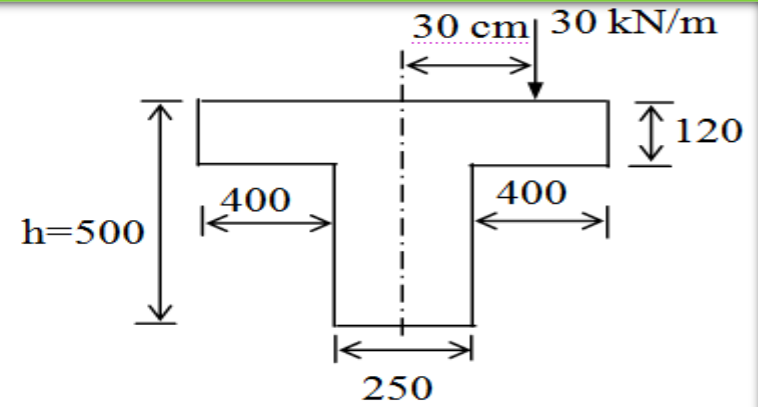
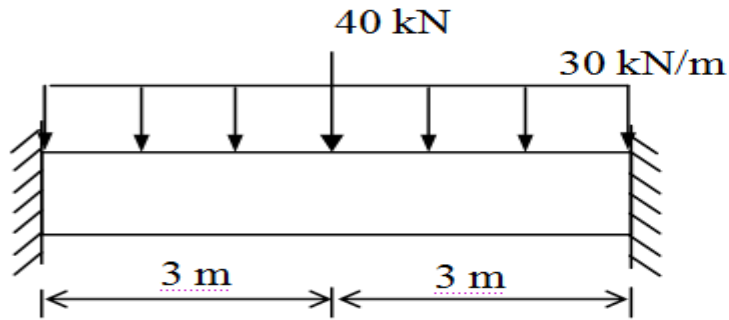
Şekil 6.5

Şekil 6.5'te verilen iki ucu ankastre kirişin eğilme, burulma ve kesme hesabını yapınız. Malzeme C20, S420, etriyeler S220, paspayı=35 mm ve beton katkısı %50 alınacaktır.

İki ucu ankastre kirişte uç momentleri:

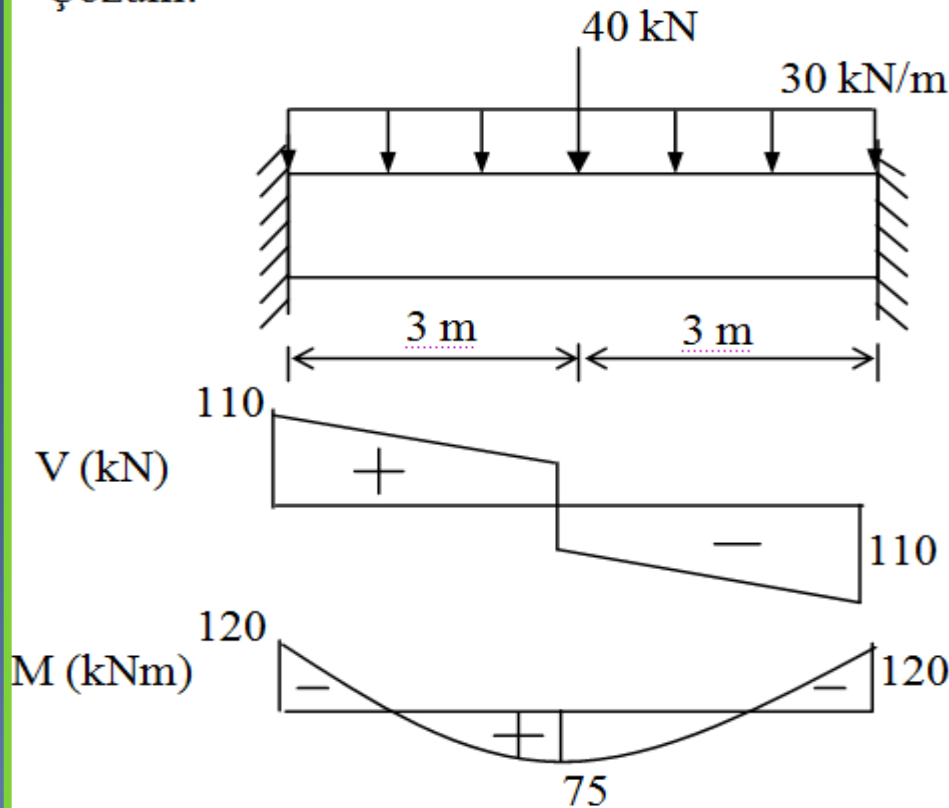
$$\text{Yayıllı Yük} = \frac{q L^2}{12}, \quad \text{Tekil Yük} = \frac{PL}{8}$$

Örnek .



Şekil 6.5

Çözüm:



$$T = 30 \times 0.3 \times 6 = 54 \text{ kNm}$$

$$T_d = 54 / 2 = 27 \text{ kNm}$$

$$A_e = 180 \times 430 = 77400 \text{ mm}^2$$

$$U_e = 2 \times (180 + 430) = 1220 \text{ mm}$$

$$V_d = 110 - 30 \times 0.465 = 96.05 \text{ kN}$$

Eğilme:

$$(+)M_d=75 \text{ kNm}, \quad 0.9d > d-h_f/2, \quad (-)M_d=120 \text{ kNm}$$

$$(+)A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \cdot 0.9d} = \frac{75 \times 10^6}{365 \times 0.9 \times 465} = 491 \text{ mm}^2, \quad (-)A_s = \frac{120 \times 10^6}{365 \times 0.86 \times 465} = 822 \text{ mm}^2$$

Kesme+Burulma:

$$V_{cr}=0.65 f_{ctd} b_w d=75.56 \text{ kN}, \quad V_c=0.8V_{cr}=60.45 \text{ kN}$$

$$S = \frac{1}{3} \sum x_i^2 y_i$$

$$1.35 S = 1.35 \times \frac{1}{3} \times (250^2 \times 500 + 2 \times 120^2 \times 360) = 18728100 \text{ mm}^3$$

$$T_{cr} = 1.35 S f_{ctd} = 18.73 \text{ kNm}$$

$$\left(\frac{T_d}{T_{cr}} \right)^2 + \left(\frac{V_d}{V_{cr}} \right)^2 = 3.69 > 1 \text{ Kesit çatlamıştır!}$$

$$\tau = \frac{V_d}{b_w d} + \frac{T_d}{1.35S} = \frac{96.05 \times 10^3}{250 \times 465} + \frac{27 \times 10^6}{18728100} = 2.27 \text{ N/mm}^2 < \tau_{\max} = 0.22 f_{cd} = 2.86 \text{ N/mm}^2$$

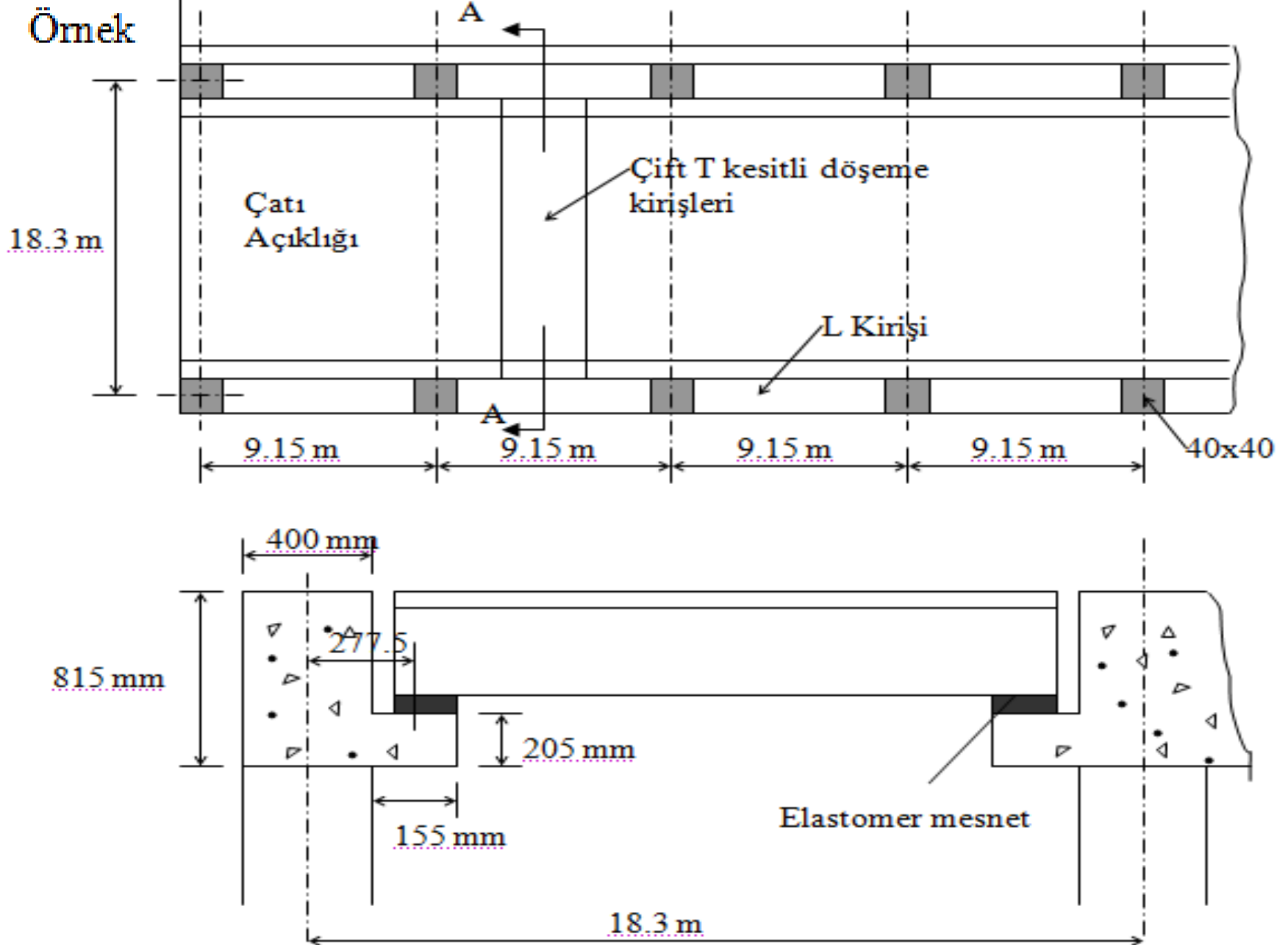
$$\frac{A_o}{s} = \frac{V_d - 0.5 V_c}{2 f_{ywd} (d)} + \frac{T_d}{2 A_e f_{ywd}} = \frac{(96.05 - 0.5 \times 60.45) \times 10^3}{2 \times 191 \times 465} + \frac{27 \times 10^6}{2 \times 77400 \times 191}$$

$$\frac{A_o}{s} = 0.37 + 0.913 = 1.284 \text{ mm}^2/\text{mm}, \quad \phi 10 \text{ için } A_o = 78.53 \text{ mm}^2$$

$$\frac{78.53}{s} = 1.284 \quad s = 61.1 \text{ mm} \quad \text{Etriye } \phi 10/6 \text{ cm veya } \phi 12/8.5 \text{ cm olarak belirlenir.}$$

Boyuna donatı:

$$A_{sl} = \frac{A_{ot}}{s} U_e \frac{f_{ywd}}{f_{yd}} = 0.913 \times 1220 \times \frac{191}{365} = 583 \text{ mm}^2$$



Şekilde görülen L mesnet kirişi prefabrik döşeme elemanlarını basit mesnetli olarak taşımaktadır. L kirişleri burulma momentini aktaracak şekilde kolonlara bağlı olup açıklıkları doğrultusunda sürekli değildirler.

Çatı elemanları üzerindeki hareketli yük : 1.44 kN/m^2 , ölü yük ise 3.06 kN/m^2 dir.

a) L kirişi üzerine gelen ölü ve hareketli yükleri bularak tasarım yükünü (kN/m) belirleyiniz. L kirişine etki eden T_d burulma momenti, mesnet yüzünden (d) uzaklığındaki V_d kesme kuvveti ve M_d maksimum açıklık momentinin hesap değerini bulunuz.

b) L kirişine etki eden kesit tesirlerinin hesap değerleri;

$$M_d = 756.6 \text{ kNm}$$

$$V_d = 262.1 \text{ kN (mesnet yüzünden } d \text{ uzaklığında)}$$

$T_d = 76.4 \text{ kNm}$ olduğuna göre kesme ve burulmaya göre kesitin boyutlarını kontrol ediniz ve tasarımını yapınız. Paspayı = 30 mm, malzeme C20, S420.

Çözüm:

Yük analizi:

$$\text{Ölü Yük (Çatıdan)} = 3.06 \times \frac{18.3}{2} = 28 \text{ kN/m}$$

$$\text{Ölü Yük (L Kirişi)} = (0.815 \times 0.4 + 0.205 \times 0.155) \times 24 = 8.6 \text{ kN/m}$$

$$\text{Toplam Ölü Yük} = 36.6 \text{ kN/m}$$

$$\text{Hareketli Yük} = 1.44 \times \frac{18.3}{2} = 13.14 \text{ kN/m}$$

$$P_d = 1.4g + 1.6q = 1.4 \times 36.6 + 1.6 \times 13.14 = 72.3 \text{ kN/m}$$

$$\max M = \frac{P_d L^2}{8} = \frac{72.3 (9.15)^2}{8} = 756.6 \text{ kNm}$$

$$V = 72.3 \times \frac{9.15}{2} = 330.8 \text{ kN} \quad (d = 815 - 30 = 785 \text{ mm})$$

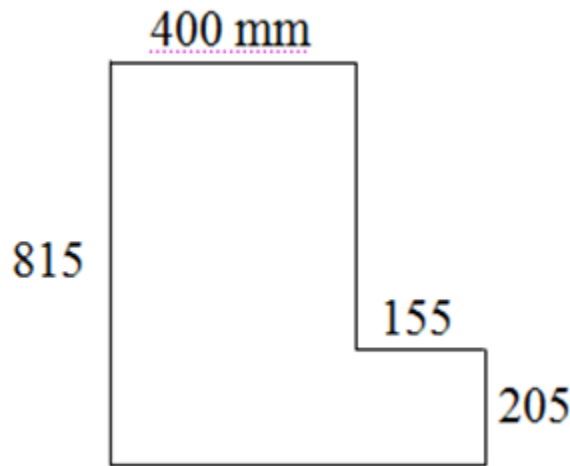
$$V_d = V - P_d \left(d + \frac{a}{2} \right) = 330.8 - 72.3 \times \left(0.785 + \frac{0.4}{2} \right) = 259.6 \text{ kN}$$

Burulma yükü:

$$g = 28 \text{ kN/m}, \quad P_d = 1.4 \times 28 + 1.6 \times 13.14 = 60.2 \text{ kN/m}$$

$$T_d = 60.2 \times \frac{9.15}{2} \times 0.2775 = 76.4 \text{ kNm}$$

b)



$$S = \frac{1}{3} \sum x_i^2 y_i$$

$$1.35 S = 0.45 \times (400^2 \times 815 + 155^2 \times 205) = 6.09 \times 10^7 \text{ mm}^3$$

$$T_{cr} = 1.35 S f_{ctd} = 6.09 \times 10^7 \times 1 \times 10^{-6} = 60.9 \text{ kNm}$$

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b_w d = 0.65 \times 1 \times 10^{-3} \times 400 \times 785 = 204.1 \text{ kN}$$

$$V_c = 0.8 V_{cr} = 163.3 \text{ kN}$$

$$\left(\frac{T_d}{T_{cr}} \right)^2 + \left(\frac{V_d}{V_{cr}} \right)^2 = \left(\frac{76.4}{60.9} \right)^2 + \left(\frac{262.1}{204.1} \right)^2 = 3.22 > 1 \text{ Kesit çatlamıştır!}$$

$$\tau = \frac{V_d}{b_w d} + \frac{T_d}{1.35 S} = \frac{262.1 \times 10^3}{400 \times 785} + \frac{76.4 \times 10^6}{6.09 \times 10^7} = 2.09 \text{ N/mm}^2 < \tau_{\max} = 0.22 f_{cd} = 2.86 \text{ N/mm}^2$$

Boyutlar burulmaya göre yeterlidir!

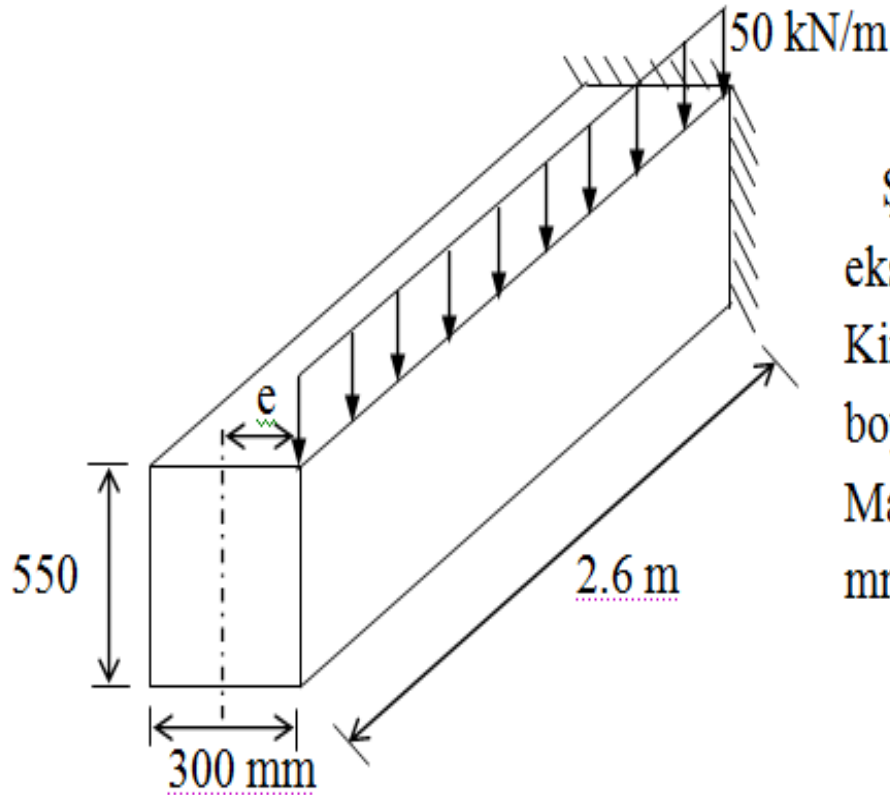
$$A_e = (815 - 60) \times (400 - 60) = 256700 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_o}{s} = \frac{V_d - V_c}{2 f_{ywd} (d)} + \frac{T_d}{2 A_e f_{ywd}} = \frac{(262.1 - 163.3) \times 10^3}{2 \times 365 \times 785} + \frac{76.4 \times 10^6}{2 \times 256700 \times 365} = 0.58 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\phi 8 \text{ için } A_o = 50.25 \text{ mm}^2 \quad \frac{100.5}{s} = 0.58, \quad s = 86 \text{ mm} < (d/2, U_e/8, 30 \text{ cm})$$

Etriye: $\phi 8/8.5 \text{ cm}$

Örnek



Şekil 6.8’de verilen konsol kiriş, $e=15$ cm eksantrisite ile 50 kN/m lik yayılı yüke maruzdur. Kirişin eğilme, burulma ve kesmeye göre boyutlarını kontrol ederek tasarımını yapınız. Malzeme C20, S420, etriyeler S220 ve paspayı=40 mm ($f_{ctd}=1 \text{ N/mm}^2$).

Şekil 6.8

Çözüm:

Burulma denge burulmasıdır.

$$T_d = 50 \times 0.15 \times 2.6 = 19.5 \text{ kNm}$$

$$V_d = 50 \times 2.6 = 130 \text{ kN}$$

$$M_d = 50 \times 2.6 \times \frac{2.6}{2} = 169 \text{ kNm}$$

$$b_k = 300 - 2 \times 40 = 220 \text{ mm}, \quad h_k = 550 - 2 \times 40 = 470 \text{ mm}$$

$$A_e = b_k h_k = 103400 \text{ mm}^2, \quad U_e = 2(b_k + h_k) = 1380 \text{ mm}.$$

$$1.35S = \frac{1.35}{3} \times 300^2 \times 550 = 22.275 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$T_{cr} = 1.35 S f_{ctd} = 22.275 \times 10^6 \times 1 \times 10^{-3} = 22.275 \times 10^3 \text{ kNmm} = 22.275 \text{ kNm}$$

Hesap kesme kuvveti mesnet yüzünden (d) kadar uzakta meydana gelmektedir. Bu durumda;

$$V_d = 130 - 50 \times 0.51 = 104.5 \text{ kN}$$

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b_w d, \quad V_{cr} = 0.65 \times 1 \times 10^{-3} \times 300 \times 510 = 99.45 \text{ kN}$$

$$V_c = 0.8 V_{cr} = 79.56 \text{ kN}$$

Kayma gerilmesi kontrolü:

$$\tau = \frac{V_d}{b_w d} + \frac{T_d}{1.35S} = \frac{104.5 \times 10^3}{300 \times 510} + \frac{19.5 \times 10^6}{22.275 \times 10^6} = 1.56 \text{ N/mm}^2 < \tau_{\max} = 0.22 f_{cd} = 2.86 \text{ N/mm}^2$$

Çatlama kontrolü:

$$\left(\frac{T_d}{T_{cr}} \right)^2 + \left(\frac{V_d}{V_{cr}} \right)^2 = 1.87 > 1.0 \text{ Kesit çatlamıştır.}$$

$$\frac{A_o}{s} = \frac{V_d - 0.5V_c}{2f_{ywd}(d)} + \frac{T_d}{2A_e f_{ywd}} = \frac{(104.5 - 0.5 \times 79.56) \times 10^3}{2 \times 191 \times 510} + \frac{19.5 \times 10^6}{2 \times 103400 \times 191} = 0.826 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\min \frac{A_o}{s} = 0.15 \times \frac{1}{191} \times \left(1 + 1.3 \times \frac{19.5 \times 10^3}{104.5 \times 300} \right) \times 300 = 0.426 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_o}{s} > \min \frac{A_o}{s}$$

$$\phi 8 \text{ için } A_o = 50.26 \text{ mm}^2, \quad \frac{50.26}{s} = 0.826 \quad s = 60.84 \text{ mm} \quad \phi 8/6 \text{ cm veya } \phi 10/9.5 \text{ cm.}$$

Eğilme:

$$M_d = 169 \text{ kNm} \quad (K > K_I)$$

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd}(j) d} = \frac{169 \times 10^6}{365 \times 0.86 \times 510} = 1055.6 \text{ mm}^2$$

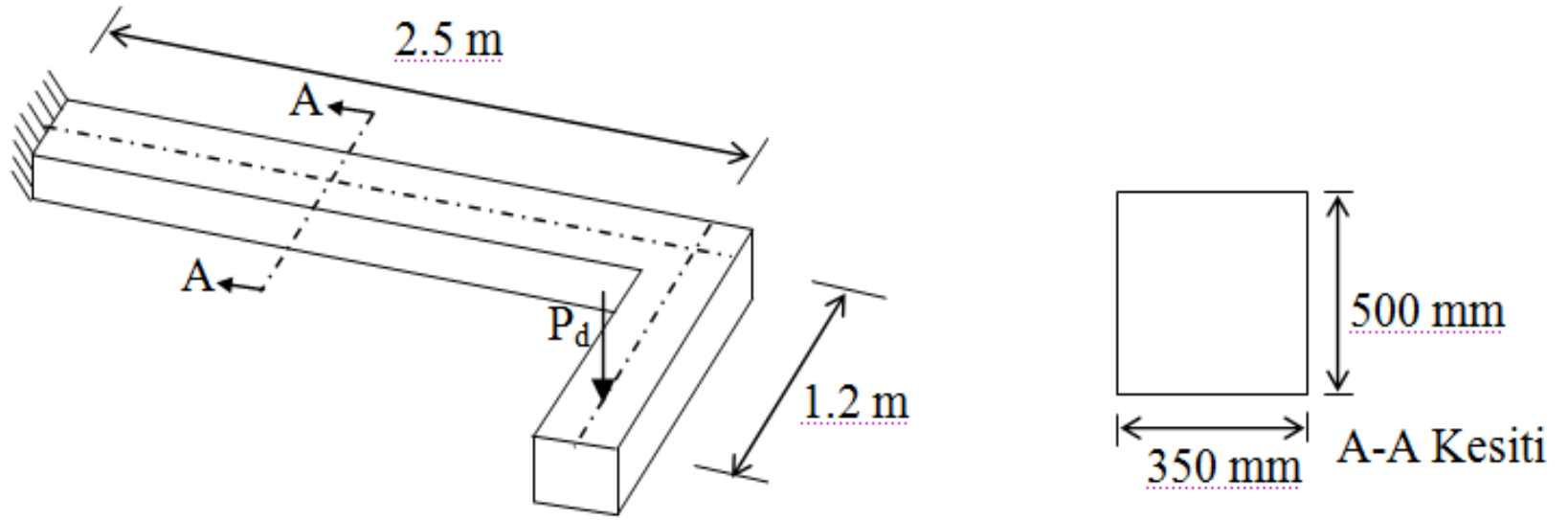
Burulma boyuna donatısı:

$$A_{sl} = \frac{A_{ot}}{s} U_e \frac{f_{ywd}}{f_{yd}} = \frac{19.5 \times 10^6}{2 \times 103400 \times 191} \times 1380 \times \frac{191}{365} = 356.7 \text{ mm}^2$$

$$\text{Üst: } 1055.6 + \frac{356.7}{2} = 1234 \text{ mm}^2$$

$$\text{Alt: } 0 + \frac{356.7}{2} = 178.35 \text{ mm}^2$$

Örnek



Şekil 6.9

Şekil 6.9'da verilen konsol kirişe $P_d=53.4$ kN tekil kuvvet etki etmektedir. Kirişin kesme, burulma ve eğilmeye göre tasarımını yapınız. Malzeme C20, S420, etriyeler S220 ve paspayı=35 mm.

Çözüm:

$$V_d = 53.4 \text{ kN}$$

$$M_d = 53.4 \times 2.5 = 133.5 \text{ kNm}$$

$$T_d = 53.4 \times 1.2 = 64.08 \text{ kNm}$$

$$b_k = 350 - 2 \times 35 = 280 \text{ mm}, \quad h_k = 500 - 2 \times 35 = 430 \text{ mm}$$

$$A_e = b_k h_k = 120400 \text{ mm}^2, \quad U_e = 2(b_k + h_k) = 1420 \text{ mm.}$$

$$1.35 S = \frac{1.35}{3} \times 350^2 \times 500 = 27.56 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$T_{cr} = 1.35 S f_{ctd} = 27.56 \times 10^6 \times 1 \times 10^{-6} = 27.56 \text{ kNm}$$

Kayma gerilmesi kontrolü:

$$\tau = \frac{V_d}{b_w d} + \frac{T_d}{1.35 S} = \frac{53.4 \times 10^3}{350 \times 465} + \frac{64.08 \times 10^6}{27.56 \times 10^6} = 2.65 \text{ N/mm}^2 < \tau_{\max} = 0.22 f_{cd} = 2.86 \text{ N/mm}^2$$

Çatlama kontrolü:

$$\left(\frac{T_d}{T_{cr}} \right)^2 + \left(\frac{V_d}{V_{cr}} \right)^2 > 1.0 \text{ Kesit çatlamıştır.}$$

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b_w d \quad V_{cr} = 0.65 \times 1 \times 10^{-3} \times 350 \times 465 = 105.78 \text{ kN}$$

$$V_c = 0.8 V_{cr} = 84.63 \text{ kN}$$

$$\frac{A_o}{s} = \frac{V_d - 0.5V_c}{2f_{ywd}(d)} + \frac{T_d}{2A_e f_{ywd}} = \frac{(53.4 - 0.5 \times 84.63) \times 10^3}{2 \times 191 \times 465} + \frac{64.08 \times 10^6}{2 \times 120400 \times 191} = 1.455 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_o}{s} > \min \frac{A_o}{s}$$

$$\phi 10 \text{ için } A_o = 78.5 \text{ mm}^2, \quad \frac{78.5}{s} = 1.455 \quad s = 53.95 \text{ mm} \quad \phi 10/5 \text{ cm veya } \phi 12/7.5 \text{ cm.}$$

Eğilme:

$$M_d = 133.5 \text{ kNm} (K > K_1)$$

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd}(j)d} = \frac{133.5 \times 10^6}{365 \times 0.86 \times 465} = 914.6 \text{ mm}^2$$

Burulma boyuna donatısı:

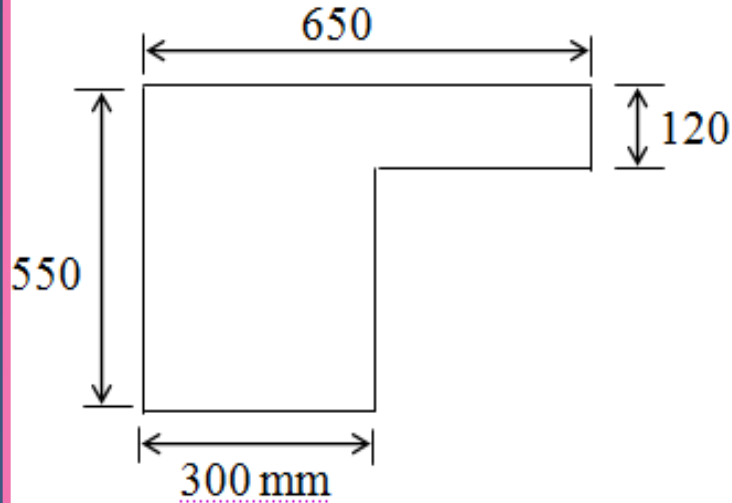
$$A_{sl} = \frac{A_{ot}}{s} U_e \frac{f_{ywd}}{f_{yd}} = 1.393 \times 1420 \times \frac{191}{365} = 1035.1 \text{ mm}^2$$

$$\text{Üst: } 914.6 + \frac{1035.1}{2} = 1432.2 \text{ mm}^2$$

$$\text{Alt: } 0 + \frac{1035.1}{2} = 517.6 \text{ mm}^2$$

Çalışma Soruları

Soru 1



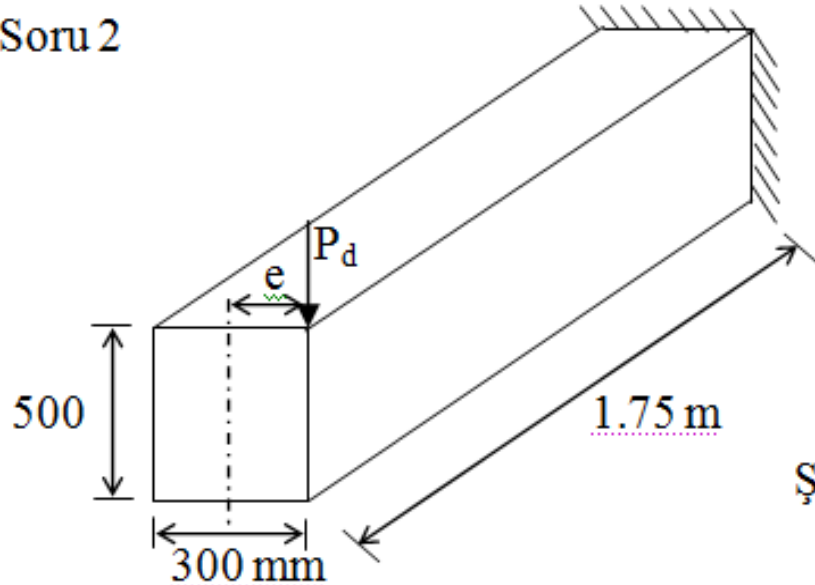
Şekil 6.10'da verilen kiriş kesitinde;
 $T_d = 30 \text{ kNm}$

$V_d = 120 \text{ kN}$ olduğuna göre kesitin boyutlarını kontrol ederek gerekli donatı miktarını hesaplayınız.
Malzeme C20, S420, etriyeler S220 ve paspayı=50 mm.



Şekil 6.10

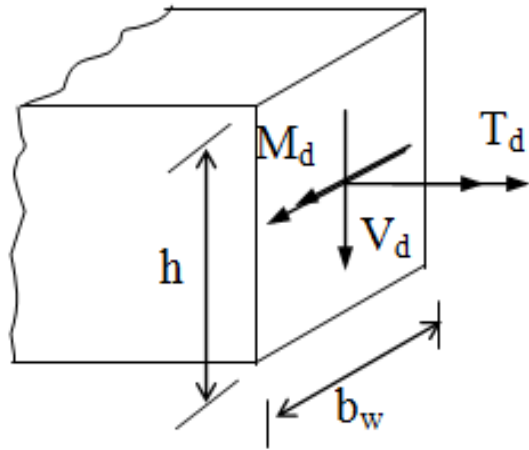
Soru 2



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

Şekil 6.11

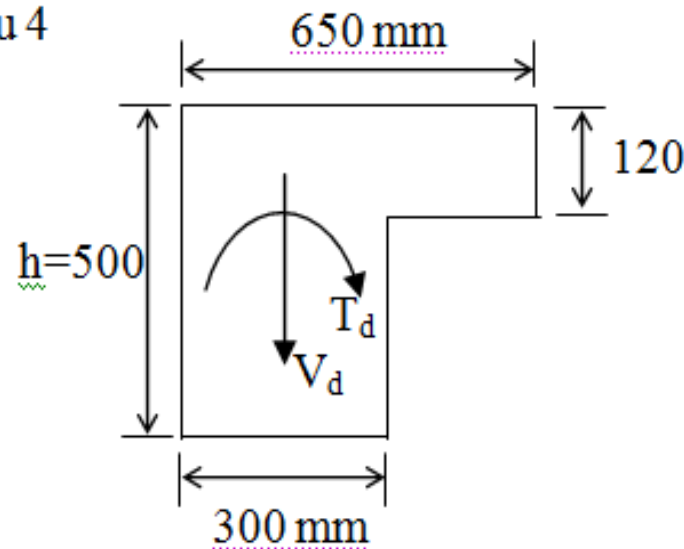
Soru 3



Şekil 6.12’de verilen kiriş;
 $V_d=133$ kN kesme kuvveti, $M_d=260$ kNm eğilme momenti ve $T_d=115$ kNm burulma momentine maruzdur. Kirişin boyutlarını belirleyerek (b_w, h) tasarımını yapınız. Malzeme C25, S420 ve paspayı=40 mm.

Şekil 6.12

Soru 4

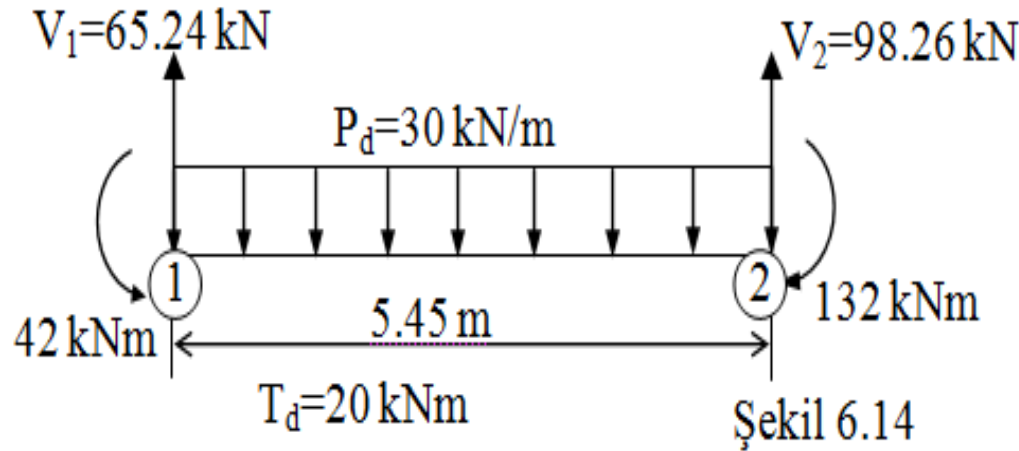


$V_d=150$ kN, $T_d=35.4$ kNm
Malzeme C25, S420, paspayı=40 mm.

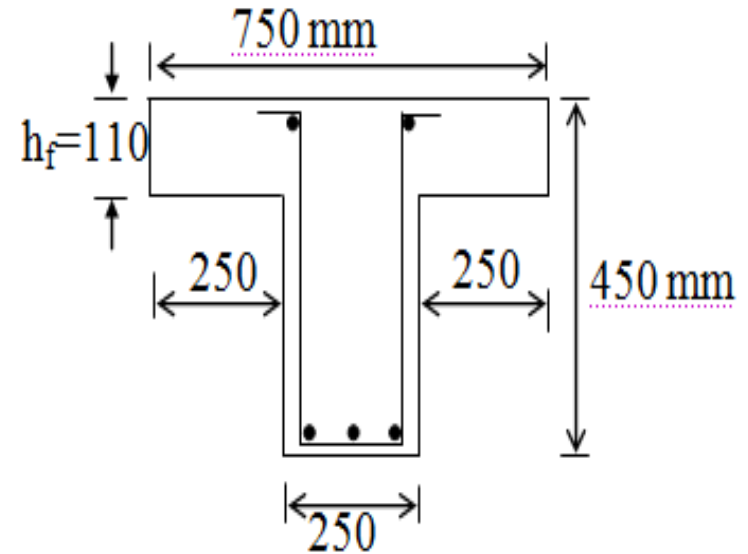
Şekil 6.13

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

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.