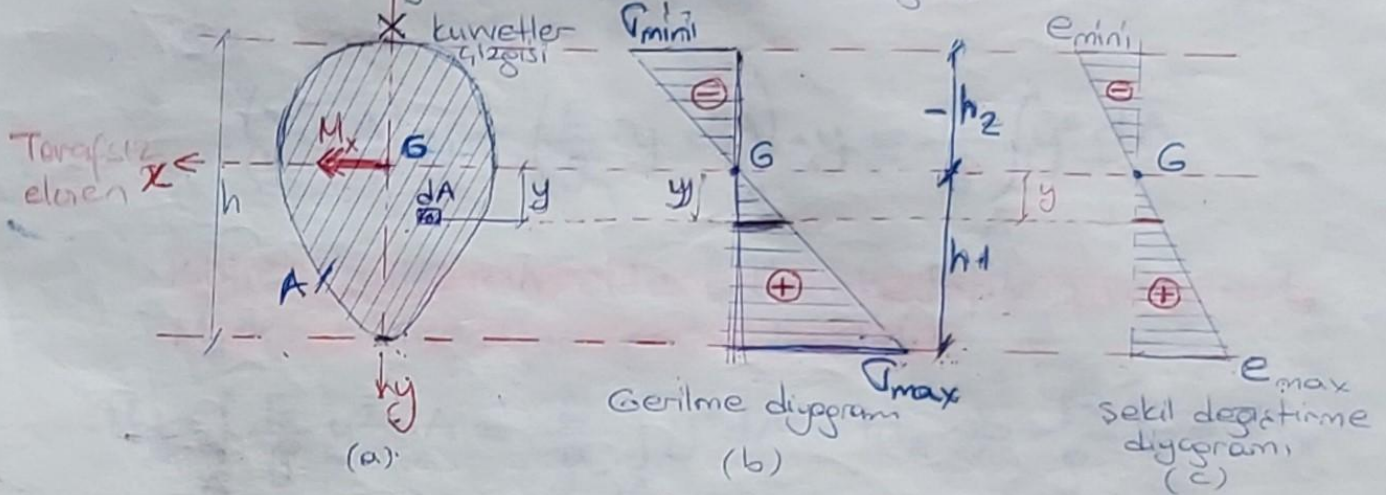


Kesitin simetrisi veya eksenlerin asal eksen olması dolayısıyla düz eğilmede x eksenini tarafsız eksen olmaktadır. Ancak, düz eğilme halinde tarafsız eksen ile moment vektörü üst üste düşer. Düz eğilme halinde gerilme, şekil değiştirme ve elastik eğrinin ρ eğrilik yarıçapı aşağıdaki gibi bulunur.

Normal gerilmelerin kesitte dağılışı lineerdir.



ŞEKİL: 2 -

Gubugun kesitine tesir eden iç kuvvetlerin, M_x momentini dengeleyecek bir kuvvet çifti teşkil etmeleri gerekir.

Tarafsız eksen den y kadar uzaklıkta dan bir dA elemanına tesir eden kuvvet: $\sigma = \frac{P}{dA} \Rightarrow \sigma \cdot dA$ dur.

Kuvvet çiftinde bileşkenin sıfır olmasından dolayı kesite tesir eden kuvvetler toplamı $= 0$ olmalıdır.

$$\int_A \sigma \cdot dA = \int_A \left(\frac{E}{\rho} y \right) dA = \frac{E}{\rho} \int_A y dA = 0 \quad \text{olmalıdır}$$

T.E. göre kesitin statik momenti

Kesitin tarafsız eksene göre statik momentinin $\left(\int y dA = 0 \right)$ sıfır olması için tarafsız eksen ağırlık merkezinden geçmelidir.

Eğilmenin ρ eğrilik yarıçapı verildiği zaman normal gerilme:

$$\sigma = \frac{E}{\rho} y = \frac{1}{\rho} E \cdot y \quad (2')$$

formülü ile hesaplanır. Ancak uygulamada ρ yerine M_e eğilme momenti verildiğinden, M ile ρ arasında bağıntı kurmak gereklidir. (Şekil: 2 den), dA elemanına tesir eden kuvvetin tarafsız eksene göre momenti:

$$\left(\underset{\text{(kuvvet)}}{\sigma dA} \right) \cdot y = \left(\frac{E}{\rho} y dA \right) \cdot y = \frac{E}{\rho} \int_A y^2 dA$$

Bütün kesit için elde edilecek toplam moment, M_x dış momentine eşit olmalıdır.

$$M_x = \int_A \frac{E}{\rho} y^2 dA = \frac{E}{\rho} \int_A y^2 dA = M_x \Rightarrow \frac{E}{\rho} I_{\bar{x}} = M_x$$

$\underbrace{\int_A y^2 dA}_{\equiv I_{\bar{x}} \text{ (atalet mom.)}}$

$$\frac{E}{\rho} I_{\bar{x}} = M_x \Rightarrow \frac{1}{\rho} = \frac{M_x}{E I_{\bar{x}}} \quad (A)$$

(A) ifadesi, $\sigma = \frac{1}{\rho} E \cdot y$ de yerine konursa:

$$\sigma_z = \frac{1}{\rho} E \cdot y = \left(\frac{M_x}{E I_{\bar{x}}} \right) E \cdot y = \frac{M_x y}{I_{\bar{x}}} \quad \sigma_z = \frac{M_x \cdot y}{I_{\bar{x}}} \quad (B)$$

Şekil değiştirme de: $e_z = \frac{1}{E} \sigma_z$ (C) ile bulunur.

$$\text{K.G. (yol)} \quad \sigma_z = \frac{M_x \cdot y}{I_{\bar{x}}}$$

$$\text{K.G. (xek)} \quad \sigma_z = - \frac{M_y \cdot x}{I_{\bar{y}}}$$

(B) formülünde, tarafsız eksenin altındaki y ler pozitif, üstündekiler negatif işaretlidir. Bu sebeple kesitte meydana gelen en büyük çekme ve en küçük basma gerilmesi bulunabilir. Şekil 2 den görüleceği gibi:

$$y = h_1 \quad \text{ise:} \quad \sigma_{\max} = \frac{M_x}{I_x}(h_1)$$

$$y = -h_2 \quad \text{ise:} \quad \sigma_{\min} = \frac{M_x}{I_x}(-h_2)$$

bulunur, tarafsız ekseninde ise: $y=0$ den: $\sigma=0$ olur.

$W_x = \frac{I_x}{h_1}$ ve $W'_x = \frac{I_x}{-h_2}$ ile tanımlanan büyüklük-

lere kesitin "Mukavemet momentleri" denir. Bu durumda

$$\sigma_{\max} = \frac{M_x}{W_x},$$

$$\sigma_{\min} = -\frac{M_x}{W'_x}$$

ifadeleri ile hesaplanır.

Mukavemet momentinin birimi: $[W] = \text{cm}^3$ tür.

Yükseklik arttıkça mukavemet momenti ^{değer} artar.

Eğer bir kesitte $W=W'$ ise $h_1=h_2$ demektir. Yani kesit tarafsız eksene göre simetriktir.

Mukavemet momenti, kırılgan kesitin eğilmeye karşı dayanıklılığını ifade eder. Mukavemet momenti büyük olan kesitler eğilmeye daha çok karşı koyarlar.

Kesit analizinde; $\sigma_{\max}$ ve $\sigma_{\min}$ gerilmelerinin kesit malzemesinin çekme ve basma emniyet gerilmelerinden küçük olmalıdır.

$$\sigma_{\max} < \sigma_{\text{em}} \quad ; \quad |\sigma_{\min}| < \sigma_{\text{em}}$$

kosullarının her ikisi de sağlanarak; verilen eğilme problemlerinde:

1. Kesit verilmişse moment hesabı,
2. Moment verilmişse kesit hesabı,
3. Moment ve kesit verilmişse, gerekli kontroller yapılır.

Kesit tayini: Verilen bir problem için kesit tayini:

$$\sigma_{e(em)} = \frac{|M_{max}|}{W}$$

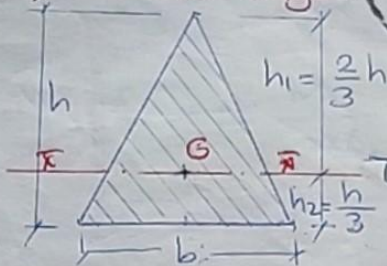
formülü ile yapılır.

Burada: $\sigma_{e(em)}$: Kiriş malzemesinin eğilme emniyet gerilmesi
 $|M_{max}|$: Kiriş moment diyagramında mutlak değerce en büyük moment.

W : Mukavemet momenti:

Bazı şekillerin mukavemet momentleri:

a) İkizkenar üçgen:

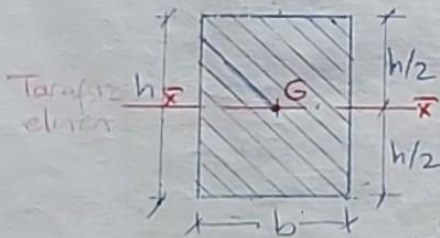


$$I_{\bar{x}} = \frac{bh^3}{36} \quad (\text{atalet momenti})$$

$$W_1 = \frac{I_{\bar{x}}}{h_1} = \frac{\frac{bh^3}{36}}{\frac{2}{3}h} \Rightarrow W_1 = \frac{bh^2}{24}$$

$$W_2 = \frac{I_{\bar{x}}}{h_2} = \frac{\frac{bh^3}{36}}{\frac{h}{3}} \Rightarrow W_2 = \frac{bh^2}{12}$$

b) Dikdörtgen:



$$I_{\bar{x}} = \frac{bh^3}{12}$$

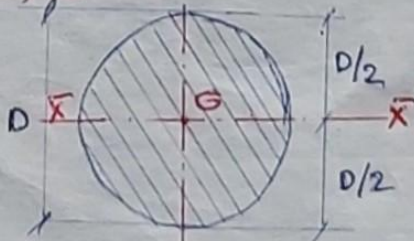
$$W_1 = W_2 = W = \frac{\frac{bh^3}{12}}{\frac{h}{2}} \Rightarrow W = \frac{bh^2}{6}$$

NOT: $\frac{h}{b} \cong 1,2 \div 1,4$ olursa en iyi ebatlar seçilmiştir.

c) Kare: $b=h=a$ dersek,

$$W = \frac{a^3}{6}$$

d) Daire:



$$I_{\bar{x}} = \frac{\pi D^4}{64} \quad (\text{çap ekseninden})$$

$$W = \frac{\frac{\pi D^4}{64}}{D/2} \Rightarrow W = \frac{\pi D^3}{32}$$

$D = \text{çap}$

$$\frac{D}{2} = r : \text{yarıçap} \quad I_x = \frac{\pi r^4}{4} \quad (\text{yarıçap ekseninden})$$

Kesit tayini: Verilen bir problem için kesit tayini:

$$\sigma_{e(em)} = \frac{|M_{max}|}{W}$$

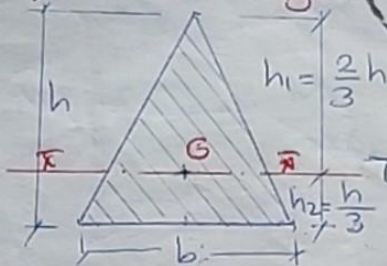
formülü ile yapılır.

Burada: $\sigma_{e(em)}$: Kiriş malzemesinin eğilme emniyet gerilmesi
 $|M_{max}|$: Kiriş moment diyagramında mutlak değerce en büyük moment.

W : Mukavemet momenti:

Bazı şekillerin mukavemet momentleri:

a) İkizkenar üçgen:

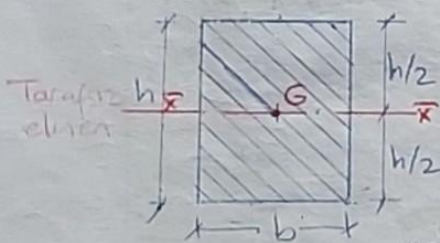


$$I_{\bar{x}} = \frac{bh^3}{36} \quad (\text{atalet momenti})$$

$$W_1 = \frac{I_{\bar{x}}}{h_1} = \frac{\frac{bh^3}{36}}{\frac{2h}{3}} \Rightarrow W_1 = \frac{bh^2}{24}$$

$$W_2 = \frac{I_{\bar{x}}}{h_2} = \frac{\frac{bh^3}{36}}{\frac{h}{3}} \Rightarrow W_2 = \frac{bh^2}{12}$$

b) Dikdörtgen:



$$I_{\bar{x}} = \frac{bh^3}{12}$$

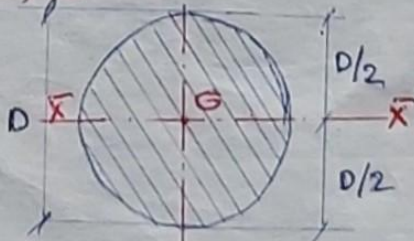
$$W_1 = W_2 = W = \frac{\frac{bh^3}{12}}{\frac{h}{2}} \Rightarrow W = \frac{bh^2}{6}$$

NOT: $\frac{h}{b} \cong 1,2 \div 1,4$ olursa en iyi ebatlar seçilmiştir.

c) Kare: $b=h=a$ dersek,

$$W = \frac{a^3}{6}$$

d) Daire:



$$I_{\bar{x}} = \frac{\pi D^4}{64} \quad (\text{çap ekseninden})$$

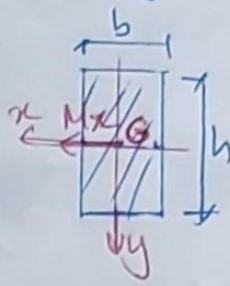
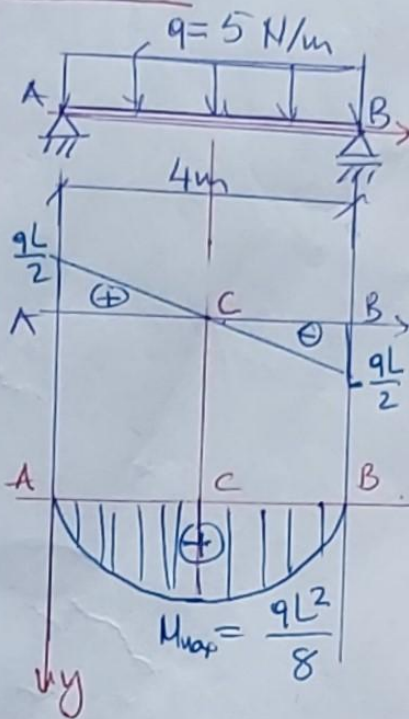
$$W = \frac{\frac{\pi D^4}{64}}{D/2} \Rightarrow W = \frac{\pi D^3}{32}$$

$D = \text{çap}$

$$\frac{D}{2} = r : \text{yarıçap} \quad I_x = \frac{\pi r^4}{4} \quad (\text{yarıçap ekseninden})$$

DÜZ EĞİLME ÖRNEKLERİ

örnek:1)



4m boyunda $q=5 \text{ N/m}$ lık düzgün yayılı yükle yükü olan şekildedir basit kirişte; $\tau_{em} = 1000 \text{ N/cm}^2$ olarak verilmiştir.

Kirişin kesiti dikdörtgen olup;
 $\frac{b}{h} = \frac{1}{2}$ dir.

Buna göre; bu kirişin verilen yükü eğilmeye göre emniyetle taşıyabilmesi için $b \times h$ boyutları ne olmalıdır?

ÇÖZÜM : $M_{max} = \frac{qL^2}{8} = \frac{5 \cdot 4^2}{8} = 10 \text{ N.m} = 10^3 \text{ N.cm.}$

$$I_x = \frac{bh^3}{12} = \frac{(\frac{h}{2})h^3}{12} = \frac{h^4}{24}$$

$$y_{max} = \frac{h}{2}$$

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{(\frac{h}{2})h^2}{6}$$

$$W = \frac{h^3}{12}$$

$$\tau_{max} = \frac{M_{max}}{I_x} y_{max} = \frac{M_{max}}{W} \leq \tau_{em}$$

$$\frac{1000}{\frac{h^4}{24}} \left(\frac{h}{2}\right) \leq 1000 \Rightarrow h = 2,288 \text{ cm} = 2,4 \text{ cm}$$

$$b = \frac{h}{2} = 1,145 \text{ cm} = 1,2 \text{ cm}$$

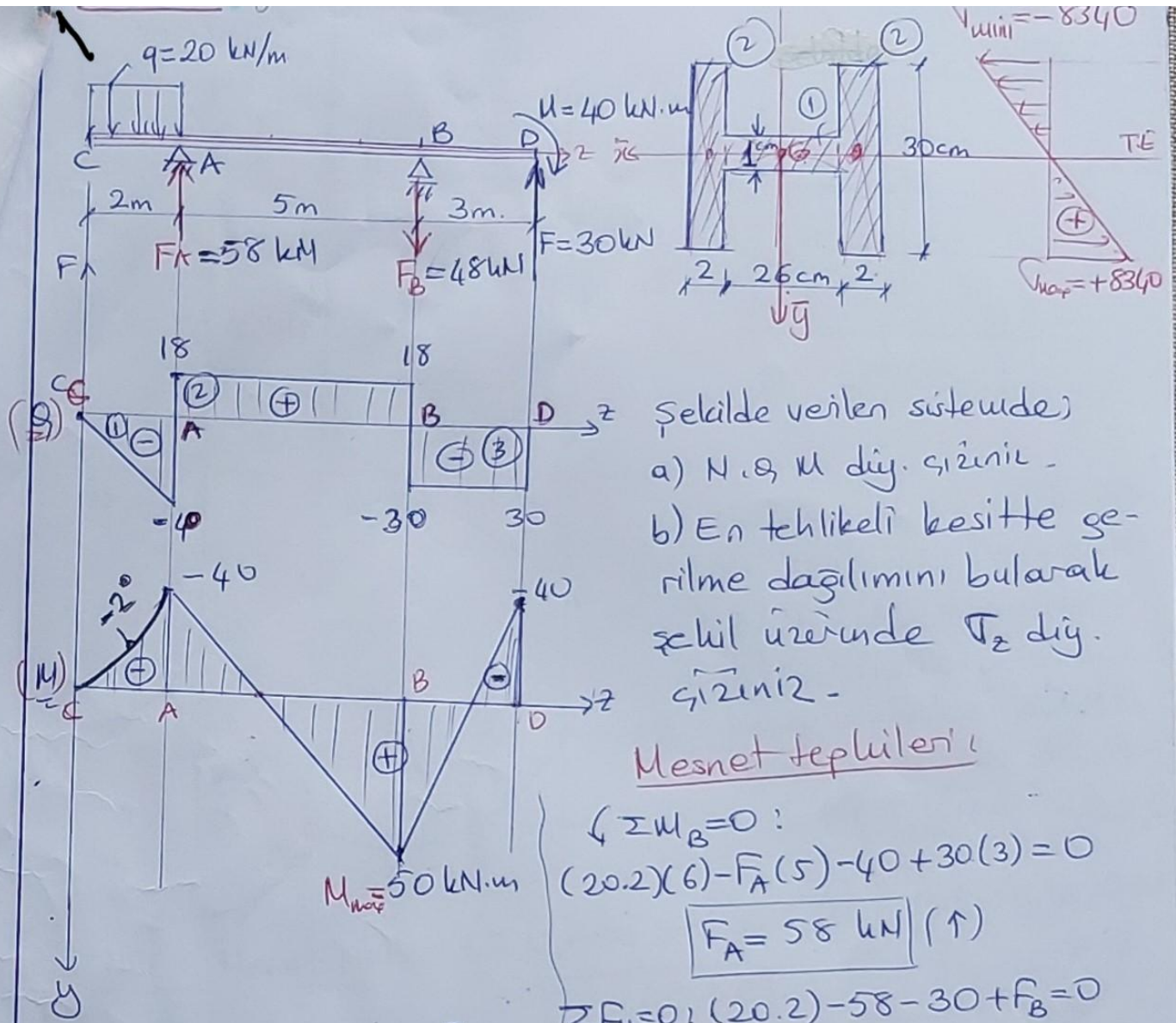
$$b \times h = 1,2 \times 2,4 \text{ cm}$$

Kontrol: $W_x = \frac{bh^2}{6} = \frac{(1,2)(2,4)^2}{6} = 1,152 \text{ cm}^3$

$$\tau_{max} = \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{1000}{1,152} \leq \tau_{em} = 1000$$

$$\tau_{max} \approx 869 \text{ N/cm}^2 \leq \tau_{em} = 1000 \text{ N/cm}^2$$

SİSTEM
(BOYUTLAR),
EMNİYETLİDİR



- Şekilde verilen sistemde;
- N, Q ve M diy. çiziniz.
 - En tehlikeli kesitte gerilme dağılımını bularak şekil üzerinde σ_z diy. çiziniz.

Mesnet tepkileri:

$$\sum M_B = 0:$$

$$(20 \cdot 2)(6) - F_A(5) - 40 + 30(3) = 0$$

$$F_A = 58 \text{ kN} (\uparrow)$$

$$\sum F_y = 0: (20 \cdot 2) - 58 - 30 + F_B = 0$$

$$F_B = 48 \text{ kN} (\downarrow)$$

Moment diy. çizim:

$$A_1 = -\frac{1}{2}(2 \cdot 40) = -40$$

$$A_2 = +(18 \cdot 5) = +90$$

$$A_3 = -(30 \cdot 3) = -90$$

$$M_D = +40 \text{ kN.m} (\curvearrowright) (\text{siy.})$$

$$M_{\max} = +50 \text{ kN.m} = 50 \cdot 10^5 \text{ N.cm}$$

$$y_{\max} = 15 \text{ cm}, y_{\min} = -15 \text{ cm}$$

$$I_{\bar{x}} = I_{x1} + 2I_{x2}$$

$$I_{\bar{x}} = \frac{26(15)^3}{12} + 2 \left[\frac{2(30)^3}{12} \right]$$

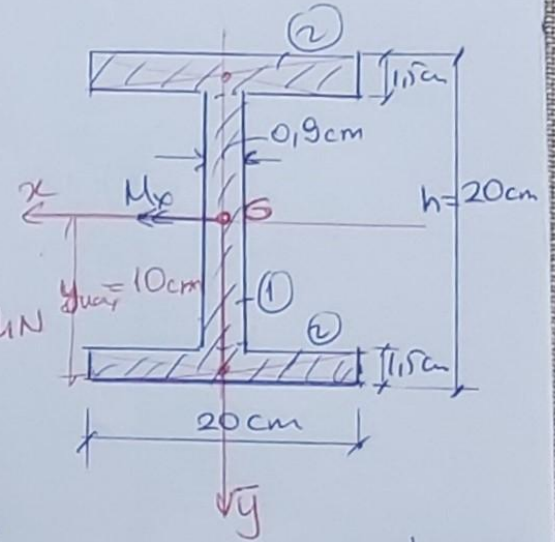
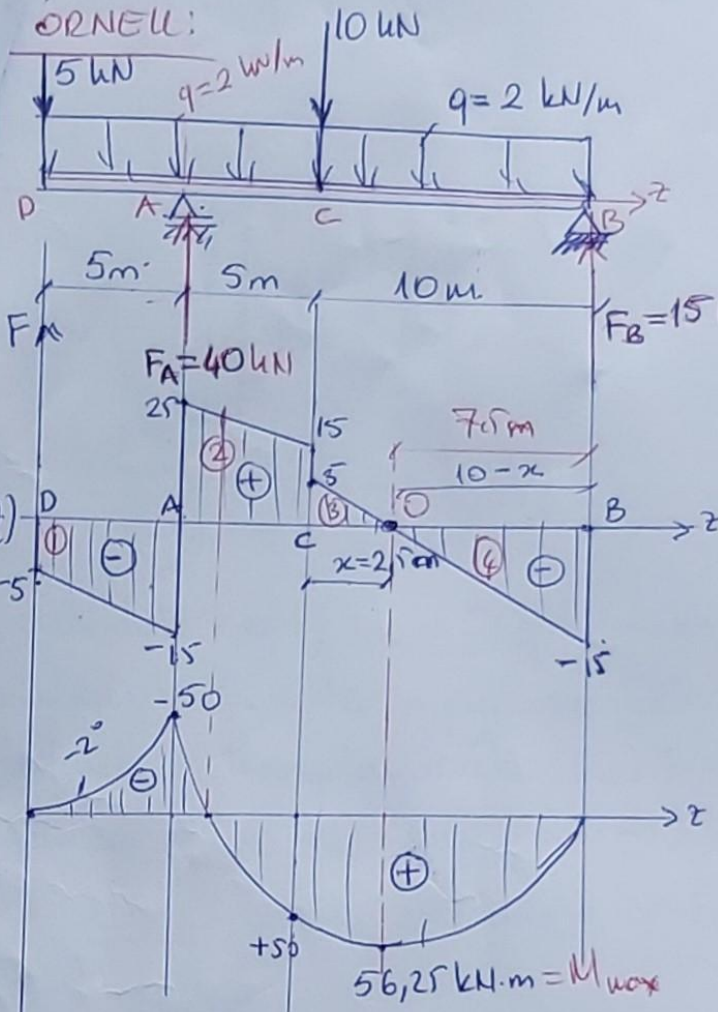
$$I_{\bar{x}} \approx 9002 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_z = \frac{Mx}{I_{\bar{x}}} y_{\max} = \frac{50 \cdot 10^5}{9002} y = 556 y_{\max}$$

$$\sigma_{\max} = 556(+15) = +8340 \text{ N/cm}^2$$

$$\sigma_{\min} = 556(-15) = -8340 \text{ N/cm}^2$$

ÖRNEK:



Şekilde yükleme durumu ve kesiti verilen kiriste;
a) N, Q, M_x diy. siziniz
b) En büyük gerilmeyi hesaplayarak emniyetli olup olmadığınızı araştırınız ($\sigma_{em} = 11 \cdot 10^3 \text{ N/cm}^2$).

MeV.

ÇÖZÜM: Mesnet tepkileri, $\sum M_B = 0: 5(20) - F_A(15) + 10(10) + (2 \cdot 20)(10) = 0$

$$y_{max} = 10 \text{ cm}$$

$$F_A = 40 \text{ kN} \quad (\uparrow)$$

$$\sum F_y = 0: 5 + 10 + (2 \cdot 20) - 40 - F_B = 0 \Rightarrow F_B = 15 \text{ kN} \quad (\uparrow)$$

$$x = ? : \frac{5}{15} = \frac{x}{10 - x} \Rightarrow x = 2,5 \text{ m}$$

$$M_{max} = 56,25 \text{ kN.m} = 56,25 \cdot 10^5 \text{ N.cm}$$

$$I_{\bar{x}} = I_{x_1} + 2 I_{x_2}$$

$$= \frac{(0,9)(17)^3}{12} + 2 \left[\frac{20(1,5)^3}{12} + (10 - 0,75)(20 \cdot 1,5) \right] = 368,475 + 5145$$

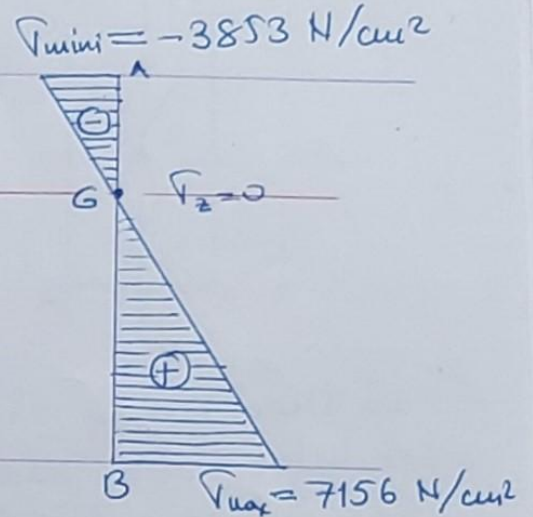
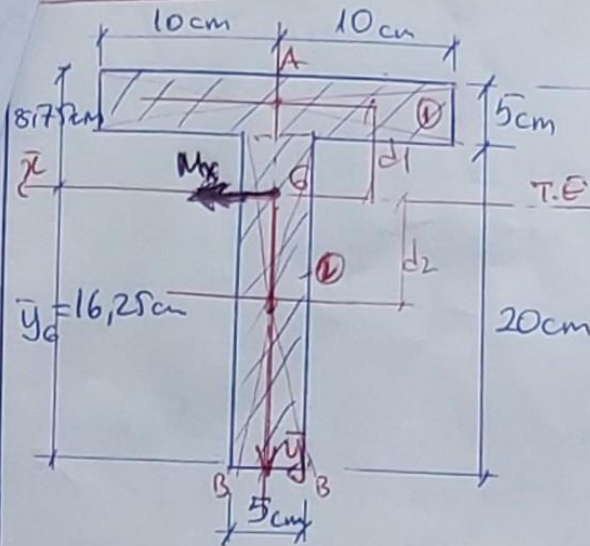
$$I_{\bar{x}} = 5513,475 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{I_{\bar{x}}} y_{max} = \frac{56,25 \cdot 10^5}{5513,475} (10) \approx 10203 \text{ N/cm}^2 < \sigma_{em} = 11 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{max} = 10203 < \sigma_{em} = 11 \cdot 10^3$$

EMNİYETLİDİR.

meu: 2) you



Şekildeki kesit, $M_x = 50$ kN.m.lik eğilme momenti etki-
sindedir. Kesitte meydana gelen maksimum ve minimum
gerilmeleri hesaplayarak kesit üzerinde gerilme diy-
gramını $G(\bar{x}_G; \bar{y}_G) = G(0; 16,25\text{cm})$

ÇÖZÜM: Şekil simetrik tür $G(\bar{x}_G; \bar{y}_G) = G(10; 16,25\text{cm})$

$$\sigma_z = \frac{M_x}{I_{\bar{x}}} y$$

$$I_{\bar{x}} = \left[\frac{20 \cdot 5^3}{12} + \underbrace{\left[8,75 - 2,5 \right]_{d_1}^2 (20 \cdot 5)} + \left[\frac{5(20)^3}{12} + \underbrace{(16,25 - 10)^2}_{d_2} (5 \cdot 20) \right] \right]$$

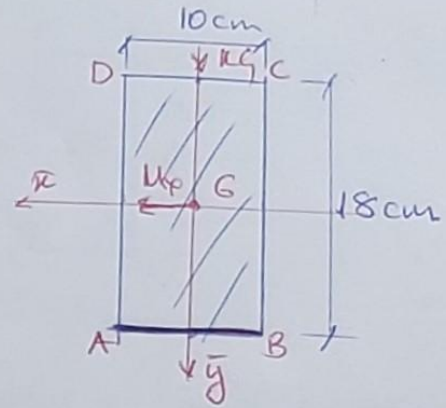
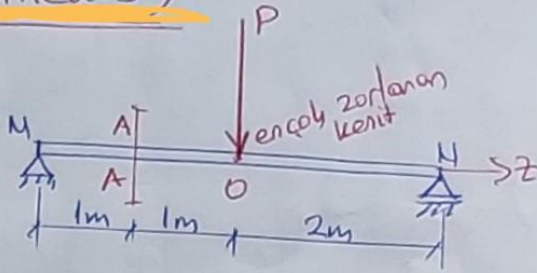
$$I_{\bar{x}} = 11354,16 \Rightarrow \boxed{I_{\bar{x}} \cong 11355 \text{ cm}^4}$$

$$M_x = 50 \text{ kN.m} = 50 \cdot 10^5 \text{ N.cm}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{50 \cdot 10^5}{11355} (16,25) \cong 7156 \text{ N/cm}^2 \text{ (B)}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{50 \cdot 10^5}{11355} (-8,75) \cong -3853 \text{ N/cm}^2 \text{ (A)}$$

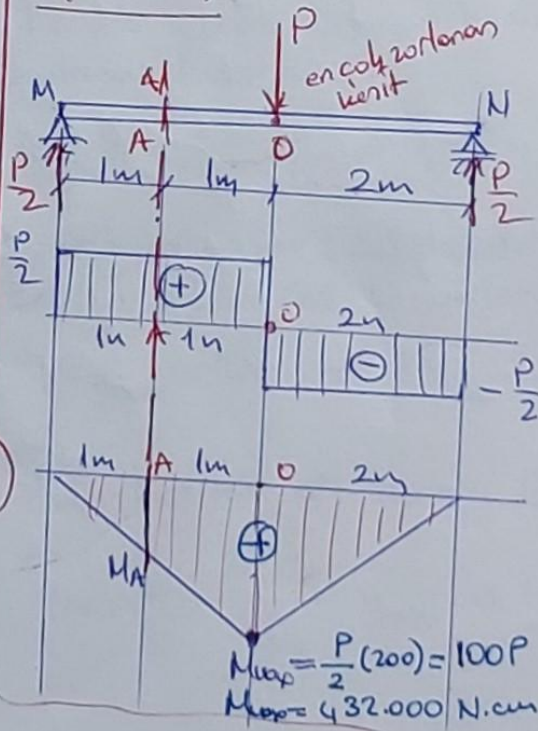
örnek: 3)



Şekilde kesiti verilen ve P yükü ile yüklü basit kirişin (A-A) kesitinin en alt kenarı boyunca birim şekil değiş-tirme $e_z = 0,4 \cdot 10^{-3}$ olarak ölçülmüştür. Malzemede; $E = 10^6 \text{ N/cm}^2$ olarak verilmektedir. Buna göre

- $P = ?$ hesaplayınız $M_{\max} = ?$
- Kirişte meydana gelen, $\tau_{\max} = ?$ bulunuz

ÇÖZÜM 1



(A-A) kesitinin birim şekil deę.
 $e_z = 0,4 \cdot 10^{-3}$ (en alt AB kenarında)

$$\sigma_z = E e_z = 10^6 (0,4 \cdot 10^{-3})$$

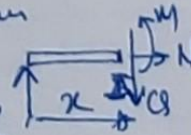
$$\sigma_{\max} = \sigma_z = 400 \text{ N/cm}^2 \text{ (AB deli gerilme)}$$

Bu gerilme (A-A) deli maksimum gerilme

$$W_x = \frac{bh^2}{6} = \frac{10(18)^2}{6} = 540 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{x_A}}{W_x} \Rightarrow \frac{M_{x_A}}{540} = 400$$

$$M_{x_A} = 216.000 \text{ N.cm} \text{ (A-A) deli Moment}$$



$$\sum M = 0 \Rightarrow M = -\frac{P}{2} x$$

$$M_A = \frac{P}{2} (1m) = \frac{P}{2} (100) = 216.000$$

$$\frac{P}{2} (100) = 216.000$$

$$P = 4320 \text{ N}$$

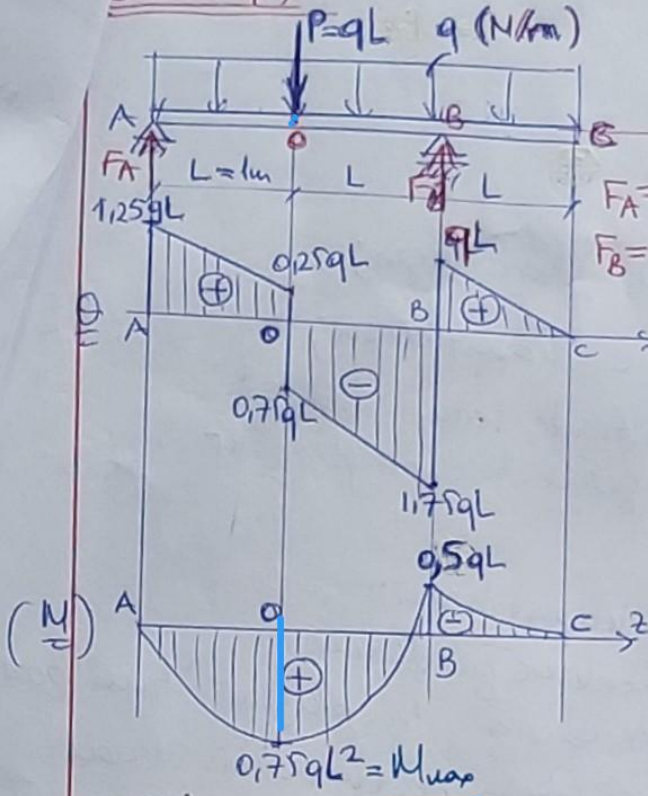
b) Çubukun en çöly zortanan kesiti P yükünün altındadır.

$$M_{x_0} = \frac{P}{2} (200) = 100P$$

$$M_{\max} = M_{x_0} = 100(4320) = 432.000 \text{ N.cm}$$

$$\tau_{\max} = \frac{M_{x_0}}{W_x} = \frac{432.000}{540} \Rightarrow \tau_{\max} = 800 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

Örnekle 4)



Şekildeki en büyük birim uzama $e_{z_{max}} = 10^{-3}$ ile sınırlanmıştır. $E = 10^6 \text{ N/cm}^2$, kiriş kesiti $12 \times 20 \text{ cm}$ olduğuna göre, kirişin taşıyabileceği q yükünü bulunuz. (NOT: Kiriş yalıtım eğitme et kusurindedir).

ÇÖZÜM:

Kirişte en çok zorlanan kesit; O' dir. Yani P teki yükün altında bulunan kesittir.

$$M_{max} = 0,75 q L^2 = 0,75 q (100)^2 = 7500 q$$

Maksimum birim şekil değiştirme ($e_{z_{max}}$), bu momentin etki ettiği kesitin alt ve üst kenarları boyunca olacaktır.

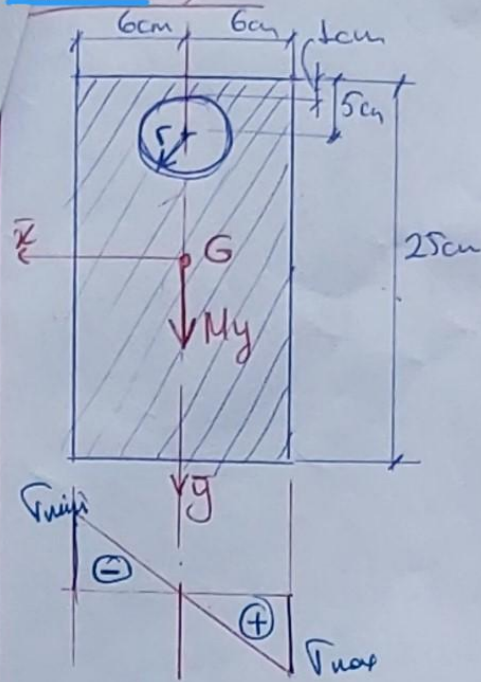
$$e_{z_{max}} = 10^{-3} \Rightarrow \sigma_{max} = E e_{z_{max}} = (10^6) (10^{-3}) = 1000 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

σ_{max} ; kesitin alt kenarı (AB) boyunca olacaktır.

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{I_x} y_{max} \Rightarrow 1000 = \frac{7500 q}{\frac{12(20)^3}{12}} (+10)$$

$$q = 106,667 \text{ N/cm} \approx 1,07 \text{ N/m}$$

Örnek 5)



Sekildaki kesit; $12 \times 25 \text{ cm}^2$ lik dikdörtgenden $r=4 \text{ cm}$ yarıçaplı daire çıkarılarak elde edilmiştir.

$\tau_{em} = 1000 \text{ N/cm}^2$ dir.

$\bar{x}$ eksenini kuvvetler çizgisi olarak, kesitin taşıyabileceği M_y momentini bulunuz.

ÇÖZÜM: $\tau_z = \frac{-M_y}{I_{\bar{y}}} (x)$

Simetriden dolayı ağırlık merkezi $\bar{y}$ eksenini üzerindedir. Sekil $\bar{y}$ eksenine göre simetrik.

$$I_{\bar{y}} = \frac{25(12)^3}{12} - \frac{\pi 4^4}{4} \approx 3398,94 \Rightarrow I_{\bar{y}} \approx 3400 \text{ cm}^4$$

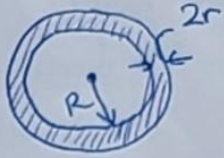
$x = -6 \text{ cm}$ için: $\tau_z = - \frac{M_y}{3400} (-6) \Rightarrow + \frac{M_y}{3400} (6) = \tau_{max}$

$$\tau_{max} = \frac{M_y}{3400} (6) = 1000$$

$$M_y = 566666,7 \text{ N.cm}$$

$$M_y \approx 5,67 \text{ kN.m}$$

örnek: 7)



Kesiti

$r=1\text{cm}$ yarıçaplı, bir daire olan bir tel
 R yarıçaplı bir silindirin etrafına sarılacaktır. Tel malzemesinde;

$$E_{\text{tel}} = 21 \cdot 10^6 \text{ N/cm}^2, \quad \tau_{\text{em}} = 14 \cdot 10^3 \text{ N/cm}^2$$

old. göre; telin emniyetle sarılabileceği silindirin
 R yarıçapı ne olmalıdır?

ÇÖZÜM:

Doğru eksenli telin silindirin etrafına sarılmasıyla
telde eğilme meydana gelir.

$r=1\text{cm}$ yarıçaplı bir daire kesitin emniyetle taşıyabileceği eğilme momentini (M_x) bulalım $\tau_{\text{max}} = \frac{M_x}{I_x}(r) \leq \tau_{\text{em}}$

$$\tau_{\text{max}} = \frac{M_x}{\frac{\pi r^4}{4}} (r) \leq \tau_{\text{em}}$$

$$M_x = \frac{\pi r^3}{4} \tau_{\text{em}} \Rightarrow M_x = \frac{\pi (1)^3}{4} (14 \cdot 10^3) \approx 10996 \text{ N.cm}$$

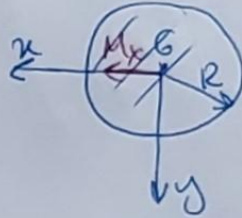
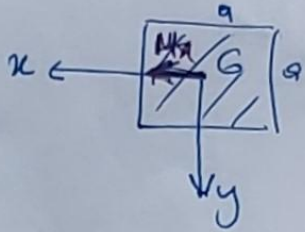
Eğrilik yarıçapı
 $\rho = R$

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M_x}{E I_x}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{M_x}{E I_x} \Rightarrow \frac{1}{R} = \frac{10996}{(21 \cdot 10^6) \left(\frac{\pi 1^4}{4} \right)}$$

$$R \approx 1500 \text{ cm} = 15 \text{ m}$$

örnek: 8) Bir R yarıçaplı daire diğer a kenarlı kare olan iki kesitin aynı momenti aynı emniyetle taşımaları istenmektedir. Bu durumda hangi kesiti kullanmak daha elverişlidir? ve birim boyda tasarruf edilecek malzeme miktarı ne kadardır?



ÇÖZÜM:

Daire kesiti için: $\tau_{max} = \frac{M_x}{I_{\bar{x}}} y_{max} \leq \tau_{em}$

$$\frac{M_x}{\frac{\pi R^4}{4}} (R) \leq \tau_{em} \Rightarrow M_x = \frac{\pi}{4} R^3 \tau_{em} \quad (1)$$

Kare kesiti için: $\tau_{max} = \frac{M_x}{I_{\bar{x}}} y_{max} \leq \tau_{em}$

$$\frac{M_x}{\frac{a^4}{12}} \left(\frac{a}{2}\right) \leq \tau_{em} \Rightarrow M_x = \frac{a^3}{6} \tau_{em} \quad (2)$$

(1) ve (2) den: $\frac{\pi}{4} R^3 \tau_{em} = \frac{a^3}{6} \tau_{em} \Rightarrow a = R \sqrt[3]{\frac{3\pi}{2}}$

$$a = R \sqrt[3]{\frac{3\pi}{2}} \Rightarrow \boxed{a = 1,6765 R}$$

$$A_{kare} = a^2 = 2,81 R^2, \quad A_{daire} = \frac{\pi}{3,14} R^2$$

Bu iki kesitten hangisi küçülse, o kesit avantajlıdır.

$$\boxed{A_{kare} < A_{daire}} \quad \text{--- KARE kesit avantajlıdır}$$

$$\Delta A = A_{daire} - A_{kare} = (\pi - 2,81) R^2 = \boxed{0,33 R^2}$$

Örnek: 10)

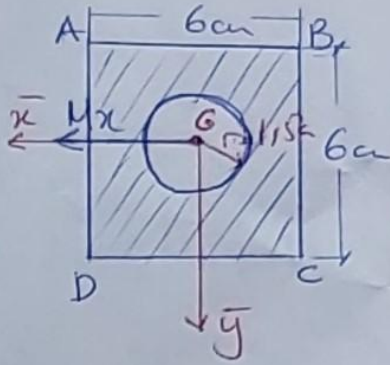
Şekildeki kesiti malzeme emaiyet gerilmesi

$$\tau_{em} = 10^4 \text{ N/cm}^2 \text{ old göre,}$$

kesit en fazla ne kadarlık

M_x eğilme momenti taşır?

$$(r = 1,5 \text{ cm})$$



ÇÖZÜM: 10)

$$\tau_{max} = \frac{M_x}{I_x} y_{max} \leq \tau_{em} \Rightarrow M_x = \frac{I_x}{y_{max}} \tau_{em}$$

$$I_x = -I_{daire} + I_{kare} = -\frac{\pi r^4}{4} + \frac{a^4}{12} = -\frac{\pi (1,5)^4}{4} + \frac{6^4}{12}$$

$$I_x \approx 104 \text{ cm}^4$$

$$M_x = \frac{I_x}{y_{max}} \tau_{em} = \frac{(104)(10^4)}{3} = 346666,7$$

$$M_x \approx 3467 \text{ N.m}$$

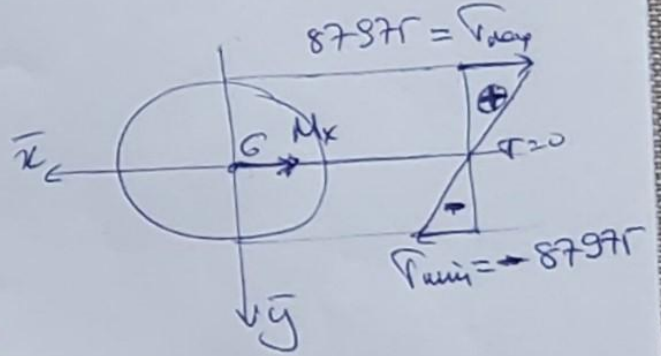
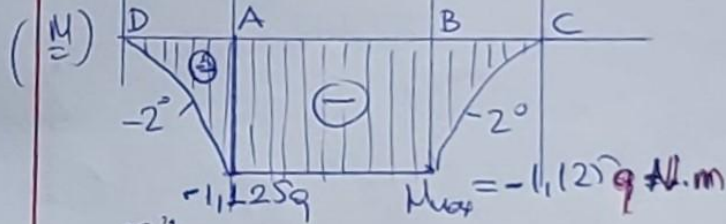
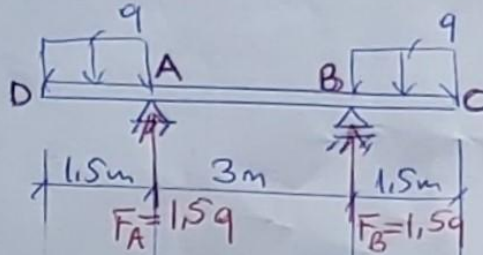
örnek: 11)

Şekildeki çubuk dairesel kesitli olup

$\tau_{em} = 14 \cdot 10^3 \text{ N/cm}^2$ dir.

Buna göre q yükünün değerini bulunuz ($q = ?$).

Dairesel kesitin çapı $d = 4 \text{ cm}$ dir



ÇÖZÜM 1

$$M_{max} = M_x = -1.125q \text{ (N.m)} = -1.125q (10^3) \text{ N.cm}$$

$$M_{max} = -112.5q \text{ (N.cm)}$$

$$\tau_{em} = -\frac{M_x}{I_x} y \Rightarrow 14 \cdot 10^3 = -\frac{112.5q}{12.56} (-2)$$

$$q = 781.51,11 \text{ N/cm}$$

$$q \approx 782 \text{ N/cm}$$

$$I_x = \frac{\pi r^4}{4} = \frac{\pi (2)^4}{4} = 12.56 \text{ cm}^4$$

$$\tau_{em} = 14 \cdot 10^3 \text{ N/cm}^2$$

$$M_{max} = -112.5(782) = -87975 \text{ N/cm}^2$$

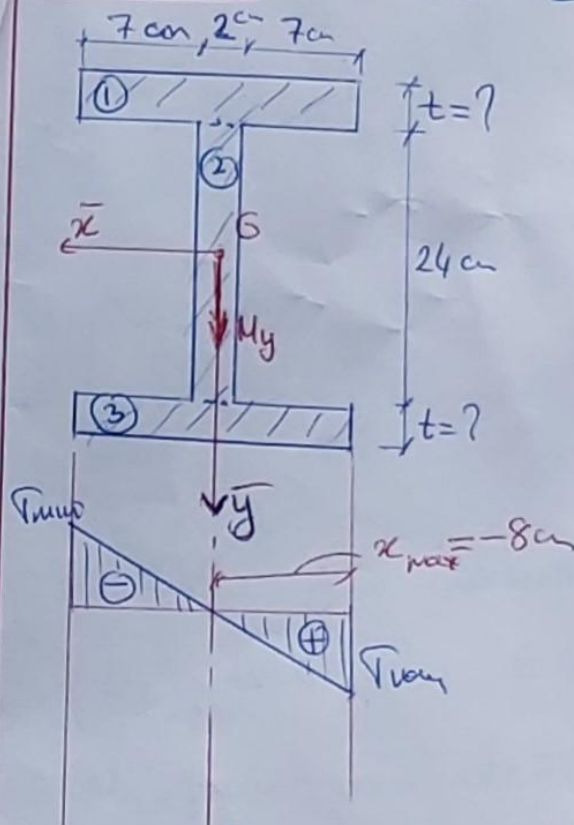
NOT: $\tau_{em} = \frac{M_x}{I_x} y$ gerilme ifadesinde:

$y > 0$ için: $\tau \Rightarrow$ negatif (basmaya)

$y < 0$ için: $\tau \Rightarrow$ pozitif (çekmeye) çalışır.

örnek: 12)

Şekildeki kesitte $M_y = -8 \cdot 10^3 \text{ N.m.}$ ve $\tau_{em} = 12 \cdot 10^3 \text{ N/cm}^2$ old göre, t kalınlığı ne olmalıdır?



ÇÖZÜM T.E. $M_y = -8 \cdot 10^3 \text{ N.m} = -8 \cdot 10^5 \text{ N.cm}$

$$\tau_{em} = - \frac{M_y}{I_y} x$$

$$I_{\bar{y}} = I_{y_1} + I_{y_2} + I_{y_3} = I_{y_2} + 2 I_{y_1}$$

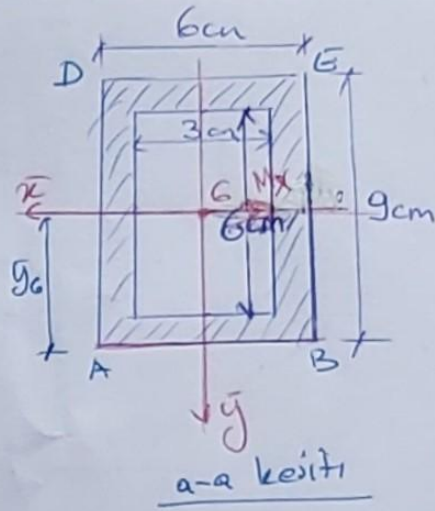
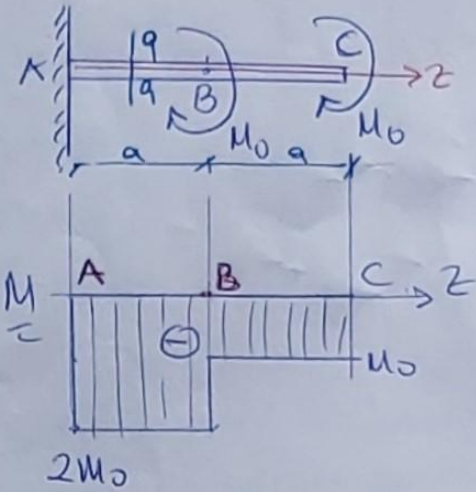
$$= \left[\frac{24 \cdot 2^3}{12} \right] + 2 \left[\frac{t (16)^3}{12} + 0 \right] = 16 + 682,7 t$$

$$I_{\bar{y}} = 16 + 682,7 t \Rightarrow I_{\bar{y}} = 16 + 683 t$$

τ_{max} ; x 'in negatif olduğu bölgede, (y) T.G.den en uzak noktada meydana gelir. $x_{max} = -8 \text{ cm}$

$$12 \cdot 10^3 = - \frac{8 \cdot 10^5}{16 + 683 t} (-8) \Rightarrow t = 0,8 \text{ cm}$$

Örnek: 13)



Şekildeki gibi yüklenmiş konsol sabitliğe;
 $(e_z)_{em} = 6 \cdot 10^{-4}$, $E = 20 \cdot 10^6 \text{ N/cm}^2$ old. göre
 M_0 momentinin değerini bulunuz

ÇÖZÜM:

En büyük moment AB aralığında ve $2M_0$ değerinde
 $(\sigma_z)_{em} = E (e_z)_{em} = (20 \cdot 10^6) (6 \cdot 10^{-4}) = 12000 \text{ N/cm}^2$

$$I_{\bar{x}} = \frac{6 \cdot 9^3}{12} - \frac{3 \cdot 6^3}{12} = 310,5 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_{em} = \frac{-2M_0}{I_{\bar{x}}} (-y_0)$$

$$12 \cdot 10^3 = \frac{-2M_0}{310,5} (-4,5) \Rightarrow M_0 = 414 \cdot 10^3 \text{ N.cm}$$