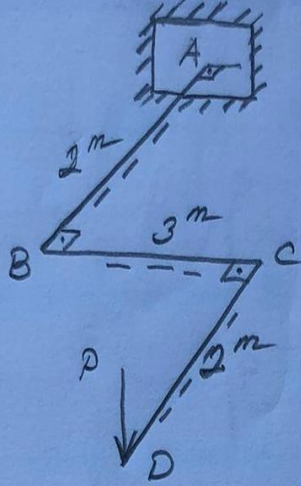


GENEL UYGULAMA



Şekilde verilen yatay düzlemdeki ABCD çubuğunun kesiti, yarıçapı "d" olan dolu dairedir. $P = 1 \text{ kN}$, $\sigma_{em} = 1400 \text{ N/cm}^2$ ise, En büyük kayma gerilmesi hipotenzine göre "d" yarıçapını hesaplayınız.

* Çubuğun boyutu en çok zorlanana "A" mesnedine ait kesit zorlarına göre yapılır.

A mesnedine göre;

$$M_e = P \cdot (2 + 2) = 4 \text{ kNm} = 4 \cdot 10^5 \text{ Ncm}$$

$$M_b = P \cdot 3 = 3 \text{ kNm} = 3 \cdot 10^5 \text{ Ncm}$$

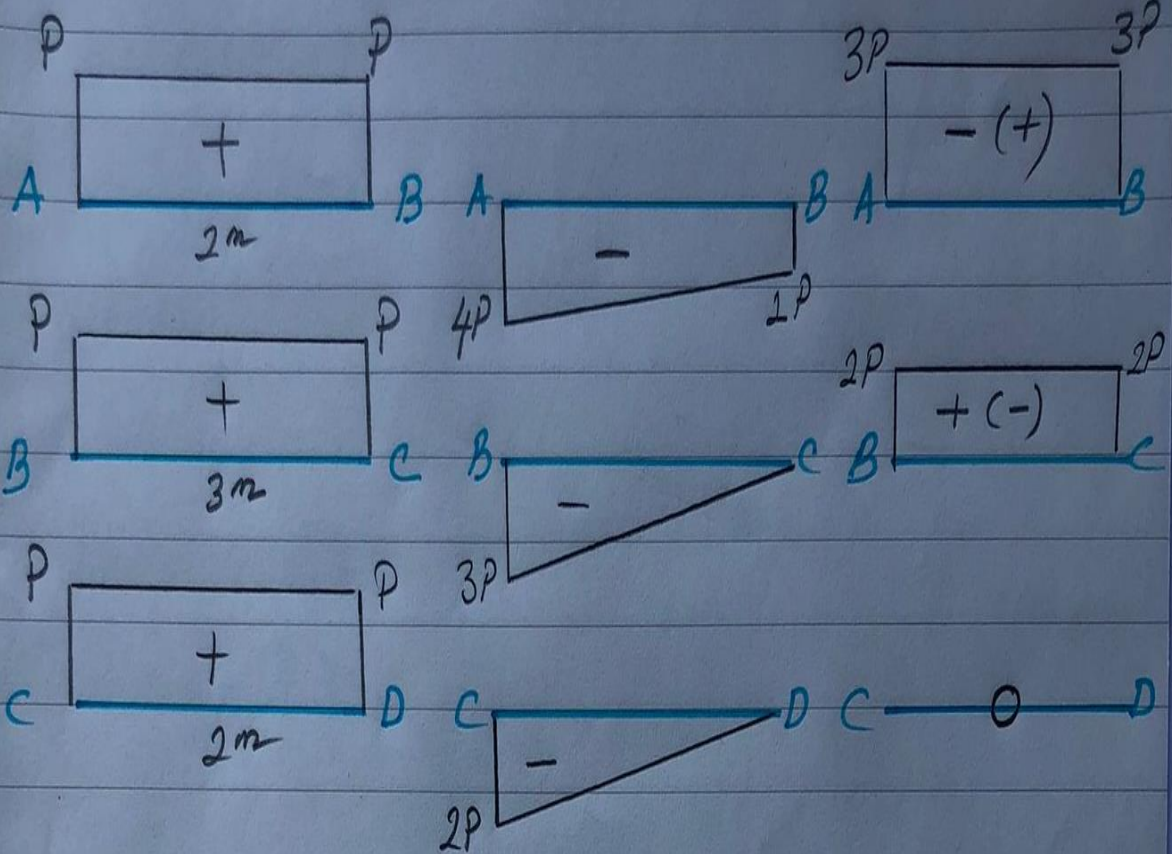
$$M_f = \sqrt{M_e^2 + M_b^2} = 5 \cdot 10^5 \text{ Ncm}$$

$$\sigma_{em} = 1400 = \frac{M_f}{I_x} \cdot d \rightarrow 1400 = \frac{5 \cdot 10^5}{\frac{\pi D^4}{64}} \cdot \frac{D}{2}$$

$$D \geq 15,4 \text{ cm}$$

↓
çap.

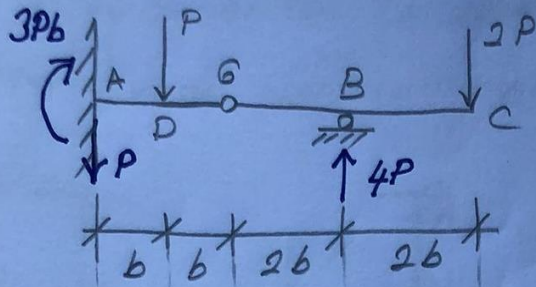
KESİT TESİRLERİ



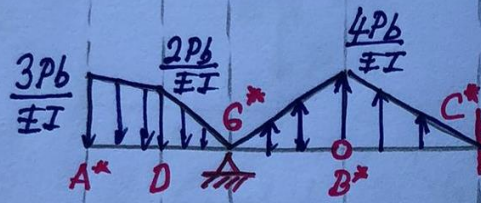
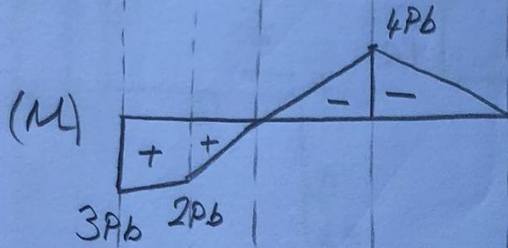
(T) Kesme Kuv.

(M_e) Eğilme Mom.

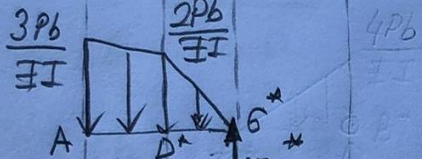
(M_b) Bükülme Mom.



D ve C noktalarındaki
çökme ve
G ve B mafsallarindeki
dönmeyi bulunuz.

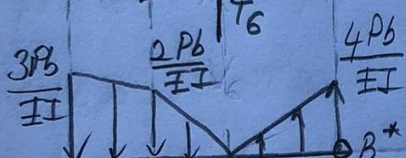


fiktif sisten
fiktif yükleme

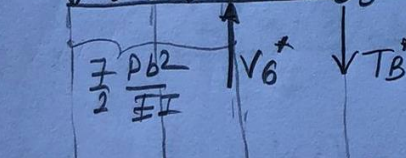


$$T_6^* = \theta_6 = \left(\frac{2Pb}{EI} \cdot \frac{b}{2} + \frac{2Pb}{EI} \cdot b + \frac{Pb}{EI} \cdot b \cdot \frac{1}{2} \right)$$

$$V_6 \cdot 2b = \frac{7}{2} \frac{Pb^2}{EI} \quad \checkmark$$



$$\sum M_{B^*} = 0 \rightarrow V_6 = \frac{53}{12} \frac{Pb^2}{EI}$$

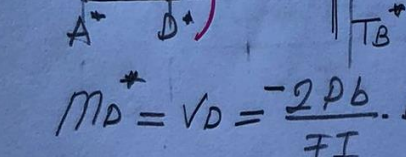


$$\sum F_y = 0$$

$$T_B^* = \theta_B = \frac{4Pb}{EI} \cdot 2b \cdot \frac{1}{2} + V_6 - \frac{7}{2} \frac{Pb^2}{EI}$$



$$\theta_B = \frac{59}{12} \cdot \frac{Pb^2}{EI} \quad \checkmark$$

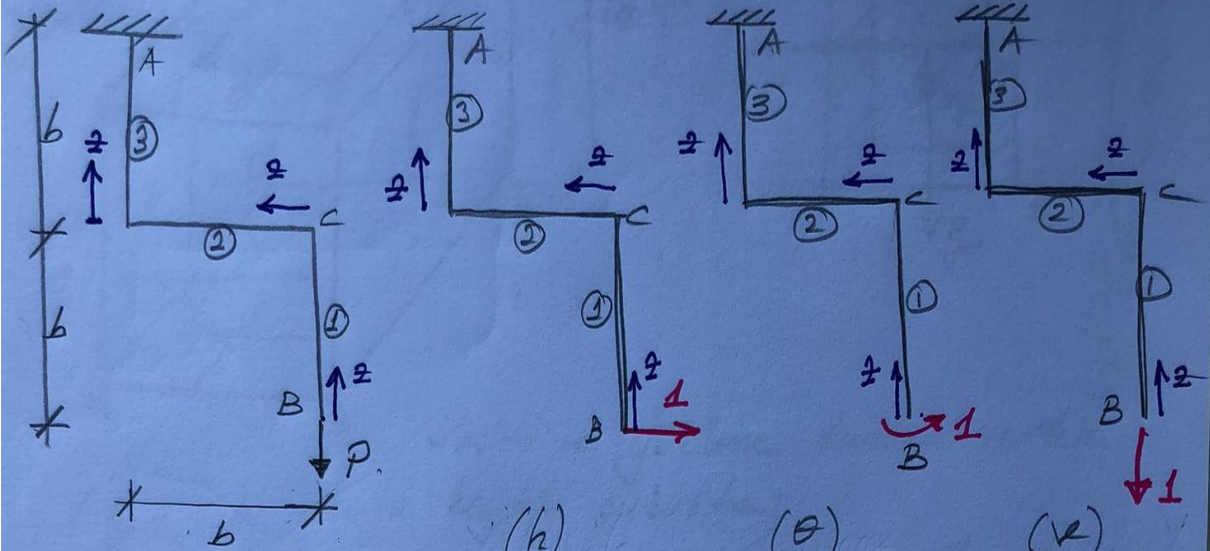


$$M_D^* = V_D = -\frac{2Pb}{EI} \cdot b \cdot \frac{b}{2} - \frac{Pb}{EI} \cdot b \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} b = -\frac{4}{3} \frac{Pb^3}{EI}$$

$$M_C^* = V_C = \frac{59}{12} \frac{Pb^2}{EI} \cdot 2b + \frac{4Pb}{EI} \cdot 2b \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 2b$$

$$= \frac{91}{6} \frac{Pb^3}{EI} \quad \checkmark$$

Asağıda verilen çerçevenin, ^{B noktasının} yatay ve düşey yer değiştirme-
mesini ve dönmesini virtual iş ile hesaplayınız.

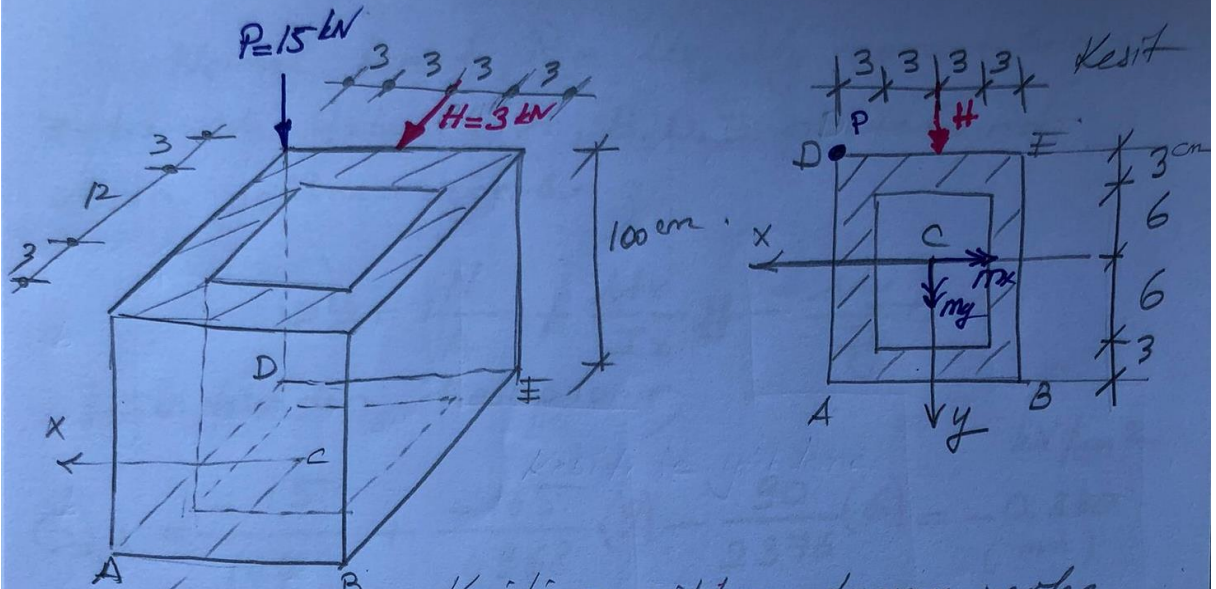


	<u>Gercek. Y.</u>	<u>(h)</u> <u>Yatay. Y.</u>	<u>(θ)</u> <u>Dönme</u>	<u>(v)</u> <u>Düşey. Y.</u>
① $0 < z \leq b$	$m=0$	$m'=z$	$m'=1$	$m'=0$
② $0 < z \leq b$	$m=-Pz$	$m'=b$	$m'=1$	$m'=-z$
③ $0 < z \leq b$	$m=-Pb$	$m'=b+z$	$m'=1$	$m'=-b$

$$\Delta_h = \int_0^b \frac{(-Pz)(b)}{EI} dz + \int_0^b \frac{(-Pb)(b+z)}{EI} dz = -\frac{2Pb^3}{EI}$$

$$\Delta_\theta = \int_0^b \frac{(-Pz)(1)}{EI} dz + \int_0^b \frac{(-Pb)(1)}{EI} dz = -\frac{3}{2} \frac{Pb^2}{EI}$$

$$\Delta_v = \int_0^b \frac{(-Pz)(-z)}{EI} dz + \int_0^b \frac{(-Pb)(-b)}{EI} dz = \frac{4Pb^3}{3EI}$$



Kesiti ve yüklenme durumu verilen kutu kesitli çubukta;

a) A, B, D, E noktalarındaki normal gerilmelerini bulunuz,

b) Taraf sil eksenin denklemini yazınız ve normal gerilme diyagramını çiziniz.

$$a) I_x = \frac{12 \cdot (18)^3}{12} - \frac{6 \cdot (12)^3}{12} = 4968 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{18 \cdot (12)^3}{12} - \frac{12 \cdot (6)^3}{12} = 2376 \text{ cm}^4$$

$$F = 12 \cdot 18 - 6 \cdot 12 = 144 \text{ cm}^2$$

Tabana göre M_x ve M_y eğilme momentleri:

$$M_x = P \cdot 9 - H \cdot 100 = 15 \cdot 9 - 3 \cdot 100 = -165 \text{ kNm}$$

$$M_y = P \cdot 6 = 15 \cdot 6 = 90 \text{ kNm}$$

Normal kuvvet P ve M_x, M_y momentlerinin etkisi ile tabanda A, B, D, E noktalarında oluşan gerilme değerleri;

$$\sigma_z = \frac{N}{A} + \frac{M_x}{I_x} y - \frac{M_y}{I_y} x$$

bağın tısından hesaplanır;

$$\sigma_{z,A} = \frac{-15}{144} + \frac{-165}{4968} (9) - \frac{90}{2376} (6) = -0,630 \text{ (mm)} \quad \text{KN/cm}^2$$

$$\sigma_{z,B} = \text{"} + \text{"} (9) - \text{"} (-6) = -0,176$$

$$\sigma_{z,D} = \text{"} + \text{"} (-9) - \text{"} (6) = -0,032$$

$$\sigma_{z,E} = \text{"} + \text{"} (-9) - \text{"} (-6) = 0,422 \text{ (mek.)}$$

b) Tarafsız eksenin denklemi, $\sigma_z = 0$ eşitliğinden elde edilir,

$$\sigma_z = \frac{-15}{144} + \frac{-165}{4968} y - \frac{90}{2376} x = 0$$

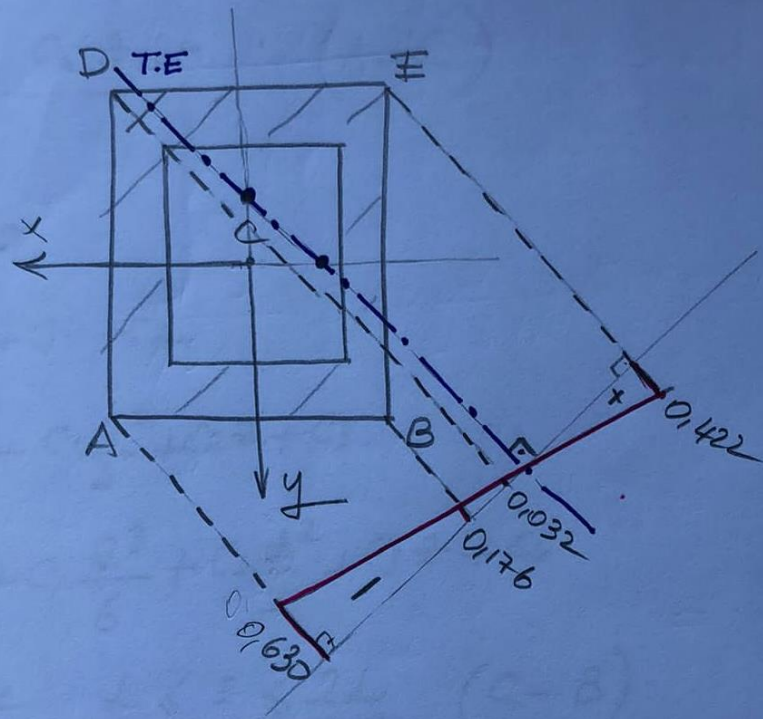
$$\downarrow$$

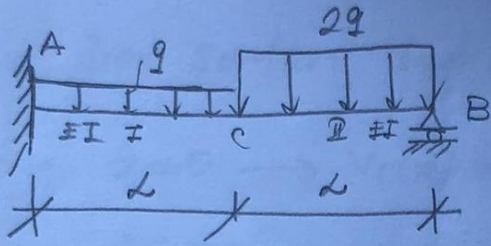
$$y = -1,141x - 3,13$$

$$x = 0 \rightarrow y = -3,13$$

$$y = 0 \rightarrow x = -2,74$$

Taraflı3 eleman ve gerilme diyagramını;





$V_c = ?$ C çökme değeri nedir?

$\theta_c = ?$ C dönme nedir?

I. Bölge $0 \leq x \leq L$ (A-C)

$$EI v_1^{IV} = q$$

$$EI v_1''' = qz + C_1$$

$$EI v_1'' = \frac{qz^2}{2} + C_1 z + C_2$$

$$EI v_1' = \frac{qz^3}{6} + C_1 \frac{z^2}{2} + C_2 z + C_3$$

$$EI v_1 = \frac{qz^4}{24} + C_1 \frac{z^3}{6} + C_2 \frac{z^2}{2} + C_3 z + C_4$$

II. Bölge $L \leq x \leq 2L$ (C-B)

$$EI v_2^{IV} = 2q$$

$$EI v_2''' = 2qz + d_1$$

$$EI v_2'' = \frac{2qz^2}{2} + d_1 z + d_2$$

$$EI v_2' = \frac{2qz^3}{6} + d_1 \frac{z^2}{2} + d_2 z + d_3$$

$$EI v_2 = \frac{2qz^4}{24} + d_1 \frac{z^3}{6} + d_2 \frac{z^2}{2} + d_3 z + d_4$$

δ sabit $\rightarrow$ δ sınır koşulları

Sınır şartları kullanılarak sabitlerin bulunması

$$\left. \begin{array}{l} 1 - z=0 \rightarrow v_1(z)=0 \rightarrow c_4=0 \\ 2 - z=0 \rightarrow v_1'(z)=0 \rightarrow c_3=0 \end{array} \right\} \text{Sınır şartı}$$

$$3 - z=L \rightarrow \underbrace{\int_I v_1''''(z)}_T = \underbrace{\int_I v_2''''(z)}_T \rightarrow L + c_1 = 2(L + d_1)$$

(C noktası)

$$4 - z=L \rightarrow \underbrace{\int_M v_1''(z)}_M = \underbrace{\int_M v_2''(z)}_M \rightarrow \frac{L^2}{2} + c_1 L + c_2 = 2 \left(\frac{L^2}{2} + d_1 L + d_2 \right)$$

(C noktası)

$$5 - z=L \quad v_1'(z) = v_2'(z) \quad \text{Süreklilik}$$

(C noktası)

$$6 - z=L \quad v_1(z) = v_2(z) \quad \text{Kosulları}$$

(C noktası)

$$7 - z=2L \rightarrow \int_I v_2'' = 0 \quad \left. \vphantom{\int_I v_2'' = 0} \right\} \text{Sınır şartı}$$

$$8 - z=2L \rightarrow v_2(z) = 0$$

8 bağıntı çözülerek 8 sabit aşağıdaki gibi bulunur;

$$c_1 = -\frac{103}{64} L, \quad d_1 = -\frac{167}{128} L$$

$$c_2 = \frac{23}{32} L^2, \quad d_2 = \frac{39}{64} L^2$$

$$c_3 = 0, \quad d_3 = -\frac{L^3}{12}, \quad d_4 = \frac{L^4}{48}$$

$$c_4 = 0$$

I. Bölge

$$0 \leq z \leq L$$

$$V_1(z) = \frac{q}{EI} \left[\frac{z^4}{24} - \frac{103}{384} L z^3 + \frac{23}{69} L^2 z^2 \right]$$

II. Bölge

$$0 \leq z \leq 2L$$

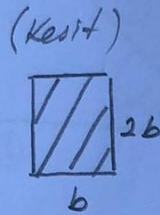
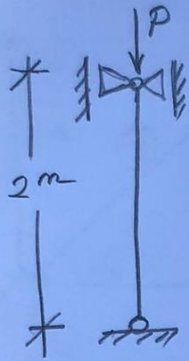
$$V_2(z) = \frac{q}{EI} \left[\frac{z^4}{12} - \frac{167}{384} L z^3 + \frac{39}{64} L^2 z^2 - \frac{L^3 z}{6} + \frac{L^4}{24} \right]$$

"C" 'deki dönme;

$$\theta_c = \left. V_1'(z) \right|_{z=L} = \left. V_2'(z) \right|_{z=L} = \frac{31}{384EI} q L^3$$

"C" 'deki çökme;

$$v_c = \left. V_1(z) \right|_{z=L} = \left. V_2(z) \right|_{z=L} = \frac{51}{384EI} q L^4$$



Sisteminde burkulma olmaması için "b" boyutu ne olmalıdır?

$$\sigma_k = 2930 - 19,4 \lambda \quad (\text{kN/cm}^2)$$

$$P = 60 \text{ kN}, n = 3, E = 1000 \text{ kN/cm}^2, \lambda_p = 100$$

* Varsayım $\rightarrow$ Burkulmanın elastik bölgede olsun!

$$P = \frac{P_{kr}}{n} \rightarrow 60 = \frac{\pi^2 \cdot 1000 \cdot I_{min}}{3 \cdot (200)^2} \rightarrow I_{min} = 730,25 \text{ cm}^4$$

$$I_{min} = \frac{2b \cdot b^3}{12} = 730,25 \rightarrow \boxed{b = 8,14 \text{ cm}}$$

$\rightarrow L_b = L = 200$
iki ucu mesafelle

$\rightarrow$ Gerçekten elastik bölgede mi kontrol edelim;

$$\bar{i} = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}} = \sqrt{\frac{730,25}{2b^2}} = 2,35 \rightarrow \lambda = \frac{L_b}{\bar{i}} = \frac{200}{2,35}$$

$$= 85,11 < \lambda_p = 100$$

Burkulmanın plastik bölgede olmasına göre hesap için kesit büyütelir;

$b = 8,5 \text{ cm}$ alalım

$$I_{min} = \frac{2 \cdot (8,5) \cdot (8,5)^3}{12} = 870 \text{ cm}^4, A = 144,5 \text{ cm}^2$$

$$\bar{i}_{min} = \sqrt{\frac{870}{144,5}} = 2,45 \rightarrow \lambda = \frac{L_b}{\bar{i}} = \frac{200}{2,45} = 81,6 < \lambda_p$$

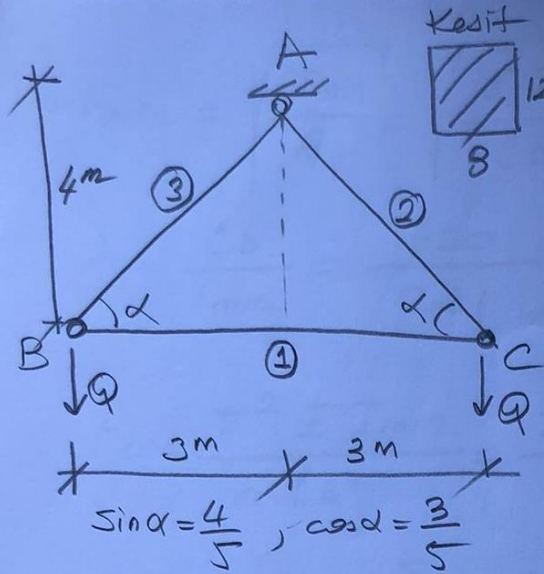
$$\sigma_k = 2930 - 19,4 (81,6) = 1347 \text{ kN/cm}^2$$

$$P_{kr} = \sigma_k \cdot A = 194641,5 \text{ kN} \quad P_{em} = \frac{P_{kr}}{n} = 64880,5 > P = 60$$

plastik bölge
emniyetle

$$\boxed{b = 8,5 \text{ cm}} \quad \checkmark$$

basınan kuvvet



Boyut ve yükleme durumu
 verilen sistemin $n=2$ güvenliği
 ile taşıyabileceği Q yükünü
 bulunuz. Çubukların kesitleri
 birbirine eşittir.

Malzemede; $\sigma_{em} = 1400 \text{ N/cm}^2$

$E = 2 \cdot 10^6 \text{ N/cm}^2$, $\lambda k = 105$

$\sigma_k = 3100 - 11,4 \lambda$

Öncelikle "Q" ya bağlı çubuk kuvvetlerini hesapla-
 yalım; C düğümünü;

$\sum F_y = 0 \quad S_2 \cdot \sin \alpha = Q \rightarrow S_2 = \frac{5}{4} Q$
 $\sum F_x = 0 \quad S_2 \cdot \cos \alpha + S_1 = 0 \rightarrow S_1 = -\frac{3}{5} S_2$
 $S_1 = -\frac{3}{4} Q$

$S_2 = S_3 = \frac{5}{4} Q$

* 2 ve 3 çubuklarında yük pozitif olduğundan
 gerilme hesabı yapılır, stabilite hesabına gerek yoktur

$\sigma_{em} = 1400 = \frac{5/4 Q}{(8 \times 12)} \rightarrow Q = 107520 \text{ N}$

* "1" nolu basınç çubuğuna burkulma hesabı;

$L_b = L = 600 \text{ cm}$

$I_{min} = \frac{12 \cdot 8^3}{12} = 512 \text{ cm}^4$, $A = 96 \text{ cm}^2$

$$i_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}} = \sqrt{\frac{512}{96}} = 2,31 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{l_b}{i_{min}} = \frac{600}{2,31} = 259,7 > \lambda_k = 105$$

burkulma elastik bölgede!

$$P_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{min}}{n \cdot l_b^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 512}{2 \cdot 600^2} = 14036,7 \text{ N}$$

$$P_{kr} = S_1 \rightarrow 14036,7 = -\frac{3}{4} Q$$

$$Q = 18697 \text{ N}$$

Gelme subapandan bulunan Q ile karşılaştırılır küçük olan alınır, yani;

$$\boxed{Q = 18697 \text{ N}}$$