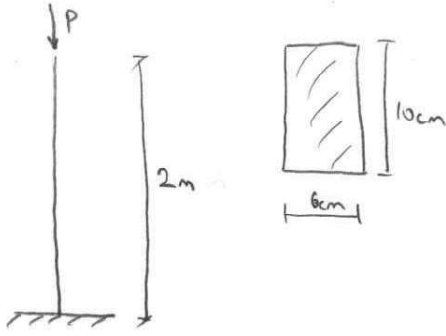


uyg-1:



Şekilde bağlantıları verilen kolonun $n=5$ güvenliği ile taşıyabilirliği

$$P=? \quad E = 20000 \text{ MPa (N/mm}^2\text{)}$$

$$\text{Tetmager} \Rightarrow \sigma_{ik} = 29,3 - 0,194 \lambda \quad (\lambda_p = 100)$$

Çözüm:

$$I_{min} = \frac{10 \times 6^3}{12} = 180 \text{ cm}^4$$

$$L_b = 2 \times L = 2 \times 200 = 400 \text{ cm}$$

$$E = 2 \times 10^6 \text{ N/cm}^2$$

$$A = 10 \times 6 = 60 \text{ cm}^2$$

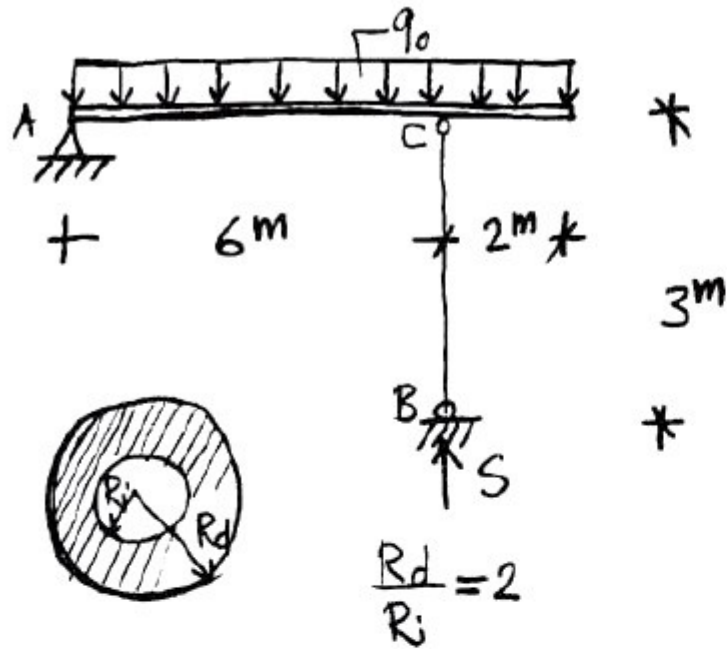
$$i_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}} = \sqrt{\frac{180}{60}} = 1,73 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{L_b}{i_{min}} = \frac{400}{1,73} = 231,21 > \lambda_p = 100$$

Burkulma elastik bölgededir.

$$P_{kr} = \frac{\pi^2 EI}{L_b^2} = \frac{\pi^2 (2 \times 10^6) 180}{(400)^2} = 22206,61 \text{ N}$$

$$P = \frac{P_{kr}}{n} = \frac{22206,61}{5} = \boxed{4441,32 \text{ N}}$$



Şekildeki kiriş $q_0 = 20 \text{ kN/m}$ 'lik
yayılı yük etkisindedir. Dikmenin
elastisite modülü $E = 2.1 \times 10^7 \text{ N/cm}^2$
ve $n = 3$ olarak verildiğine göre
dikmenin kesitini belirleyiniz.
 $\sigma_k = 31000 - 114\lambda$ $\lambda < \lambda_p = 105$

$$\sum M_A = 0 \quad S \times 6 - 20 \times 6 \times 3 = 0 \rightarrow S = 106.7 \text{ kN}$$

Kabul: Buckulma elastik bölgededir.

$$P = \frac{\pi^2 EI}{n (L_B)^2} \rightarrow 106700 = \frac{\pi^2 \times 2.1 \times 10^7 \times I}{3 \times (300)^2} \rightarrow I \approx 139 \text{ cm}^4$$

$$I = \frac{\pi}{4} (R_d^4 - R_i^4) = \frac{\pi}{4} \left(1 - \frac{1}{16}\right) R_d^4 = 139$$

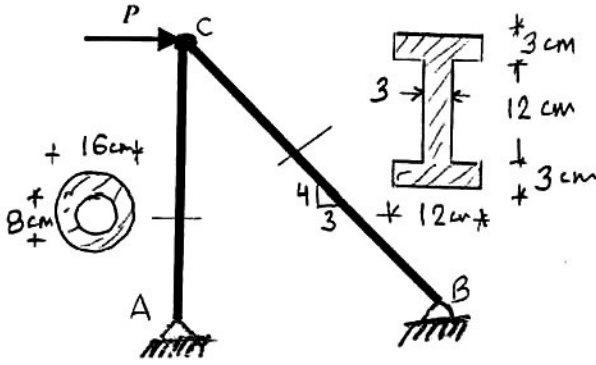
$$R_d \approx 3.7 \text{ cm} \quad R_i \approx 1.85 \text{ cm}$$

$$i = \sqrt{139/32.26} = 2.076 \text{ cm}$$

$$A = \pi (R_d^2 - R_i^2) = 32.26 \text{ cm}^2$$

$$\lambda = \frac{300}{2.076} = 144.5 > \lambda_p = 105 \quad \checkmark$$

Şekildeki iki çubuklu sistemde çekme ve basınç çubuklarının kesiti şekilde verilmiştir. Malzemede akma gerilmesi $\sigma_a = 240$ MPa, elastisite modülü $E = 200$ GPa, çekme ve basınçta güvenlik katsayısı $n = 2$ olduğuna göre sistemin güvenli taşıyabileceği P kuvvetini hesaplayınız. CB çubuğunun boyu 5m'dir. Tetmajer formülü $\sigma_k = 31000 - 114\lambda$, $\lambda_p < 105$ olarak verilmiştir. (N/cm^2)



$$\sin \alpha = 3/5$$

$$\cos \alpha = 4/5$$

$$P + S_2 \sin \alpha = 0 \Rightarrow S_2 = -\frac{P}{\sin \alpha} = -\frac{5P}{3}$$

$$S_1 + S_2 \cos \alpha = 0 \Rightarrow S_1 = -S_2 \cos \alpha$$

$$\textcircled{1} S_1 = 4P/3 \text{ (Çekme)}$$

$$S_2 = -5P/3 \text{ (Basınç)}$$

$$\textcircled{2} S_1' \text{ e göre hesap; } A_1 = \pi(R_2^2 - R_1^2) = \pi(8^2 - 4^2) = 150,8 \text{ cm}^2$$

$$\frac{S_1}{A_1} \leq \frac{\sigma_a}{n} \Rightarrow \frac{4P/3}{150,8} \leq \frac{240}{2} \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow P \leq 1357 \text{ kN}$$

$$\textcircled{3} S_2' \text{ e göre burkulma hesabı yapılmalıdır} \checkmark$$

$$I_{min} = 2 \times \frac{12^3 \times 3}{12} + \frac{3 \times 12^3}{12} = 891 \text{ cm}^4$$

$$A = 3 \times 12 \times 3 = 108 \text{ cm}^2$$

$$i_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}} = 2,872 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{L_b}{i_{min}} = \frac{500}{2,872} = 174,07$$

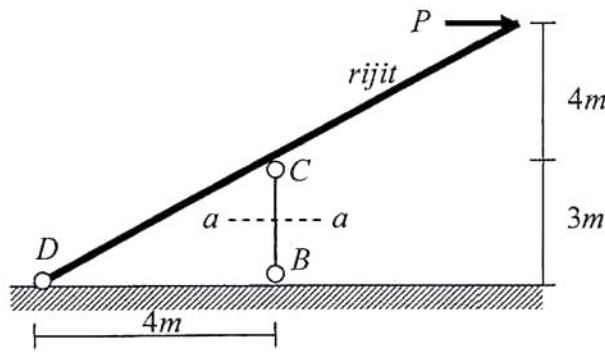
elastik bölgede

$$b_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} = \frac{\pi^2 \times 200 \times 10^6}{174,07^2} = 65139,4 \text{ kN/m}^2$$

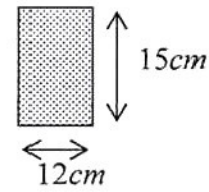
$$S_{max} = \frac{b_{cr}}{n} \times A = \frac{65139,4}{2} \times 108 \times 10^{-4} (\text{m}^2) = 351 \text{ kN}$$

$$S_{max} \approx 35 \text{ ton}$$

$$P_{max} = \frac{3S_{max}}{5} \approx 21 \text{ ton}$$



a-a kesiti



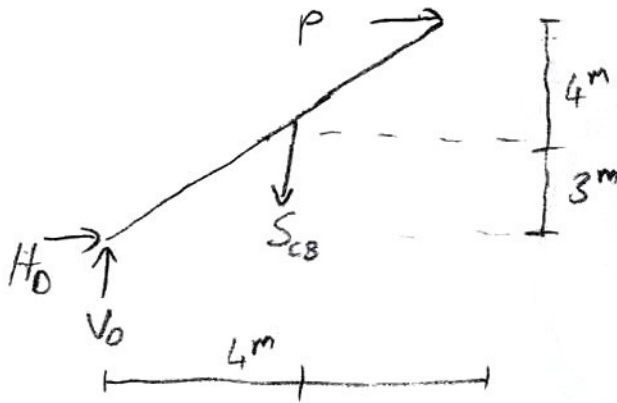
1-) Şekildeki sistemin taşıyabileceği en büyük P kuvvetini $n = 3$ burkulma güvenliği için hesaplayınız.

$$\sigma_k = 310 - 1.14\lambda \text{ (MPa)}$$

$$\lambda > \lambda_p = 105$$

$$E = 200 \text{ GPa}$$

④ CB çubuğuna gelen yükü bulmak için D noktasına göre moment alırsak;



$$7P + 4S_{CB} = 0$$

$$S_{CB} = -\frac{7}{4}P$$

Çubuğa gelen kuvvet basıncıdır. Burkulma kontrolü yapılmalıdır.

⑤ Burkulma hesabı.

İlk önce çubuğun noranliğini bulalım.

$$L_b = 300 \text{ cm} \quad i_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}} = \sqrt{\frac{b^3 h}{12 b h}} = \frac{b}{\sqrt{12}}$$

$$\lambda = \frac{L_b}{i_{min}} = \frac{L_b \times \sqrt{12}}{b} = \frac{300 \times \sqrt{12}}{12} = 86,6 < \lambda_p = 105$$

(Plastik bölgede)

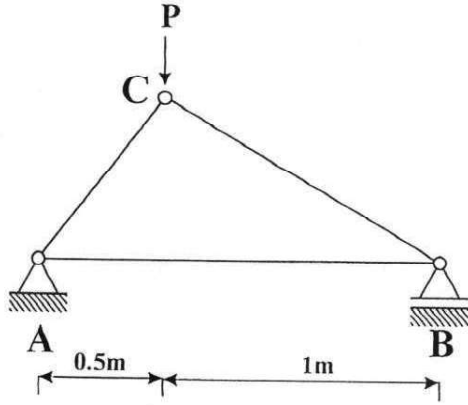
$$\sigma_{kr} = 310 - 1,14 \times 86,6 = 211,27 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{max} = \frac{\sigma_{kr}}{n} = \frac{211,27}{3} = 70,42 \text{ MPa} = 70,42 \times 10^3 \text{ N/m}^2 = 7,042 \text{ N/cm}^2 \checkmark$$

$$S_{CB_{max}} = \sigma_{max} \times A = 7,042 \times 12 \times 15 = 1267 \text{ kN} \quad P_{max} = \frac{4 S_{max}}{7} = \underline{\underline{724 \text{ kN}}}$$

uy-5:

Şekildeki düzlem kafes sistemin güvenle taşıyabileceği P kuvvetini belirleyiniz. Hesaplarda emniyet katsayısı $n = 2.5$, basınç ve çekme için emniyet gerilmesi $\sigma_{em} = 140 \text{ MPa}$ olup, $\lambda \leq \lambda_p = 105$ durumunda kritik burkulma gerilmesinde kullanılması önerilen Tetmajer bağıntısı $\sigma_{kr} = 310 - 1.14 \lambda \text{ [MPa]}$, $E = 200 \text{ GPa}$, AC ve AB çubuğunun çapı $d_{AC} = d_{AB} = 15 \text{ mm}$, BC çubuğunun çapı $d_{BC} = 20 \text{ mm}$ dir.



0.5m



$d = 15 \text{ mm}$

AC ve AB çubukları
enkesiti



$d = 20 \text{ mm}$

BC çubuk
enkesiti

~~uyg - 0.51~~

$$\sum M_A = 0$$

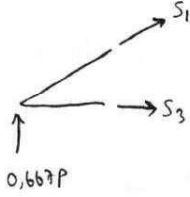
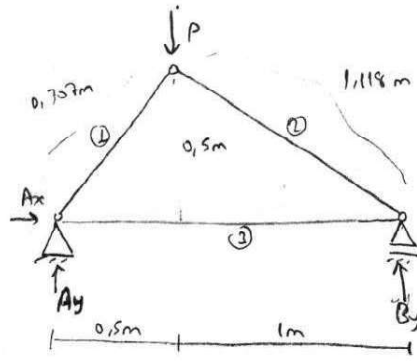
$$-P \cdot 0,5 + B_y \cdot 1,5 = 0$$

$$B_y = 0,333P$$

$$\sum F_y = 0$$

$$A_y + B_y = P$$

$$A_y = 0,667P$$



$$\sum F_y = 0$$

$$0,667P + S_1 \cdot \frac{0,5}{0,5\sqrt{2}} = 0$$

$$S_1 = -0,943P$$

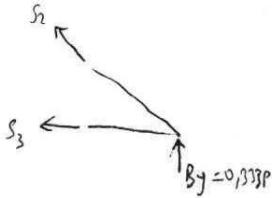
Basına

$$\sum F_x = 0$$

$$-0,943P \cdot \frac{0,5}{0,5\sqrt{2}} + S_3 = 0$$

$$S_3 = 0,667P$$

Çekme



$$\sum F_y = 0$$

$$S_2 \cdot \frac{0,5}{1,118} + 0,333P = 0$$

$$S_2 = -0,745P$$

Basına

Çekme cubuğu için hesap:

$$\sigma_3 = \frac{S_3}{A_3} \leq (\sigma_{em})_{\text{çekme}}$$

$$\frac{0,667P}{1,767} \leq 14000 \text{ N/cm}^2$$

$$P = 37088,46 \text{ N}$$



$$A_1 = A_3 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (1,5)^2}{4} = 1,767 \text{ cm}^2$$



$$A_2 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (2)^2}{4} = 3,14 \text{ cm}^2$$

$$P = \frac{37088,46}{2,5} = 14835,384 \text{ N}$$

Basına cubuğu için hesap: (Ezilmeye göre denetleme):

$$\sigma_1 = \frac{S_1}{A_1} \leq (\sigma_{em})_{\text{basına}}$$

$$\frac{0,943P}{1,767} \leq 14000 \text{ N/cm}^2$$

$$P = 26233,3 \text{ N}$$

$$P_1 = \frac{26233,3}{2,5} = 10493,32 \text{ N}$$

Basına cubuklarında hem bükülmeye göre hem de ezilmeye göre denetleme yapılır (mutlak değerce en büyük eksenel kuvvetin olduğu cubukta ezilmeye denetlemesi yapmak yeterlidir) → (kesitler aynı olursa)

$$\sigma_2 = \frac{S_2}{A_2} \leq (\sigma_{em})_{\text{basına}}$$

$$\frac{0,745P}{3,14} \leq 14000 \text{ N/cm}^2$$

$$P = 59006,71 \text{ N}$$

$$P_2 = \frac{59006,71}{2,5} = 23602,68 \text{ N}$$

Burkulma hesabı:

$$L_1 = L = 0,707 \text{ m}$$

$$I_1 = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi (1,5)^4}{64} = 0,249 \text{ cm}^4$$

$$L_2 = L = 1,118 \text{ m}$$

$$I_2 = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi (2)^4}{64} = 0,785 \text{ cm}^4$$

$$(i_1)_{\min} = \sqrt{\frac{(I_1)_{\min}}{A_1}} = \sqrt{\frac{0,249}{1,767}} = 0,375 \text{ cm}$$

$$\lambda_1 = \frac{L_1}{i_1} = \frac{0,707}{0,375} = 188,533 > \lambda_p = 105$$

$$(i_2)_{\min} = \sqrt{\frac{(I_2)_{\min}}{A_2}} = \sqrt{\frac{0,785}{3,14}} = 0,5 \text{ cm}$$

$$\lambda_2 = \frac{L_2}{i_2} = \frac{1,118}{0,5} = 223,6 > \lambda_p = 105$$

Burkulma elastik bölgededir.

$$P_1 = \frac{\pi^2 E (I_{\min})_1}{L_1^2 \cdot n} = \frac{\pi^2 \cdot (200 \times 10^5) (0,249)}{(0,7)^2 \cdot 2,5} = 3933,24 \text{ N}$$

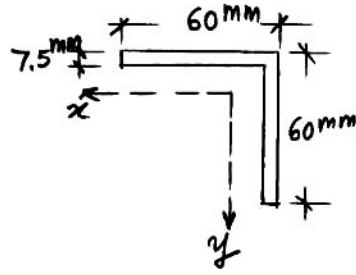
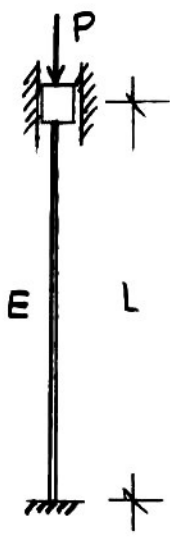
$$P_1 = 0,943 P = 3933,24$$
$$P = 4170,99 \text{ N} \quad *$$

$$P_2 = \frac{\pi^2 E (I_{\min})_2}{L_2^2 \cdot n} = \frac{\pi^2 (200 \times 10^5) (0,785)}{(1,118)^2 \cdot 2,5} = 4958,79 \text{ N}$$

$$P_2 = 0,745 P = 4958,79$$
$$P = 6656,09 \text{ N} \quad *$$

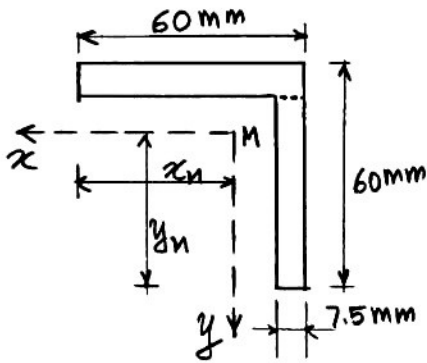
P değerlerinden en küçük güvenli taşıyabileceği kuvvettir.

$$P = 4170,99 \text{ N}$$



Şekilde görülmekte olan eş kollu L kesitli profil olan kolon P yükü etkisindedir. Her iki ucundan ankastre bağlı olan kolonda elastik burkulma meydana gelmesi için L boyunun alabileceği en büyük değeri ve bu durumdaki kritik burkulma yükünü, emniyet katsayısı $n=2$ için bulunuz. $E=2 \times 10^7 \text{ N/cm}^2$ dir $\lambda_p \leq 120$ için $\sigma_{kr} = 24000 - \lambda^2/1.5 \text{ [N/cm}^2]$

Gözüm: Önce kesit özelliklerini belirleyelim.



$$y_n = x_n = \frac{52.5 \times 7.5 \times (52.5/2) + 60 \times 7.5 \times [60 - (7.5/2)]}{52.5 \times 7.5 + 60 \times 7.5}$$

$$y_n = x_n = 42.5 \text{ mm}$$

$$A = 843.75 \text{ mm}^2$$

$$I_x = I_y = \left[\frac{7.5 \times 52.5^3}{12} + 7.5 \times 52.5 \times 16^2 \right] + \left[\frac{60 \times 7.5^3}{12} + 60 \times 7.5 \times (-14)^2 \right] = 281549 \text{ mm}^4$$

Kesit her iki eksen göre de simetrik değil $I_{xy} \neq 0$

$$I_{xy} = 7.5 \times 52.5 \times (-14) \times 16 + 60 \times 7.5 \times 12.25 \times (-14) = -165375 \text{ mm}^4$$

Asal eylemsizlik momentleri

$$I_{1,2} = \frac{I_x + I_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{I_x - I_y}{2} \right)^2 + I_{xy}^2} = 281549 \pm 165375$$

$$I_1 = 446924 \text{ mm}^4, \quad I_2 = 116174 \text{ mm}^4 \quad I_{\min} = I_2 \text{ olur.}$$

$$i_{\min} = \sqrt{I_{\min}/A} = \sqrt{116174/843.75} = 11.73 \text{ mm}$$

Elastik burkulma için $\lambda \geq 120$ olmalıdır.

$$L_B \leq \lambda i_{\min} \quad L_B \leq 120 \times 11.73 = 1408 \text{ mm bulunur.}$$

iki ucu ankastre cıvukta burkulma boyu $L_B = 0.5L$ dir. Bu durumda kolon boyu $L \leq 2816 \text{ mm}$ olmalıdır. Burkulma yükü ise

$$P_{kr} = \frac{\pi^2 EI}{L_B^2} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^4 \times 116174}{(140.8)^2} = 115.7 \text{ kN olur.}$$