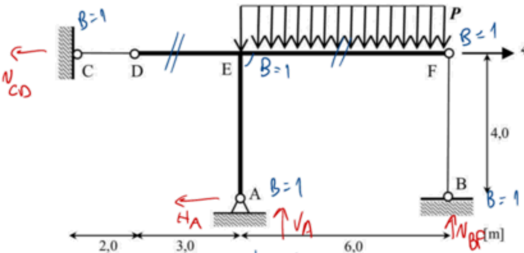
1) A estrutura representada na Figura 1 é constituída pelo elemento rígido ADEF apoiado em A e nas bielas CD e BF. Nota: $A_{CD} = A_{BF} = 2{,}5\ cm^2$, $E = 210{,}0$ GPa e S235. Determine:

a) O grau de hiperestaticidade;
b) A deformada da estrutura (represente-a claramente);
c) As equações de compatibilidade atendendo à deformada anterior;
d) As equações da estática;
e) Os esforços normais nas bielas em função de P;
f) As tensões normais das bielas para P = 10 kN;
g) A carga máxima da estrutura em regime elástico;
h) Efetuando uma análise incremental determine a carga de colapso da estrutura;
i) Admitindo uma variação de temperatura de mais 10 ºC na biela BF e P= 10 kN, determine as tensões normais nas bielas.

Exame Recurso

12/02/2018

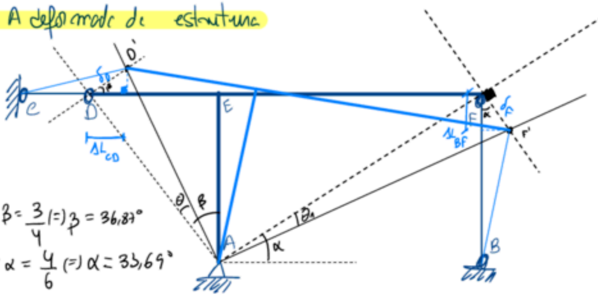


a) Grau de Hiperestaticidade

B = 5 ; L = 2

$\alpha = 3L - B = 3 \times 2 - 5 = \underline{\underline{1}}$ ∴ hiperestático → 1 eq. hiperestaticidade

b) A deformada da estrutura



$tg\,\beta = \dfrac{3}{4} \Leftrightarrow \beta = 36{,}87°$

$tg\,\alpha = \dfrac{4}{6} \Leftrightarrow \alpha = 33{,}69°$

c) Equações de Compatibilidade atendendo à deformada

$tg\,\theta_1 = \dfrac{\delta_F}{AF} = \dfrac{\delta_D}{AD} \Leftrightarrow \dfrac{\delta_F}{\sqrt{4^2+6^2}} = \dfrac{\delta_D}{\sqrt{4^2+3^2}} \Leftrightarrow \delta_F = \dfrac{\delta_D}{2.\sqrt{13}} \times 5 \Leftrightarrow \delta_F = 0{,}693\delta_D$ $1{,}442\,\delta_D$

$\cos\beta = \dfrac{\Delta L_{CD}}{\delta_D} \Leftrightarrow \delta_D = \dfrac{\Delta L_{CD}}{\cos\beta}$; $\cos\alpha = \dfrac{\Delta L_{BF}}{\delta_F} \Leftrightarrow \delta_F = \dfrac{\Delta L_{BF}}{\cos\alpha}$

$\delta_F = 0{,}693\delta_D$ $1{,}442$ $\Leftrightarrow \dfrac{\Delta L_{BF}}{\cos\alpha} = 0{,}693 \times \left(\dfrac{\Delta L_{CD}}{\cos\beta}\right) \Leftrightarrow \dfrac{\dfrac{N_{BF} \times L_{BF}}{\cancel{E \times A_{BF}}}}{\cos 33{,}69°} = 0{,}693 \times \left(\dfrac{\dfrac{N_{CD} \times L_{CD}}{\cancel{E \times A_{CD}}}}{\cos 36{,}87°}\right)$

$$\Leftrightarrow \frac{N_{BF}\times 6}{\cos 33{,}69^\circ} = \underset{1{,}442}{0{,}693} \times \left(\frac{N_{CD}\times 2}{\cos 36{,}87^\circ}\right) \Leftrightarrow N_{BF} = 0{,}7499\, N_{CD}$$

d) As equações de estática

$$\sum F_x = 0 \Leftrightarrow -N_{CD} - H_A + 4P = 0$$

$$\sum F_y = 0 \Leftrightarrow V_A + N_{BF} - 6\cdot P = 0$$

$$\sum M_A = 0 \Leftrightarrow 6\times P\times \frac{6}{2} + 4P\times 4 - N_{BF}\times 6 - N_{CD}\times 4 = 0 \Leftrightarrow 34P - N_{BF}\times 6 - N_{CD}\times 4 = 0$$

$$18P + 16P = 34P$$

e) Os esforços normais nas bielas em função de P.

$$\begin{cases} \text{Eq. Compatibilidade} \\ \text{Eq. de Estática} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} N_{BF} = 0{,}7499\, N_{CD} \\ 34P - N_{BF}\times 6 - N_{CD}\times 4 = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \left(\begin{matrix}\text{Sist. equações} \\ \text{na máquina}\end{matrix}\right) \Leftrightarrow \begin{cases} N_{BF} = 2{,}9998\times P \\ N_{CD} = 4\times P \end{cases}$$

f) As tensões normais nas bielas para P = 10 kN

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

$$\sigma_{BF} = \frac{N_{BF}}{A_{BF}} = \frac{2{,}9998\times 10}{2{,}5\times 10^{-4}} = 119992\ \text{Pa} = 119{,}992\ \text{kPa}$$

$$\sigma_{CD} = \frac{N_{CD}}{A_{CD}} = \frac{4\times 10}{2{,}5\times 10^{-4}} = 160000\ \text{Pa} = 160\ \text{kPa} \leftarrow$$ 1ª Barra a plastificar

g) A carga máxima da estrutura em regime elástico

$$N_{Rd} \geq N_{ed} \Rightarrow 210\times 10^3 \geq \frac{4\cdot P}{2{,}5\times 10^{-4}} \Rightarrow P \leq 13{,}125\ \text{kN} \Rightarrow P_{elástico} = 13{,}125\ \text{kN}$$

h) Determine a Carga Colapso da Estrutura

$$34P = 6N_{BF} \Leftrightarrow \Delta N_{BF} = 5{,}667\cdot \Delta P$$

$$N_{BF} = 2{,}9998\cdot P = 13{,}125\ \text{kN}$$

$$N_{Rd} \geq N_{ed} \Leftrightarrow 210\times 10^3 = \frac{2{,}998\times 13{,}125 + 5{,}667\times \Delta P}{2{,}5\times 10^{-4}}$$

$$\Leftrightarrow \Delta P \leq 2{,}317\ \text{kN}$$

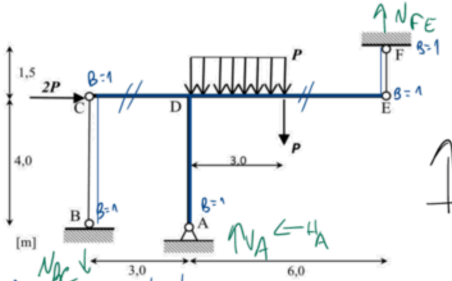
$$P_{colapso} = P_{elástico} + \Delta P \Leftrightarrow P_{colapso} = 13{,}125 + 2{,}317 \Leftrightarrow P_{colapso} = 15{,}442\ \text{kN}$$

1) A estrutura representada na Figura 1 é constituída pelo elemento rígido ACDE apoiado em A e nas bielas BC e EF. Nota: $A_{BC} = A_{EF} = 1{,}7\ cm^2$, $E = 210{,}0$ GPa e S275. Determine:

a) O grau de hiperestaticidade;
b) A deformada da estrutura (represente-a claramente);
c) As equações de compatibilidade atendendo à deformada anterior;
d) As equações da estática;
e) Os esforços normais nas bielas em função de P;
f) As tensões normais das bielas para P = 10 kN;
g) Em função dos resultados obtidos critique a escolha das secções utilizadas nas bielas;
h) A carga máxima da estrutura em regime elástico;
i) Efetuando uma análise incremental determine a carga de colapso da estrutura;
j) Admitindo uma variação de temperatura de mais -20 ºC na biela EF e P= 10 kN, determine as tensões normais nas bielas.

Exame Recurso

05/02/2020



a) Grau de Hiperestaticidade

$\alpha = 3L - B$

$L = 2$

$B = 5$

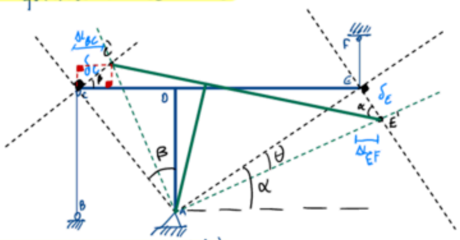
$\alpha = 3\times 2 - 5$

$\Leftrightarrow \alpha = 1$

→ Estrutura 1 vez hiperestática

→ 1 equação de equilíbrio

b) Deformada da estrutura



$tg\,\alpha = \frac{4}{6} \Leftrightarrow \alpha = 33{,}69^\circ$

$tg\,\beta = \frac{3}{4} \Leftrightarrow \beta = 36{,}87^\circ$

c) Equações de compatibilidade

$$tg\,\theta = \frac{\delta_E}{\overline{AE}} = \frac{\delta_C}{\overline{AC}} = \frac{\delta_E}{\sqrt{4^2+6^2}} = \frac{\delta_C}{\sqrt{4^2+3^2}} \Leftrightarrow \delta_E = \frac{\delta_C}{5}\times(2\times\sqrt{13}) \Leftrightarrow \delta_E = 1{,}442\,\delta_C$$

$$\cos\alpha = \frac{\Delta L_{EF}}{\delta_E} \Leftrightarrow \delta_E = \frac{\Delta L_{EF}}{\cos\alpha} \quad ; \quad \cos\beta = \frac{\Delta L_{BC}}{\delta_C} \Leftrightarrow \delta_C = \frac{\Delta L_{BC}}{\cos\beta}$$

$$\delta_E = 1{,}442\,\delta_C \Leftrightarrow \frac{\Delta L_{EF}}{\cos\alpha} = 1{,}442\,\frac{\Delta L_{BC}}{\cos\beta} \Leftrightarrow \frac{\frac{N_{EF}\times L_{EF}}{\cancel{E\times A_{EF}}}}{\cos 33{,}69^\circ} = 1{,}442\left(\frac{\frac{N_{BC}\times L_{BC}}{\cancel{E\times A_{BC}}}}{\cos 36{,}87^\circ}\right)$$

$$\Leftrightarrow \frac{N_{EF}\times 1{,}5}{\cos 33{,}69^\circ} = 1{,}442\times\frac{N_{BC}\times 4{,}0}{\cos 36{,}87} \Leftrightarrow N_{EF}\times 1{,}5 = 5{,}99\,N_{BC} \Leftrightarrow \boxed{N_{EF} = 3{,}999\,N_{BC}}$$

d) Equações da Estática

$$\begin{cases} \Sigma F_x = 0 \Leftrightarrow 2\cdot P - H_A = 0 \\ \Sigma F_y = 0 \Leftrightarrow -N_{BC} + N_{EF} + V_A - P - 3\times P = 0 \\ \Sigma M_A = 0 \Leftrightarrow N_{BC}\times 3 + 2P\times 4 + 3P\times\frac{3}{2} + P\times 3 - N_{FE}\times 6 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} = \\ = \\ 3\cdot N_{BC} - 6\cdot N_{FE} + 15{,}5P = 0 \end{cases}$$

e) Esforços normais nas bielas em função de P.

$$\begin{cases} N_{EF} = 3{,}999 N_{BC} \\ -3N_{BC} - 6N_{EF} + 15{,}5P = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \text{Pela resolução de sist. equações na máquina} \Leftrightarrow \begin{cases} N_{EF} = 2{,}296 \times P \\ N_{BC} = 0{,}574 \times P \end{cases}$$

f) As tensões normais nas bielas para P = 10 kN $\quad \sigma = \frac{N}{A}$

$$\sigma_{BC} = \frac{N_{BC}}{A_{BC}} = \frac{0{,}574 \times 10}{1{,}7 \times 10^{-4}} = 33764{,}706 \text{ Pa} \cong 33{,}765 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{EF} = \frac{N_{EF}}{A_{EF}} = \frac{2{,}296 \times 10}{1{,}7 \times 10^{-4}} = 135058{,}824 \text{ Pa} \cong 135{,}059 \text{ kPa}$$

A barra com mais esforço é a primeira a plastificar!!

g) Critique a escolha das secções utilizadas nas bielas

A barra com mais esforço é a barra EF, visto que existe uma grande discrepância entre ambas as barras, talvez pudéssemos diminuir a secção de aço para que os esforços fossem mais aproximados um do outro.

h) A carga máxima da estrutura

$$N_{Rd} \geq N_{ed} \Rightarrow 275 \times 10^3 \geq \frac{\overbrace{2{,}296 P}^{N_{EF}}}{1{,}7 \times 10^{-4}} \Rightarrow P \leq 20{,}33 \text{ kN} = P_{elástico}$$

i) Carga colapso da estrutura

$$3 \Delta N_{BC} = 15{,}5 \times \Delta P \Leftrightarrow \Delta N_{BC} = 5{,}167 \Delta P$$

$$\rightarrow N_{Rd} \geq N_{sd} \text{ ou } N_{ed} \Rightarrow 275 \times 10^3 \geq \frac{0{,}575 \times 20{,}33 + 5{,}167 \cdot \Delta P}{1{,}7 \times 10^{-4}} \Rightarrow \Delta P \leq 6{,}791 \text{ kN}$$

$$\rightarrow P_{colapso} = P_{elástico} + \Delta P \Leftrightarrow P_{colapso} = 20{,}33 + 6{,}791 \Leftrightarrow P_{colapso} = 27{,}12 \text{ kN}$$

j) Admitindo Variação de Temperatura −20°C na biela EF e P = 10 kN, determine tensões normais nas bielas.

$$\rightarrow \delta_G = 1{,}202 \, \Delta L_{EF} = 1{,}202 \times \frac{N_{EF} \times L_{EF}}{E \times A_{EF}} = 1{,}202 \times \frac{N_{EF} \times 1{,}5}{206 \times 10^6 \times 1{,}7 \times 10^{-4}} = 0{,}0000505 \, N_{EF}$$

$$\rightarrow \delta_G = 0{,}0000505 \times N_{EF} - (\alpha \cdot \Delta T \cdot L) = 0{,}0000505 \times N_{EF} - (12 \times 10^{-6} \times 20 \times 1{,}5) = 0{,}0000505 N_{EF} - 0{,}00036$$

$$\rightarrow \delta_C = 0{,}7999 \, \Delta L_{BC}$$

(?)

2) *[3,00]* Na figura 2 estão representadas as tensões em duas facetas (A e B) num ponto no interior de uma chapa de aço (EPT).

a) Calcule a tensão tangencial na faceta A;
b) Determine as tensões principais;
c) Determine as extensões principais;
d) Admitindo que a tensão de rotura à tração (σ_t) é de 235 MPa, verifique pelo respetivo critério de resistência o estado de tensão.

Exame Recurso

16/02/2024

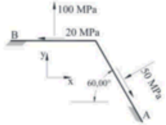


Figura 2

$\sigma_y = 100$ MPa

$\tau_{yx} = -20$ MPa

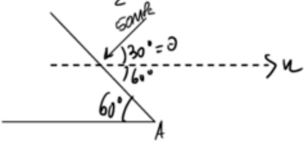
Nota: considere E=210GPa e υ=0,20

a) Calcule a tensão tangencial na faceta A.

$$\sigma_\theta = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \times \cos(2\theta) + \tau_{xy} \cdot \sin(2\theta)$$

$$\tau_\theta = \frac{\sigma_y - \sigma_x}{2} \sin(2\theta) + \tau_{xy} \cos(2\theta)$$

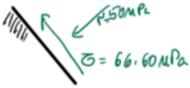
Do formulário



$$\sigma_{\theta=30^\circ} = -50 \Leftrightarrow -50 = \frac{\sigma_x + 100}{2} + \frac{\sigma_x - 100}{2} \times \cos(2\times30^\circ) + (-20)\times\sin(2\times30^\circ) \Leftrightarrow \sigma_x = -76{,}906 \text{ MPa}$$

→ Tensão Tangencial:

$$\tau_{\theta=30} = \frac{100-(-76{,}906)}{2} \times \sin(2\times30^\circ) + (-20)\times\cos(2\times30^\circ) = 66{,}60 \text{ MPa}$$



Tensor das Tensões $\Rightarrow [\sigma] = \begin{bmatrix} -76{,}906 & -20 \\ -20 & 100 \end{bmatrix}$

b) Determinar Tensões Principais

$$\begin{Bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \end{Bmatrix} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} = \frac{-76{,}906 + 100}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{-76{,}906-100}{2}\right)^2 + (-20)^2}$$

$$\Leftrightarrow \sigma_1 = 102{,}23 \text{ MPa} \wedge \sigma_2 = -79{,}14 \text{ MPa}$$

c) Determinar as extensões Principais

$$\text{Tensões Principais} = \begin{cases} \sigma_1 = 102{,}23 \text{ MPa} \\ \sigma_2 = -79{,}14 \text{ MPa} \\ \sigma_3 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{matrix} \sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3 \\ \sigma_x > \sigma_y > \sigma_z \end{matrix} \Rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = 102{,}23 \text{ MPa} \\ \sigma_2 = 0 \\ \sigma_3 = -79{,}14 \text{ MPa} \end{cases}$$

$$\varepsilon_1 = \frac{102,33 - 0,2(0 + (-79,14))}{210 \times 10^3} = 0,000563 \text{ MPa}$$
(x)

$$\varepsilon_2 = \frac{0 - 0,2(102,33 + (-79,14))}{210 \times 10^3} = -0,0000221 \text{ MPa}$$
(y)

$$\varepsilon_3 = \frac{-79,14 - 0,2(102,33 + 0)}{210 \times 10^3} = -0,0000474 \text{ MPa}$$
(z)

d) Verificação pelo critério de resistência

Chapa de aço ⇝ Material Dúctil

Critério de Von Mises

$$\sigma_{eq} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2} \leq \sigma_e = 235 \text{ MPa}$$

neste caso!

$$\Rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(102,33 - 0)^2 + (102,33 - (-79,14))^2 + (0 - (-79,14))^2} \leq 235$$

$$\Leftrightarrow 157,585 \leq 235 \ [\text{MPa}]$$

Resiste!!

2) O estado de tensão num ponto é dado pelo seguinte tensor referido aos eixos X, Y e Z:

Exame Recurso

5/02/2020

$$[\sigma] = \begin{bmatrix} 70 & 50 & 0 \\ 50 & 100 & 0 \\ 0 & 0 & -50 \end{bmatrix} MPa$$

a) Determine as tensões e direções principais e represente-as fisicamente num paralelepípedo elementar.

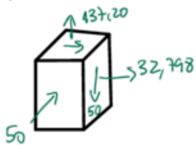
a) Tensões e direções Principais

$$\begin{Bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \end{Bmatrix} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \Leftrightarrow \begin{cases} \sigma_1 = 137,20 \text{ MPa} \\ \sigma_2 = 32,798 \text{ MPa} \end{cases}$$

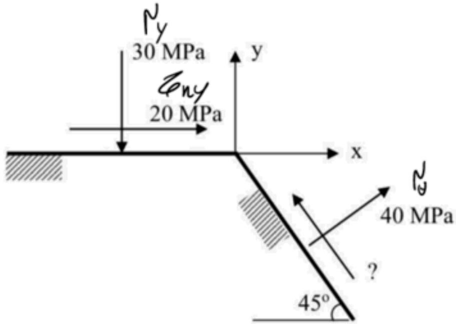
$$\sigma_1 \leq \sigma_2 \leq \sigma_3 \Rightarrow \sigma_1 = 137,20 \text{ MPa} \ ; \ \sigma_2 = 32,798 \text{ MPa} \ ; \ \sigma_3 = -50 \text{ MPa}$$

$$\theta_1 = \text{arctg}\left(\frac{\sigma_1 - \sigma_x}{\tau_{xy}}\right) = 53,35^\circ$$

$$\theta_2 = \text{arctg}\left(\frac{\sigma_2 - \sigma_x}{\tau_{xy}}\right) = -36,65^\circ$$



b) Supondo que posteriormente se adicionou o estado plano de tensão definido na Figura 2, determine o tensor das tensões resultante relativo aos eixos X, Y e Z.



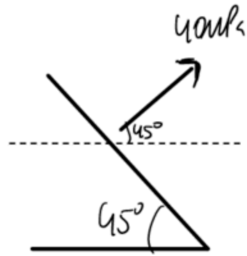


Figura 2.

$$\sigma_\theta = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cdot \cos(2\theta) + \tau_{xy} \cdot \sin(2\theta)$$

$$(\Leftrightarrow)\ 40 = \frac{\sigma_x + (-30)}{2} + \frac{\sigma_x - (-30)}{2} \cos(2 \times 45^\circ) + \overset{\oplus 20}{(-20)} \times \sin(2 \times 45^\circ)$$

$$\Leftrightarrow \sigma_x = \cancel{150}\ 70\ \text{MPa}$$

Tensor das Tensões:

Estado Inicial + Tensões adicionadas

$$[\sigma] = \begin{bmatrix} 70 & 50 & 0 \\ 50 & 100 & 0 \\ 0 & 0 & -50 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cancel{150}\ 70 & -20 & 0 \\ \cancel{-20}\ \oplus & -30 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cancel{220}\ 140 & 30 & 0 \\ \cancel{30}\ 70 & 70 & 0 \\ 0 & 0 & -50 \end{bmatrix} [\text{MPa}]$$

2) A figura 2 representa o estado de tensão num ponto de uma chapa de aço (EPT).

a) Faça a representação do estado de tensão num paralelepípedo;
b) Faça a representação do estado de tensão no círculo de Mohr;
c) Determine as tensões principais analiticamente e através do círculo de Mohr;
d) Determine as extensões principais;
e) Admitindo que a tensão de cedência é igual a 235,0 MPa, verifique pelo respetivo critério de resistência o estado de tensão.

Exame Normal

16/01/2017

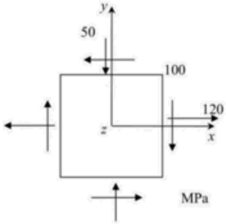
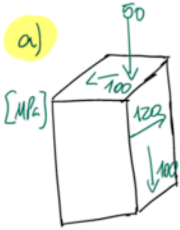


Figura 2.

a)



$$\begin{array}{cc} \sigma_x & \tau_{xy} \\ \end{array}$$
$$\begin{bmatrix} 120 & -100 \\ -100 & -50 \end{bmatrix}$$
$$\begin{array}{cc} \tau_{yx} & \sigma_y \end{array}$$

Nota: considere E=210GPa e υ=0,20

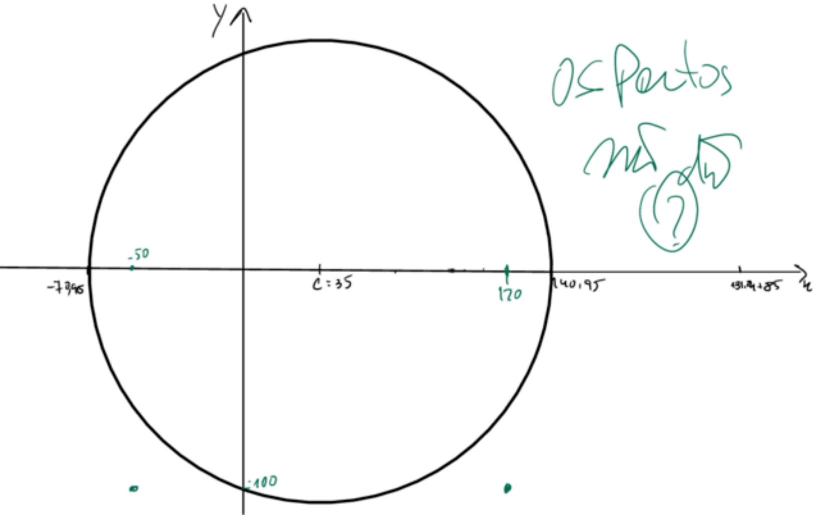
b) Representação do Estado Tensão no Círculo de Mohr

$$C = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} = \frac{120 + (-50)}{2} = 35$$

$$\text{Raio} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} = \sqrt{\left(\frac{120+(-50)}{2}\right)^2 + (-100)^2} = 105{,}95 \text{ m}$$

Pontos:

$$\begin{array}{c} x \\ y \end{array} \begin{bmatrix} 120; -100 \\ -50; -100 \end{bmatrix}$$



Os Pontos não dão (?)

c) Determine as tensões principais analiticamente e através do círculo de mohr

C.M.:

$\sigma_1 = C + \text{Raio} = 35 + 105,95 = 140,95\ MPa$

$\sigma_2 = C - \text{raio} = 35 - 105,95 = -70,95\ MPa$

Analiticamente:

$$\left\{\begin{matrix}\sigma_1\\ \sigma_2\end{matrix}\right\} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} = \frac{120 + (-50)}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{120 - (-50)}{2}\right)^2 + (-100)^2}$$

$\sigma_1 = 140,95\ MPa$; $\sigma_2 = -70,95\ MPa$; $\underline{\underline{\sigma_3 = 0}}$

d) Determine as extensões Principais

Tensões Principais $(\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3) \Rightarrow \sigma_{1_x} = 140,95\ MPa$; $\sigma_{2_y} = 0$; $\sigma_{3_z} = -70,95\ MPa$

$$\left\{\begin{matrix}\varepsilon_x\\ \varepsilon_y\\ \varepsilon_z\end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix}\dfrac{\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)}{E}\\[2ex] \dfrac{\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_z)}{E}\\[2ex] \dfrac{\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)}{E}\end{matrix}\right. = \left\{\begin{matrix}\dfrac{120 - 0,2(0 + (-70,95))}{210 \times 10^3} = 0,000639\\[2ex] \dfrac{0 - 0,2(140,95 + (-70,95))}{210 \times 10^3} = -0,00006667\\[2ex] \dfrac{-70,95 - 0,2(140,95 + 0)}{210 \times 10^3} = -0,000472\end{matrix}\right.$$

e) Verifique pelo Critério de Resistência

Material Dúctil $\Rightarrow$ Critério Von Misses

$$\sigma_{eq} = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + \sigma_2 - \sigma_3)} \leq \sigma_c\ (235\ MPa)$$

$$\Leftrightarrow \sigma_{eq} = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{(140,95 - 0)^2 + (140,95 - (-70,95))^2 + (0 - (-70,95))^2}$$

$$\Leftrightarrow \sigma_{eq} = 186,82\ MPa$$

$\sigma_{eq} \leq \sigma_c \Leftrightarrow 186,82\ MPa \leq 235\ MPa$

$\underline{\text{O.K.!} \Rightarrow \text{Resiste}}$