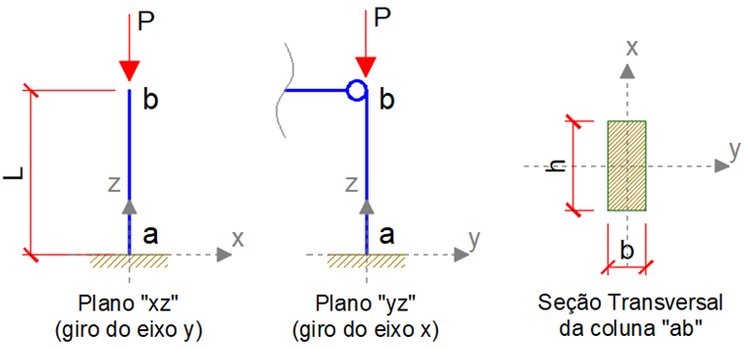
B1T5MA0917A

Determinar as dimensões de seção transversal "h" e "b" de modo que a peça tenha menor seção transversal possível, porém, mantendo para ambos eixos principais de inércia índice de esbeltez de valor no máximo igual à 95 (peça esbelta) para então verificar a condição de estabilidade da barra "ab".



- Combinações normais em ELU considerando edificação do tipo garagem;
- Madeira Dicotiledônea Classe C40;
- Ambiente Classe 2 de umidade;
- Carregamentos de longa duração;
- Peças de 1a categoria;
- Não há excentricidade de carga em relação ao giro dos eixos principais de inércia no pilar "ab";

Cargas em valor característico:

a) peso próprio: $P1 := 30\ kN$

b) acidental de ocupação: $P2 := 60\ kN$

Dados geométricos: $L := 300\ cm$

Q01) Qual a mínima dimensão "b" da seção transversal de modo que o pilar "ab" ainda tenha índice de esbeltez ligeiramente abaixo ou igual à 95 em relação ao eixo x ? [em modulação de 0,5 cm]
Q02) Qual a mínima dimensão "h" da seção transversal de modo que o pilar "ab" ainda tenha índice de esbeltez ligeiramente abaixo ou igual à 95 em relação ao eixo y? [em modulação de 0,5 cm]
Q03) Qual o valor da carga crítica de flambagem para o eixo principal de inércia mais desfavorável do pilar "ab"? [em KN]
Q04) Qual o valor da relação "tensão solicitante"/"tensão resistente" na verificação de estabilidade do pilar "ab"? [adimensional]

Combinações de Ações:

$\gamma g := 1,4$ $\gamma q := 1,4$

$Ncsd := \gamma g \cdot P1 + \gamma q \cdot P2 = 126\ kN$ $Q01 := Ncsd = 126\ kN$

Propriedades da Madeira:

$fc0k := 40\ MPa$

$kmod1 := 0,7$ (carregamentos de longa duração)
$kmod2 := 1,0$ (ambiente Classe 2 de umidade)
$kmod3 := 1,0$ (dicotiledônea de 1a categoria)

$kmod := kmod1 \cdot kmod2 \cdot kmod3 = 0,7$

$\gamma w := 1,4$

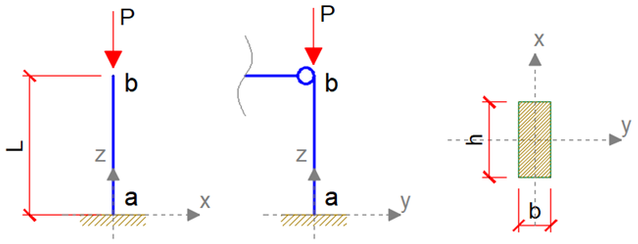
$fc0d := kmod \cdot \frac{fc0k}{\gamma w} = 2 \frac{kN}{cm^2}$

$Ec0m := 19,5\ GPa$

$Ec0ef := kmod \cdot Ec0m = 1365 \frac{kN}{cm^2}$ $\qquad Ec0ef = 13,65\ GPa$

Análise da Geometria do Pilar "ab"

O Pilar "ab" tem que possuir índice de esbeltz de no máximo 95 para ambos eixos principais de inéricia:



Para o giro do eixo "x":

$Ix = \frac{h \cdot b^3}{12}$ $\qquad Ag := b \cdot h$

$rx = \sqrt{\frac{Ix}{Ag}}$ ---> $rx = \sqrt{\frac{\frac{h \cdot b^3}{12}}{b \cdot h}}$ --->

$rx = \sqrt{\frac{h \cdot b^3}{12} \cdot \left(\frac{1}{b \cdot h}\right)}$ ---> $rx = \sqrt{\frac{b^2}{12}}$ ---> $rx = \frac{b}{\sqrt{12}}$

$\lambda x = \frac{Lox}{rx}$ ---> $\lambda x = \frac{L}{\frac{b}{\sqrt{12}}}$ ---> $\lambda x = \frac{L \cdot \sqrt{12}}{b}$

Considerando que o índice de esbeltez deve ser no máximo 95:

$\frac{L \cdot \sqrt{12}}{b} = 95$ ---> $b := \frac{L \cdot \sqrt{12}}{95} = 10,939\ cm$ ===> $b := 11\ cm$ $\qquad Q01 := b = 11\ cm$

Para o giro do eixo "y":

$Iy = \frac{b \cdot h^3}{12}$ $\qquad ry = \sqrt{\frac{Iy}{Ag}}$ ---> $ry = \sqrt{\frac{\frac{b \cdot h^3}{12}}{b \cdot h}}$ ---> $ry = \sqrt{\frac{b \cdot h^3}{12} \cdot \left(\frac{1}{b \cdot h}\right)}$ ---> $ry = \sqrt{\frac{h^2}{12}}$ ---> $ry = \frac{h}{\sqrt{12}}$

$\lambda y = \frac{Loy}{ry}$ ---> $\lambda y = \frac{2 \cdot L}{\frac{h}{\sqrt{12}}}$ ---> $\lambda y = \frac{2 \cdot L \cdot \sqrt{12}}{h}$

Considerando que o índice de esbeltez deve ser no máximo 95:

$\frac{2 \cdot L \cdot \sqrt{12}}{h} = 95$ ---> $h := \frac{2 \cdot L \cdot \sqrt{12}}{95} = 21,8785\ cm$ ===> $h := 22\ cm$ $\qquad Q02 := h = 22\ cm$

$\lambda x := \frac{L}{\frac{b}{\sqrt{12}}} = 94,475$ $\qquad \lambda y := \frac{2 \cdot L}{\frac{h}{\sqrt{12}}} = 94,475$

Verificação de Estabilidade do Eixo de Maior Índice de Esbeltez (Eixo X - altura de giro b):

Peças Esbeltas ($80 < \lambda \leq 140$):

$$e_a = \frac{L_0}{300} \geq \frac{h}{30} \qquad e_i = \frac{M_{1d}}{N_{Sd}} \geq \frac{h}{30} \qquad e_{ig} = \frac{M_{1gd}}{N_{gd}}$$

$$e_c = (e_{ig} + e_a) \cdot \left\{ exp\left[\frac{\phi[N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2)N_{qk}]}{F_E - [N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2)N_{qk}]} \right] - 1 \right\}$$

Coeficientes de Fluência φ

Classes de Carregamento	Classes de Umidade			
	1	2	3	4
Permanente	0,8	0,8	2,0	2,0
Longa Duração	0,8	0,8	2,0	2,0
Média Duração	0,3	0,3	1,0	1,0
Curta Duração	0,1	0,1	0,5	0,5

$$e_{1,ef} = e_i + e_a + e_c \qquad F_E = \frac{\pi^2 \cdot E_{c0,ef} \cdot I}{L_0^2} \qquad M_{Sd} = N_{Sd} \cdot e_{1,ef} \cdot \left(\frac{F_E}{F_E - N_{Sd}}\right)$$

$$\sigma_{Nsd} = \frac{N_{Sd}}{A} \qquad \sigma_{Msd} = \frac{M_{Sd}}{I} \cdot y = \frac{M_{Sd}}{W} \qquad \frac{\sigma_{Nsd}}{f_{cod}} + \frac{\sigma_{Msd}}{f_{cod}} \leq 1$$

$hx := b = 11$ cm $hy := h = 22$ cm

$Lox := L = 300$ cm

$\frac{hx}{30} = 0,36667$ cm $M1d := 0$ kN cm

$\frac{Lox}{300} = 1$ cm $\frac{M1d}{Ncsd} = 0$

$$eax := \text{if } \frac{Lox}{300} \geq \frac{hx}{30} = 1 \text{ cm}\ \ \frac{Lox}{300}\ \ \text{else}\ \ \frac{hx}{30}$$

$$eix := \text{if } \frac{M1d}{Ncsd} \geq \frac{hx}{30} = 0,36667 \text{ cm}\ \ \frac{M1d}{Ncsd}\ \ \text{else}\ \ \frac{hx}{30}$$

$M1gd := 0$ kN m $Ngd := \gamma g \cdot P1 = 42$ kN

$eigx := \frac{M1gd}{Ngd} = 0$

Classe 2 de umidade e carregamentos de longa duração:

$\phi := 0,8$

Edificação tipo garagem:

$\psi 1 := 0,7$ $\psi 2 := 0,6$

$$e_c = (e_{ig} + e_a) \cdot \left\{ exp\left[\frac{\phi[N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2)N_{qk}]}{F_E - [N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2)N_{qk}]} \right] - 1 \right\}$$

$Ncsd = 126$ kN

$Ix := \frac{h \cdot b^3}{12} = 2440,2 \text{ cm}^4$ $Lox := L = 300$ cm $FEx := \frac{\pi^2 \cdot Ec0ef \cdot Ix}{Lox^2} = 365,27$ kN

$$ecx := (eigx + eax) \cdot \left(e^{\frac{\phi \cdot (P1 + (\psi 1 + \psi 2) \cdot P2)}{FEx - (P1 + (\psi 1 + \psi 2) \cdot P2)}} - 1 \right) = 0,39911 \text{ cm}$$

$e1x_ef := eax + eix + ecx = 1,7658$ cm $Q03 := FEx = 365,27$ kN

$Ncsd \cdot e1x_ef = 222,49$ kN cm $\frac{FEx}{FEx - Ncsd} = 1,5266$

$Msdx_final := Ncsd \cdot e1x_ef \cdot \left(\frac{FEx}{FEx - Ncsd} \right) = 339,65$ kN cm $Wx = \frac{Ix}{\frac{hx}{2}}$ ---> $\frac{\frac{hy \cdot hx^3}{12}}{\frac{hx}{2}} = \frac{hy \cdot hx^3}{12} \cdot \frac{2}{hx}$

$\sigma_{Nsd} := \frac{Ncsd}{Ag} = 0,52066 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$

$Wx := \frac{hy \cdot hx^2}{6} = 443,67 \text{ cm}^3$

$\sigma_{Msdx} := \frac{Msdx_final}{Wx} = 0,76556 \frac{kN}{cm^2}$

$SporR := \frac{\sigma_{Nsd} + \sigma_{Msdx}}{fc0d} = 0,64311$

$\sigma_{Nsd} + \sigma_{Msdx} = 12,862 \text{ MPa}$

$fc0d = 20 \text{ MPa}$

$Q04 := SporR = 0,64311$

$Q01 = 11 \text{ cm}$
$Q02 = 22 \text{ cm}$
$Q03 = 365,27 \text{ kN}$
$Q04 = 0,64311$
