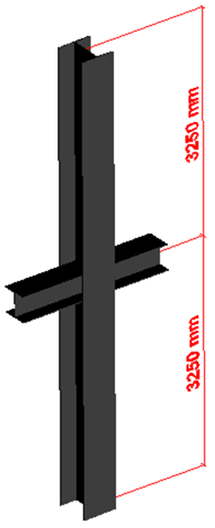
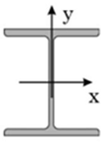
SE1_E05a-03

Para a coluna da figura ao lado, a ser construída em aço MR-250, verificar se o perfil adotado resiste uma força normal de compressão centrada, em valor de cálculo, de 850 kN.

Considerar efeitos de flambagem local.

Considerar todas as extremidades como rotuladas para todos os eixos principais de inércia.





Dimensões do perfil soldado:

$bf := 350\ mm$

$tf := 6,3\ mm$

$hw := 400\ mm$

$tw := 6,3\ mm$

Propriedades Geométricas:

$Kx := 1$ $\quad Lx := 2 \cdot 3,25\ m = 6,5\ m$

$Ky := 1$ $\quad Ly := 1 \cdot 3,25\ m = 3,25\ m$

$Ag := 2 \cdot bf \cdot tf + hw \cdot tw = 69,3\ cm^2$

$Ix := \frac{bf \cdot (hw + 2 \cdot tf)^3}{12} - \frac{(bf - tw) \cdot hw^3}{12} = 21561,4944\ cm^4$

$Iy := \frac{2 \cdot tf \cdot bf^3}{12} + \frac{hw \cdot tw^3}{12} = 4502,7085\ cm^4$

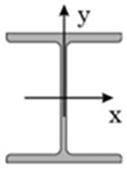
$rx := \sqrt{\frac{Ix}{Ag}} = 17,639\ cm$ $\quad ry := \sqrt{\frac{Iy}{Ag}} = 8,0607\ cm$

$\lambda x := Kx \cdot \frac{Lx}{rx} = 36,8503$ $\quad \lambda y := Ky \cdot \frac{Ly}{ry} = 40,3193$

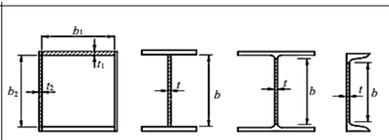
Propriedades do Aço MR 250:

$fy := 250\ MPa$ $\quad E := 200\ GPa$ $\quad \gamma a1 := 1,10$

Cálculo do Fator Q = Qa . Qs:



Elemento Enrijecido - Alma do Perfil I - GRUPO 2:

2	— Almas de seções I, H ou U — Mesas ou almas de seção-caixão — Todos os demais elementos que não integram o Grupo 1		$1,49\sqrt{\frac{E}{f_y}}$

$\lambda a_lim := 1,49 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} = 42,1436$

$\lambda alma := \frac{hw}{tw} = 63,4921$ Ocorre flambagem de elemento AA;

$Q = Q_a \cdot Q_s$ $\quad Q_a = \frac{A_{ef}}{A_g}$ $\quad A_{ef} = A_g - \Sigma(b - b_{ef})$ t

$b_{ef} = 1,92t\sqrt{\frac{E}{\sigma}}\left[1 - \frac{c_a}{b/t}\sqrt{\frac{E}{\sigma}}\right] \le b$

ca = 0.38 para mesas e almas de seções tubulares retangulares
c_a = 0.34 para demais casos

$ba_ef := \min\left(\left[1,92 \cdot tw \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} \cdot \left(1 - \frac{0,34}{\lambda alma} \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}}\right) hw\right]\right)$

$ba_ef = 290,3073\ mm$

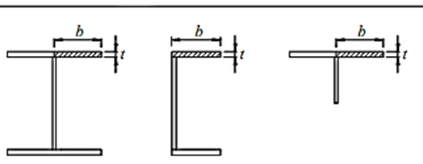
$hw = 400\ mm$

$Aef := Ag - (hw - ba_ef) \cdot tw = 62,3894\ cm^2$

$Qa := \frac{Aef}{Ag} = 0,9003$

Elemento Não Enrijecido - Mesas do Perfil I - GRUPO 5 :

$kc := \frac{4}{\sqrt{\lambda alma}} = 0,502$ $\quad k_c = \frac{4}{\sqrt{hw/tw}}$ sendo $0,35 \leq k_c \leq 0,76$

5	— Mesas de seções I, H, T ou U soldadas [a]		$0,64\sqrt{\frac{E}{(f_y/k_c)}}$

$\lambda m_lim := 0,64 \cdot \sqrt{\frac{E}{\frac{fy}{kc}}} = 12,8255$

Grupo 5

$Q_s = 1,415 - 0,65\ \frac{b}{t}\sqrt{\frac{f_y}{k_c E}} \leq 1$ para $0,64\sqrt{\frac{E}{(\frac{f_y}{k_c})}} < \frac{b}{t} \leq 1,17\sqrt{\frac{E}{(\frac{f_y}{k_c})}}$

$Q_s = \frac{0,90 E k_c}{f_y \left(\frac{b}{t}\right)^2}$ para $\frac{b}{t} > 1,17\sqrt{\frac{E}{(f_y/k_c)}}$

$\lambda mesa := 0,5 \cdot \frac{bf}{tf} = 27,7778$

$\lambda elas := 1,17 \cdot \sqrt{\frac{E}{\frac{fy}{kc}}} = 23,4467$ Como λmesa > λelas - ocorre flambagem elástica;

$Qs := \frac{0,90 \cdot E \cdot kc}{fy \cdot \lambda mesa^2} = 0,4684$

$Q := Qa \cdot Qs = 0,4217$

Cálculo da Capacidade Resistente de Compressão em Relação ao Eixo de Maior Esbeltez (Eixo Y):

$N_{c,Rd} = \frac{\chi\, Q\, A_g\, fy}{\gamma a1}$ $\quad r = \sqrt{\frac{I}{A}}$

$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(K.L)^2}$ $\quad f_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$ $\quad \lambda = \frac{KL}{r}$

$\lambda_{pl} = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{Q f_y}}$ $\quad \lambda_0 = \sqrt{\frac{Q\, A_g f_y}{N_e}}$

Peças com dupla simetria: $\lambda_0 = \frac{\lambda}{\lambda_{pl}} = \frac{\lambda}{\sqrt{\frac{\pi^2 E}{Q f_y}}} = \frac{K\,L}{r}\sqrt{\frac{Q f_y}{\pi^2 E}}$

$\chi = 0,658^{\lambda_o^2}$ para $\lambda_0 \leq 1,5$

$\chi = 0,877/\lambda_o^2$ para $\lambda_0 > 1,5$

$\lambda pl := \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{Q \cdot fy}} = 136,8319$

$\lambda oy := \frac{\lambda y}{\lambda pl} = 0,2947$

$\chi y := \text{if } \lambda oy \leq 1,5 = 0,9643$

$0,658^{\lambda oy^2}$

else

$\frac{0,877}{\lambda oy^2}$

$Ncrd := \frac{\chi y \cdot Q \cdot Ag \cdot fy}{\gamma a1} = 640,4907\ kN$ $\quad Nsd := 850\ kN$

$\frac{Ncrd}{Nsd} = 0,7535$ Não verfica, pois a capacidade resistente é apenas 75,35 % da solicitação!