

1ª

QUESTÃO

A barra de 4,0m de comprimento com seção caixão da figura está submetida a uma força centrada de tração, $N_{t,sd}$ e é conectada a duas chapas planas através de 5 parafusos de $d_b = 24mm$ em cada ligação. Seu trabalho é determinar o menor valor possível para a espessura t para a construção das mesas e almas do perfil caixão para que o perfil atenda a condição de segurança de projeto (valor em milímetros, arredondado sem nenhuma casa decimal).

As cargas de tração solicitantes são: o peso próprio do perfil ($\rho = 7850 kg/m^3$ e $g = 9,81 m/s^2$), carga de uso de $150kN$ e carga trancada de $90kN$ (Oficina).

A furação possui os espaçamentos de $g = 50mm$ e $s = 80mm$.

A seção transversal precisa ser de $b_f = 200mm$ e $h = 150mm$.

O aço utilizado é o MR-250 ($f_y = 250 MPa$ e $f_u = 400 MPa$).

Dicas:

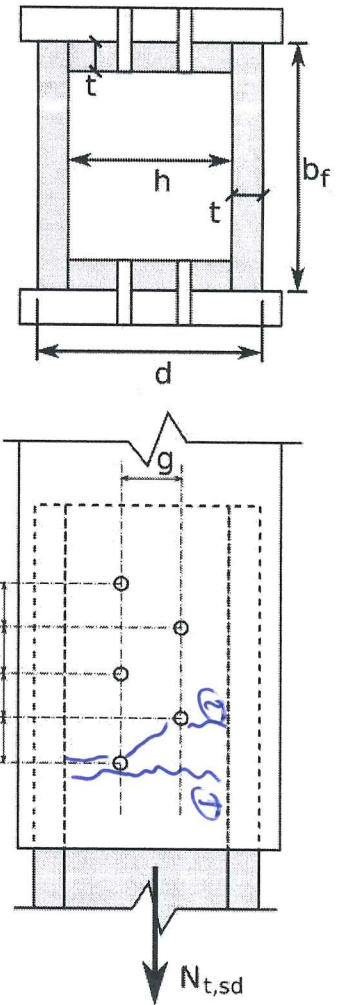
* Distância do centro de gravidade ao plano de cisalhamento de cada

ligação é: $\frac{2ht + b_f^2}{2(2h + b_f)}$.

* Caso necessário: $t \geq \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$.

* $N = kg \cdot m/s^2$ ou $kN = kg \cdot m/s^2 \cdot 10^{-3}$.

* Não é necessário verificar os limites de aplicabilidade das equações!



- DETERMINAÇÃO DA SOLICITAÇÃO

$$N_{t,ed} = 1,25 \cdot F_p + 1,5 \cdot 150 + 1,2 \cdot 0,8 \cdot 90$$

$$N_{t,ed} = 1,25 \cdot F_p + 311,4$$

- PESO PRÓPRIO

$$F_p = A_g \cdot L \cdot \rho \cdot g = A_g \cdot 4,0 \cdot 7850 \cdot 9,81 = A_g \cdot 308,034 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{ou } F_p = A_g \cdot 0,0308 \text{ kN/m}^2$$

- ÁREA BRUTA E ÁREA LÍQUIDA (EFETIVA)

$$A_g = 2ht + 2b_f t = 70t$$

$$\text{X LIGADA DE RUPTURA EM (R)} (d_{te} = 24 + 4,5 + 2,0 = 27,5 \text{ mm} \approx 2,75 \text{ cm})$$

$$l_1 = h - d_{te} = 12,25 \text{ cm}$$

$$l_2 = h - 2d_{te} + \frac{s^2}{4g} = 12,7 \text{ cm}$$

$$\therefore A_e = 2 \cdot t \cdot h_t + 2 \cdot h_v \cdot t = 64,5t$$

- COEFICIENTE (C_k)

$$C_k = 1 - \frac{e_c}{l_c}$$

$$e_c = \frac{2b \cdot t + h_v^2}{2(2h + h_t)} = \frac{30t + 400}{100}$$

$$\therefore e_c = 0,3t + 4$$

$$\therefore C_k = 1 - \frac{0,3t + 4}{32}$$

$$l_c = 4s = 32 \text{ m}$$

$$\therefore C_k = \frac{28 - 0,3t}{32}$$

- CONDIÇÃO DE SEGURANÇA:

* (ESGOTAMENTO DA SEÇÃO) BRUTA

$$N_{red} \leq \frac{A_g \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$311,4 + 1,25 \cdot A_g \cdot 0,0308 \leq \frac{70t \cdot 25}{41}$$

$$311,4 \leq 1925t - 2,695t$$

$$\therefore t \geq 0,162 \text{ m} \quad \text{ou} \quad t \geq 16,2 \text{ mm}$$

* RUPTURA DA SEÇÃO LÍQUIDA EFETIVA

$$1,25 A_g 0,0308 + 311,4 \leq \frac{C_k A_e f_u}{\gamma_{a2}}$$

$$2,695t + 311,4 \leq \left(\frac{28 - 0,3t}{32} \right) \frac{64,5t \cdot 40}{1,35}$$

$$2,695t + 311,4 \leq 1672,22t - 17,917t^2$$

$$\therefore -17,917t^2 + 1669,525t - 311,4 \geq 0$$

$$t_1 \geq 0,187 \text{ m}$$

ou

$$t_2 \geq 97,99 \text{ m}$$

$$\therefore t \geq 16,2 \text{ mm}$$

2ª

QUESTÃO

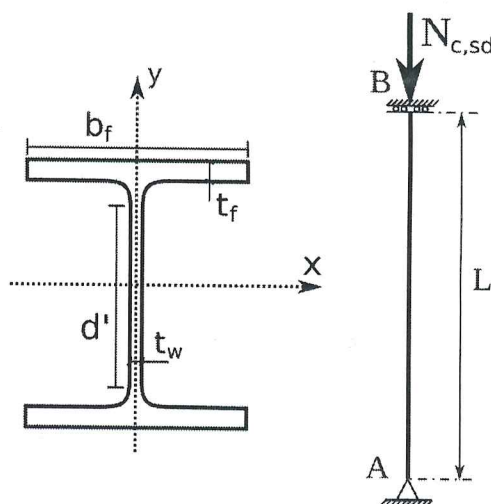
A coluna da figura foi dimensionada para resistir a uma força normal centrada (de cálculo) de 458kN, sem travamentos laterais intermediários. Contudo, devido a uma alteração nas definições do projeto, será submetida a uma força normal centrada, também de cálculo, no valor de 2.200kN.

Sabendo que a coluna somente poderá ser travada lateralmente na sua menor inércia, responda se a coluna poderá resistir a esse novo carregamento e caso positivo, quantos níveis de travamento lateral serão necessários.

Aço ASTM 572 GR50, ($f_y = 345\text{MPa}$, $f_u = 410\text{MPa}$).

Dados do Perfil Laminado W 360 x 91,0 (H): $b_f = 254\text{mm}$; $t_f = 16,4\text{mm}$; $d' = 288\text{mm}$; $t_w = 9,5\text{mm}$; $A_g = 115,9\text{cm}^2$; $I_x = 26.755\text{cm}^4$; $r_x = 15,19\text{cm}$; $I_y = 4.483\text{cm}^4$; $r_y = 6,22\text{cm}$; $J = 96,61\text{cm}^4$; $C_w = 1.268.709,0\text{cm}^6$.

Dica: $\chi = 0,658^{\lambda_0^2} \rightarrow \frac{\ln(\chi)}{\ln(0,658)} = \lambda_0^2$; Esse perfil não sofre instabilidade por torção. Use 3 casas decimais!



- Determinação do comprimento original:

$$N_{c,ed} \leq Q \times \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}}$$

* Verificação de Q

W360: Grupo 4

$$\lambda_c = \frac{k t}{2 t_f} = \frac{254}{2 \cdot 16,4} = 7,744$$

$$\therefore Q_s = 1,0$$

$$\lambda_{c,lim} = 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 13,473$$

ALMA: Grupo 2

$$\lambda_c = \frac{d'}{t_w} = \frac{288}{9,5} = 30,316$$

$$\therefore Q_a = 1,0$$

$$\lambda_{c,lim} = 0,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 35,875$$

$$\therefore (Q = 1,0)$$

* Determinação de χ

$$458 \leq 1,0 \times \frac{115,9 \cdot 34,5}{1,1}$$

$$\therefore \chi \geq 0,126 \rightarrow \chi = \frac{0,877}{\lambda_0^2} = 0,126$$

$$\therefore \lambda_0^2 = 6,96$$

$$\lambda_0^2 = \frac{Q A_g f_y}{N_c} = 6,96$$

$$\therefore N_c = 574,504 \text{ kN}$$

$$k_x = k_y = 20$$

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(k_y L_y)^2} = 574,504$$

$$\therefore L_y = \frac{1515,925}{\sqrt{574,504}} = 620,55 \text{ cm}$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(k_x L_x)^2} = 574,504$$

$$\therefore L_x = 620,55 \text{ cm}$$

$$\therefore L = L_x = 620,55 \text{ cm}$$

- VERIFICAÇÃO DA CARGA ADICIONAL

$$N_{c,ad} \leq Q \times \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$2200 \leq 40,8 \times \frac{115,9 \times 34,5}{1,1}$$

$$\frac{\ln(0,605)}{\ln(0,658)} = \lambda_0^2$$

$$\therefore \lambda_0^2 = 1,1$$

$$X > 0,605 \rightarrow X = 0,658^{1,1}$$

$$\lambda_0^2 = \frac{Q A_g f_y}{N_c} = 1,1$$

$$\therefore N_c = 3332,125 \text{ kN}$$

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(k_y L_y)^2} = 3332,125$$

$$\therefore L_y = 629,47 \text{ cm} \checkmark$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(k_x L_x)^2} = 3332,125$$

$$\therefore L_x = 257,667 \text{ cm} \times$$

$$N_{trav} = \frac{L}{L_x} = \frac{620,55}{257,667} = 2,4$$

$$\therefore \underline{\underline{2 \text{ TRAVESSAS!}}}$$