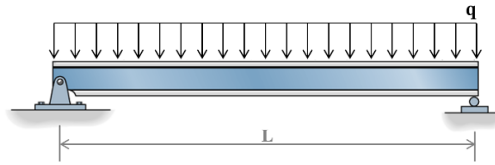


1) Exercício FLT – Flambagem Lateral com Torção

Uma viga de piso biapoada de perfil laminado I: W 460 x 52,0kg/m foi submetida a um carregamento linear de $q=0,50$ kN/cm (já majorado) com contenção lateral ($L_b=0,5\times L$) no vão central, vão $L=300$ cm. Verificar se o perfil atende aos esforços de flexão (somente FLT). Adote Aço $f_y=25$ kN/cm², $E=200$ GPa.



$C_w = 304837,00 \text{ cm}^6$	$\gamma_{a1} = 1,10$
$I_x = 21370,00 \text{ cm}^4$	$\sigma_r = 0,3 f_y$
$I_y = 634,00 \text{ cm}^4$	$E = 20000 \text{ kN/cm}^2$
$W_x = 949,80 \text{ cm}^3$	$M_A = 4218,75 \text{ kN.cm}$
$Z_x = 1095,90 \text{ cm}^3$	$M_B = 5625,00 \text{ kN.cm}$
$r_y = 3,09 \text{ cm}$	$M_C = 4218,75 \text{ kN.cm}$
$J = 21,79 \text{ cm}^4$	$M_{\max} = 5625,00 \text{ kN.cm}$

$$\lambda_{flt} = \frac{L_b}{r_y} = 48,54$$

$$\lambda_p = 1,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 49,78$$

$$\beta_1 = \frac{W_x(f_y - \sigma_r)}{E J} = 0,03814$$

$$\lambda_r = \frac{1,38 \sqrt{I_y J}}{r_y J \beta_1} \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 C_w \beta_1^2}{I_y}}} = 147,58$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} = 1,136$$

Portanto, seção compacta, viga curta:

$$\rightarrow \text{Se } \lambda_{flt} \leq \lambda_p \text{ então } M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{pl} = Z_x f_y = 27397,50$$

$$\rightarrow \text{Se } \lambda_p < \lambda_{flt} \leq \lambda_r \text{ então } M_{Rd} = \frac{M_s}{\gamma_{a1}}$$

$$M_r = W_x(f_y - \sigma_r) =$$

$$M_s = C_b \left[M_{pl} - (M_{pl} - M_r) \frac{\lambda_{flt} - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right] =$$

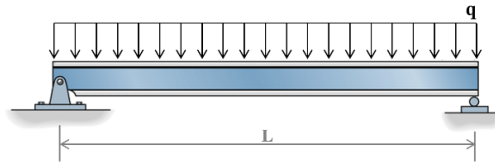
$$\rightarrow \text{Se } \lambda_{flt} > \lambda_r \text{ então } M_{Rd} = \frac{M_{cr}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E I_y}{L_b^2} \sqrt{\frac{C_w}{I_y} \left(1 + 0,039 \frac{J L_b^2}{C_w} \right)} =$$

$$M_{Rd} = 24906,8 \text{ kN.cm} > M_{Sd} = 5625,0 \text{ kN.cm}$$

2) Exercício FLT – Flambagem Lateral com Torção

Uma viga de piso biapoada de perfil laminado I: W 360 x 39,0kg/m foi submetida a um carregamento linear de $q=0,32$ kN/cm (já majorado) sem contenção lateral ($L_b=1,0\times L$) no vão central, vão $L=342$ cm. Verificar se o perfil atende aos esforços de flexão (somente FLT). Adote Aço $f_y=34,5$ kN/cm², $E=200$ GPa.



$C_w = 109551,00 \text{ cm}^6$	$\gamma_{a1} = 1,10$
$I_x = 10331,00 \text{ cm}^4$	$\sigma_r = 0,3 f_y$
$I_y = 375,00 \text{ cm}^4$	$E = 20000 \text{ kN/cm}^2$
$W_x = 585,30 \text{ cm}^3$	$M_A = 3508,92 \text{ kN.cm}$
$Z_x = 667,70 \text{ cm}^3$	$M_B = 4678,56 \text{ kN.cm}$
$r_y = 2,73 \text{ cm}$	$M_C = 3508,92 \text{ kN.cm}$
$J = 15,83 \text{ cm}^4$	$M_{\max} = 4678,56 \text{ kN.cm}$

$$\lambda_{flt} = \frac{L_b}{r_y} = 125,27$$

$$\lambda_p = 1,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 42,38$$

$$\beta_1 = \frac{W_x(f_y - \sigma_r)}{E J} = 0,04465$$

$$\lambda_r = \frac{1,38 \sqrt{I_y J}}{r_y J \beta_1} \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 C_w \beta_1^2}{I_y}}} = 124,32$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} = 1,136$$

Portanto, seção esbelta, viga longa:

$$\rightarrow \text{Se } \lambda_{flt} \leq \lambda_p \text{ então } M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{pl} = Z_x f_y =$$

$$\rightarrow \text{Se } \lambda_p < \lambda_{flt} \leq \lambda_r \text{ então } M_{Rd} = \frac{M_s}{\gamma_{a1}}$$

$$M_r = W_x(f_y - \sigma_r) =$$

$$M_s = C_b \left[M_{pl} - (M_{pl} - M_r) \frac{\lambda_{flt} - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right] =$$

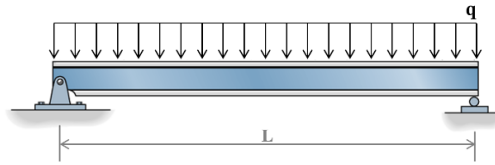
$$\rightarrow \text{Se } \lambda_{flt} > \lambda_r \text{ então } M_{Rd} = \frac{M_{cr}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E I_y}{L_b^2} \sqrt{\frac{C_w}{I_y} \left(1 + 0,039 \frac{J L_b^2}{C_w} \right)} = 15832,92$$

$$M_{Rd} = 14393,6 \text{ kN.cm} > M_{sd} = 4678,6 \text{ kN.cm}$$

3) Exercício FLT – Flambagem Lateral com Torção

Uma viga de piso biapoçada de perfil laminado I: W 150 x 13,0kg/m foi submetida a um carregamento linear de $q=0,16$ kN/cm (já majorado) sem contenção lateral ($L_b=1,0\times L$) no vão central, vão $L=300$ cm. Verificar se o perfil atende aos esforços de flexão (somente FLT). Adote Aço $f_y=25$ kN/cm², $E=200$ GPa.



$$\begin{aligned} C_w &= 4181,00 \text{ cm}^6 \\ I_x &= 635,00 \text{ cm}^4 \\ I_y &= 82,00 \text{ cm}^4 \\ W_x &= 85,80 \text{ cm}^3 \\ Z_x &= 96,40 \text{ cm}^3 \\ r_y &= 2,22 \text{ cm} \\ J &= 1,72 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \gamma_{a1} &= 1,10 \\ \sigma_r &= 0,3 f_y \\ E &= 20000 \text{ kN/cm}^2 \\ M_A &= 1350,00 \text{ kN.cm} \\ M_B &= 1800,00 \text{ kN.cm} \\ M_C &= 1350,00 \text{ kN.cm} \\ M_{\max} &= 1800,00 \text{ kN.cm} \end{aligned}$$

$$\lambda_{flt} = \frac{L_b}{r_y} = 135,14$$

$$\lambda_p = 1,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 49,78$$

$$\beta_1 = \frac{W_x(f_y - \sigma_r)}{E J} = 0,04365$$

$$\lambda_r = \frac{1,38 \sqrt{I_y J}}{r_y J \beta_1} \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 C_w \beta_1^2}{I_y}}} = 167,55$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} = 1,136$$

Portanto, seção semi-compacta, viga intermediária:

$$\rightarrow \text{Se } \lambda_{flt} \leq \lambda_p \text{ então } M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{pl} = Z_x f_y =$$

$$\rightarrow \text{Se } \lambda_p < \lambda_{flt} \leq \lambda_r \text{ então } M_{Rd} = \frac{M_s}{\gamma_{a1}}$$

$$M_r = W_x(f_y - \sigma_r) = 1501,50$$

$$M_s = C_b \left[M_{pl} - (M_{pl} - M_r) \frac{\lambda_{flt} - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right] = 1990,42$$

$$\rightarrow \text{Se } \lambda_{flt} > \lambda_r \text{ então } M_{Rd} = \frac{M_{cr}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E I_y}{L_b^2} \sqrt{\frac{C_w}{I_y} \left(1 + 0,039 \frac{J L_b^2}{C_w} \right)} =$$

$$M_{Rd} = 1809,5 \text{ kN.cm} > M_{Sd} = 1800,0 \text{ kN.cm}$$