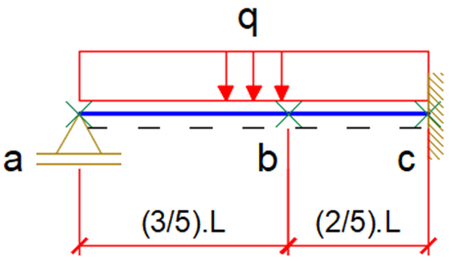
B2T5M0517A

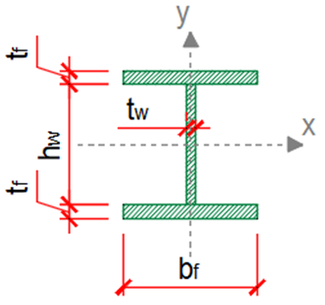
Considerando somente a verificação FLT, calcule a razão momento resistente / momento solicitante para o modelo de viga esboçado ao lado. Em seguida proceda a verificação de flecha e calcule a razão entre flecha limite / flecha calculada.



Perfil I Soldado em aço AR-350 com as seguintes dimensões:

$bf := 200\ mm$ $tf := 6,3\ mm$ $L := 8\ m$

$hw := 350\ mm$ $tw := 6,3\ mm$



- Combinação normal em ELU e quase-permanente em ELS sendo a viga parte de um edificação residencial de acesso restrito compondo um piso;
- Viga travada lateralmente nos pontos "a", "b" e "c";

- Cargas distribuídas incidentes na viga:

- peso próprio de estrutura metálica

$q1 := 5\ \frac{kN}{m}$ $\gamma 1 := 1,25$

- acidental de ocupação

$q2 := 15\ \frac{kN}{m}$ $\gamma 2 := 1,50$ $\psi 2 := 0,3$

$E := 200\ GPa$ $fy := 35\ \frac{kN}{cm^2}$ $\gamma a1 := 1,1$

Q01 - Qual o valor do fator Cb para o trecho "ab" do modelo de viga? [adim.]
Q02 - Qual o valor do fator Cb para o trecho "bc" do modelo de viga? [adim.]
Q03 - Qual o momento fletor resistente FLT do trecho mais desfavorável da viga "abc"? [em kNm]
Q04 - Qual o valor da razão momento resistente FLT / momento solicitante na viga "abc"? [adim.]
Q05 - Qual o valor da razão flecha limite / flecha calculada na viga "abc"? [adim.]

Propriedades Geométricas:

$d := 2 \cdot tf + hw = 362,6\ mm$ $Ag := 2 \cdot bf \cdot tf + hw \cdot tw = 47,25\ cm^2$

$Ix := \frac{bf \cdot d^3}{12} - \frac{(bf - tw) \cdot hw^3}{12} = 10250\ cm^4$ $Wx := \frac{Ix}{0,5 \cdot d} = 565,34\ cm^3$ $rx := \sqrt{\frac{Ix}{Ag}} = 14,728\ cm$

$Iy := \frac{2 \cdot tf \cdot bf^3}{12} + \frac{hw \cdot tw^3}{12} = 840,73\ cm^4$ $Wy := \frac{Iy}{0,5 \cdot bf} = 84,073\ cm^3$ $ry := \sqrt{\frac{Iy}{Ag}} = 4,2182\ cm$

$Zx := 2 \cdot \left(bf \cdot tf \cdot \frac{(hw + tf)}{2} + \frac{hw}{2} \cdot tw \cdot \frac{hw}{4} \right) = 641,88\ cm^3$ $Cw := \frac{Iy \cdot (d - tf)^2}{4} = 2,6683 \cdot 10^5\ cm^6$

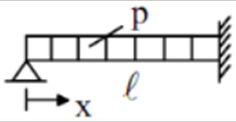
$J := \frac{1}{3} \cdot \left(2 \cdot bf \cdot tf^3 + hw \cdot tw^3 \right) = 6,2512\ cm^4$ $\beta 1 := \frac{0,7 \cdot fy \cdot Wx}{E \cdot J} = 0,11079\ \frac{1}{cm}$

Combinações de Ações:

Combinação Normal ELU: $q_elu := \gamma1 \cdot q1 + \gamma2 \cdot q2 = 28,750 \ \frac{kN}{m}$

Combinação Quase-Permanente ELS: $q_els := q1 + \psi2 \cdot q2 = 9,5 \ \frac{kN}{m}$

Solicitações Máximas (ELU)

	$\frac{3}{554}\frac{pL^4}{EI}$	0,422 L	$\frac{pL^4}{48EI}(-2\alpha^4 + 3\alpha^3 - \alpha)$

$$\delta(x) := \frac{q_els \cdot L^4}{48 \cdot E \cdot Ix} \cdot \left[-2 \cdot \left(\frac{x}{L}\right)^4 + 3 \cdot \left(\frac{x}{L}\right)^3 - \left(\frac{x}{L}\right) \right] \qquad L = 8 \ m$$

$$\theta(x) := \frac{d}{dx}\delta(x) \quad ===> \quad \theta(x) := \frac{q_els \cdot L^4}{48 \cdot E \cdot Ix} \cdot \left[-8 \cdot \frac{x^3}{L^4} + 9 \cdot \frac{x^2}{L^3} - \frac{1}{L} \right]$$

$$M(x) := E \cdot Ix \cdot \frac{d}{dx}\theta(x) \quad ===> \quad M(x) := \frac{q_elu \cdot L^4}{48} \cdot \left[-24 \cdot \frac{x^2}{L^4} + 18 \cdot \frac{x}{L^3} \right]$$

$$V(x) := \frac{d}{dx}M(x) \quad ===> \quad V(x) := \frac{q_elu \cdot L^4}{48} \cdot \left[-48 \cdot \frac{x}{L^4} + 18 \cdot \frac{1}{L^3} \right]$$

* Momentos nas extremidades da viga:

$M_0 := M(0) = 0 \qquad M_L := M(L) = -230,00 \ kN\,m$

* Valor extremo de momento no meio do intervalo:

'M(x) = 0 $\qquad x_ext := \frac{18}{48} \cdot L = 3 \ m \qquad M_{ext} := M(x_ext) = 129,38 \ kN\,m$

$Msd := \max\left(\left[\left|M_0\right| \left|M_L\right| \left|M_{ext}\right|\right]\right) = 230 \ kN\,m$

Cálculo do Fator Cb - Trecho "ab":

$xa := 0 \qquad xb := \frac{3}{5} \cdot L = 4,8 \ m \qquad Lb_ab := xb - xa = 4,8 \ m \qquad Rm := 1$

* perfil com dupla simetria

$Ma_ab := \left|M\left(\frac{1}{4} \cdot Lb_ab\right)\right| = 82,8 \ kN\,m \qquad M1 := \left|M(Lb_ab)\right| = 82,8 \ kN\,m$

$Mb_ab := \left|M\left(\frac{2}{4} \cdot Lb_ab\right)\right| = 124,2 \ kN\,m \qquad M_{ext} = 129,375 \ kN\,m$

$Mc_ab := \left|M\left(\frac{3}{4} \cdot Lb_ab\right)\right| = 124,2 \ kN\,m \qquad Mmax_ab := M_{ext} = 129,375 \ kN\,m$

$$Cb_ab := \min\left(\left[\frac{12,5 \cdot Mmax_ab}{2,5 \cdot Mmax_ab + 3 \cdot Ma_ab + 4 \cdot Mb_ab + 3 \cdot Mc_ab} \cdot Rm \ 3\right]\right) = 1,1221 \qquad Q01 := Cb_ab$$

Cálculo do Fator Cb - Trecho "bc":

$xb := \frac{3}{5} \cdot L = 4,8\ m$ $xc := L = 8\ m$ $Lb_bc := xc - xb = 3,2\ m$ $Rm := 1$

* perfil com dupla simetria

$Ma_bc := \left| M\left(xb + \frac{1}{4} \cdot Lb_bc\right)\right| = 32,2\ kN\ m$ $M\left(xb + \frac{1}{4} \cdot Lb_bc\right) = 32,2\ kN\ m$

$Mb_bc := \left| M\left(xb + \frac{2}{4} \cdot Lb_bc\right)\right| = 36,8\ kN\ m$ $M\left(xb + \frac{2}{4} \cdot Lb_bc\right) = -36,8\ kN\ m$

$Mc_bc := \left| M\left(xb + \frac{3}{4} \cdot Lb_bc\right)\right| = 124,2\ kN\ m$ $M\left(xb + \frac{3}{4} \cdot Lb_bc\right) = -124,2\ kN\ m$

$Mmax_bc := \left|M(L)\right| = 230\ kN\ m$

$Cb_bc := \min\left(\left[\frac{12,5 \cdot Mmax_bc}{2,5 \cdot Mmax_bc + 3 \cdot Ma_bc + 4 \cdot Mb_bc + 3 \cdot Mc_bc} \cdot Rm\ \ 3\right]\right) = 2,4131$ $Q02 := Cb_bc$

Verificação de Momentos Resistentes FLT:

FLT	$(f_y - \sigma_r)W$ Ver Nota 5	Ver Nota 1	$\frac{L_b}{r_y}$	$1,76\sqrt{\frac{E}{f_y}}$	Ver Nota 1

Trecho "ab":

$ry = 4,2182\ cm$ $Lb_ab := \frac{3}{5} \cdot L = 480\ cm$

$\lambda_{ab} := \frac{Lb_ab}{ry} = 113,8$ $\lambda_{pFLT} := 1,76 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} = 42,07$

$\lambda_{rFLT} := \frac{1,38 \cdot \sqrt{Iy \cdot J}}{ry \cdot J \cdot \beta 1} \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 \cdot Cw \cdot \beta 1^{\,2}}{Iy}}} = 115,1$

FLT		
Tipo de Viga	**Relação de Parâmetros**	**Expressão de Cálculo**
Curta	$\lambda \le \lambda_p$	$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$
Intermediária	$\lambda_p < \lambda \le \lambda_r$	$M_{Rd} = \frac{C_b}{\gamma_{a1}}\left[M_{pl} - (M_{pl} - M_r)\frac{(\lambda - \lambda_p)}{(\lambda_r - \lambda_p)}\right] \le \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$
Longa	$\lambda_r < \lambda$	$M_{Rd} = \frac{M_{cr}}{\gamma_{a1}} \le \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$

$Tipo_de_Viga_ab :=$ if $\lambda_{ab} \le \lambda_{pFLT}$ = "Intermediária"
"Curta"
else
if $\lambda_{ab} \le \lambda_{rFLT}$
"Intermediária"
else
"Longa"

$Mpl := Zx \cdot fy = 224,66\ kN\ m$ $Mr := Wx \cdot 0,7 \cdot fy = 138,5\ kN\ m$

$Mrd_FLTab :=$ if $\lambda_{ab} \le \lambda_{pFLT}$ $= 142,9109\ kN\ m$
$\frac{Mpl}{\gamma a1}$
else
if $\lambda_{ab} \le \lambda_{rFLT}$
$\min\left(\left[\frac{Cb_ab}{\gamma a1} \cdot \left(Mpl - (Mpl - Mr) \cdot \frac{\left(\lambda_{ab} - \lambda_{pFLT}\right)}{\left(\lambda_{rFLT} - \lambda_{pFLT}\right)}\right) \frac{Mpl}{\gamma a1}\right]\right)$
else
$\min\left(\left[\frac{Cb_ab \cdot \pi^{2} \cdot E \cdot Iy}{Lb_ab^{\,2} \cdot \gamma a1} \cdot \sqrt{\frac{Cw}{Iy} \cdot \left(1 + \frac{0,039 \cdot J \cdot Lb_ab^{\,2}}{Cw}\right)} \frac{Mpl}{\gamma a1}\right]\right)$

$\frac{Mpl}{\gamma a1} = 204,2331 \text{ kN m}$

$\min\left(\left[\frac{Cb_ab}{\gamma a1}\cdot\left(Mpl-(Mpl-Mr)\cdot\frac{\left(\lambda_{ab}-\lambda_{pFLT}\right)}{\left(\lambda_{rFLT}-\lambda_{pFLT}\right)}\right)\ \frac{Mpl}{\gamma a1}\right]\right) = 142,9109 \text{ kN m}$

Trecho "bc":

$Lb_bc := \frac{2}{5}\cdot L = 320 \text{ cm}$ $\quad \lambda_{bc} := \frac{Lb_bc}{ry} = 75,86$

$Tipo_de_Viga1 :=$ if $\lambda_{bc} \le \lambda_{pFLT}$ $= \text{"Intermediária"}$
"Curta"
else
if $\lambda_{bc} \le \lambda_{rFLT}$
"Intermediária"
else
"Longa"

$Mrd_FLTbc :=$ if $\lambda_{bc} \le \lambda_{pFLT}$ $= 204,2 \text{ kN m}$
$\frac{Mpl}{\gamma a1}$
else
if $\lambda_{bc} \le \lambda_{rFLT}$
$\min\left(\left[\frac{Cb_bc}{\gamma a1}\cdot\left(Mpl-(Mpl-Mr)\cdot\frac{\left(\lambda_{bc}-\lambda_{pFLT}\right)}{\left(\lambda_{rFLT}-\lambda_{pFLT}\right)}\right)\ \frac{Mpl}{\gamma a1}\right]\right)$
else
$\min\left(\left[\frac{Cb_bc\cdot\pi^2\cdot E\cdot Iy}{Lb_bc^2\cdot\gamma a1}\cdot\sqrt{\frac{Cw}{Iy}\cdot\left(1+\frac{0,039\cdot J\cdot Lb_bc^2}{Cw}\right)}\ \frac{Mpl}{\gamma a1}\right]\right)$

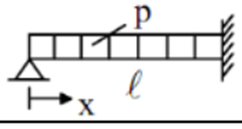
$\frac{Cb_bc}{\gamma a1}\cdot\left(Mpl-(Mpl-Mr)\cdot\frac{\left(\lambda_{bc}-\lambda_{pFLT}\right)}{\left(\lambda_{rFLT}-\lambda_{pFLT}\right)}\right) = 405,4463 \text{ kN m}$

$\frac{Mpl}{\gamma a1} = 204,2331 \text{ kN m}$

$Q03 := \min\left(\left[\ Mrd_FLTab\ \ Mrd_FLTbc\ \right]\right) = 142,9109 \text{ kN m}$

$\frac{Mrd_FLTab}{Mmax_ab} = 1,1046$ $\quad \frac{Mrd_FLTbc}{Mmax_bc} = 0,888$ $\quad Q04 := \min\left(\left[\ \frac{Mrd_FLTab}{Mmax_ab}\ \ \frac{Mrd_FLTbc}{Mmax_bc}\ \right]\right) = 0,888$

Verificação de Deslocamentos Máximos:

	$\frac{3}{554}\frac{pL^4}{EI}$	0,422 L	$\frac{pL^4}{48EI}(-2\alpha^4+3\alpha^3-\alpha)$

$\delta calc := \frac{3\cdot q_els\cdot L^4}{554\cdot E\cdot Ix} = 1,0279 \text{ cm}$

$\delta lim := \frac{L}{350} = 2,2857 \text{ cm}$ $\quad Q05 := \frac{\delta lim}{\delta calc} = 2,2236$

$Q01 = 1,1221$

$Q02 = 2,4131$

$Q03 = 142,9109\ \mathrm{kN\ m}$

$Q04 = 0,888$

$Q05 = 2,2236$
