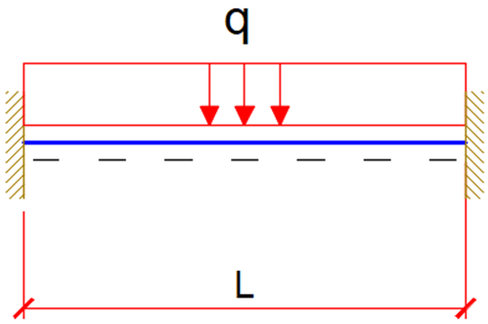
B2T5NB0522A

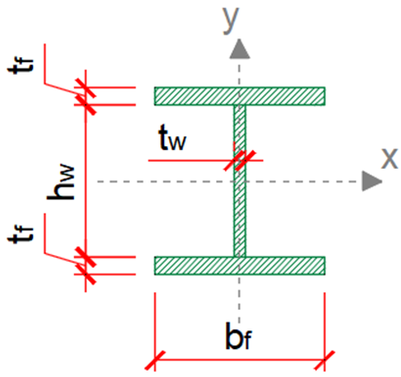
Calcule o máximo carregamento distribuído acidental (em valor característico) que pode ser aplicado na viga da figura sabendo que a mesma é travada lateralmente somente nos apoios.



Perfil I Soldado em Aço A36 com as seguintes dimensões:

$bf := 200\ mm$ $tf := 10\ mm$ $L := 8\ m$

$hw := 450\ mm$ $tw := 6,3\ mm$



- Combinação normal em ELU e quase-permanente em ELS sendo a viga parte de um edificação residencial de acesso restrito compondo um piso;
- Combinações com ações agrupadas (γg = γq = 1,4 e ψ2 = 0,3);
- Considerar que a única carga permanente será o peso próprio do perfil;

$E := 200\ GPa$ $fy := 25\ \frac{kN}{cm^2}$

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

$\gamma a1 := 1,1$ $\psi 2 := 0,3$

Q01 - Qual o momento fletor resistente FLA do perfil adotado? [em kNm]
Q02 - Qual o momento fletor resistente FLM do perfil adotado? [em kNm]
Q03 - Qual o momento fletor resistente FLT da viga? [em kNm]
Q04 - Qual o esforço cortante resistente da viga? [em kN]
Q05 - Qual a máxima carga acidental em valor característico possível de ser aplicada de modo que a verificação de deslocamentos máximos ainda seja atendida? [em kN/m]
Q06 - Qual a máxima carga acidental em valor característico possível de ser aplicada de modo que a verificação de esforços cortantes ainda seja atendida? [em kN/m]
Q07 - Qual a máxima carga acidental em valor característico possível de ser aplicada de modo que as verificações de momentos fletores FLA, FLM e FLT sejam todas atendidas ? [em kN/m]
Q08 - Qual o valor do fator Cb para a viga em questão? [adim.]

Propriedades Geométricas:

$d := 2 \cdot tf + hw = 470\ mm$ $Ag := 2 \cdot bf \cdot tf + hw \cdot tw = 68,35\ cm^2$

$Ix := \frac{bf \cdot d^3}{12} - \frac{(bf - tw) \cdot hw^3}{12} = 25947\ cm^4$ $Wx := \frac{Ix}{0,5 \cdot d} = 1104,1\ cm^3$ $rx := \sqrt{\frac{Ix}{Ag}} = 19,484\ cm$

$Iy := \frac{2 \cdot tf \cdot bf^3}{12} + \frac{hw \cdot tw^3}{12} = 1334,3\ cm^4$ $Wy := \frac{Iy}{0,5 \cdot bf} = 133,43\ cm^3$ $ry := \sqrt{\frac{Iy}{Ag}} = 4,4183\ cm$

$Zx := 2 \cdot \left(bf \cdot tf \cdot \frac{(hw + tf)}{2} + \frac{hw}{2} \cdot tw \cdot \frac{hw}{4} \right) = 1238,9\ cm^3$ $Cw := \frac{Iy \cdot (d - tf)^2}{4} = 7,0583 \cdot 10^5\ cm^6$

$J := \frac{1}{3} \cdot \left(2 \cdot bf \cdot tf^3 + hw \cdot tw^3 \right) = 17,084\ cm^4$ $\beta 1 := \frac{0,7 \cdot fy \cdot Wx}{E \cdot J} = 0,056551\ \frac{1}{cm}$

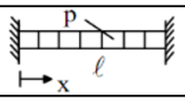
Combinações de Ações:

$\gamma aco := 78,5 \frac{kN}{m^3}$ $\quad q_pp := \gamma aco \cdot Ag = 0,5365 \frac{kN}{m}$

Combinação Normal ELU: q_elu = γg.q_pp + γg.q_acid $\quad q_elu := \gamma g \cdot q_pp + \gamma q \cdot q_acid$

Combinação Quase-Permanente ELS: q_els = q_pp + ψ2.q_acid $\quad q_els := q_pp + \psi 2 \cdot q_acid$

Caso a) Solicitações Máximas (ELU)

	$\frac{1}{384}\frac{pL^4}{EI}$	0,5 L	$\frac{pL^4}{24EI}(-\alpha^4 + 2\alpha^3 - \alpha^2)$

$$\delta(x) := \frac{q_elu \cdot L^4}{24 \cdot E \cdot Ix} \cdot \left[-\left(\frac{x}{L}\right)^4 + 2 \cdot \left(\frac{x}{L}\right)^3 - \left(\frac{x}{L}\right)^2 \right]$$

$\theta(x) := \frac{d}{dx}\delta(x)$ ===> $\theta(x) := \frac{q_elu \cdot L^4}{24 \cdot E \cdot Ix} \cdot \left[-4 \cdot \frac{x^3}{L^4} + 6 \cdot \frac{x^2}{L^3} - 2 \cdot \frac{x}{L^2} \right]$

$M(x) := E \cdot Ix \cdot \frac{d}{dx}\theta(x)$ ===> $M(x) := \frac{q_elu \cdot L^4}{24} \cdot \left[-12 \cdot \frac{x^2}{L^4} + 12 \cdot \frac{x}{L^3} - 2 \cdot \frac{1}{L^2} \right]$

$V(x) := \frac{d}{dx}M(x)$ ===> $V(x) := \frac{q_elu \cdot L^4}{24} \cdot \left[-24 \cdot \frac{x}{L^4} + 12 \cdot \frac{1}{L^3} \right]$

$M_0 := -\frac{q_elu \cdot L^2}{12}$ $\quad M_{0,5L} := \frac{q_elu \cdot L^2}{24}$ * Máximo em módulo é Mo;

$Msd := \frac{q_elu \cdot L^2}{12}$ * Momento no engaste;

$Vsd := \frac{q_elu \cdot L}{2}$ * Corante no engaste;

Verificação de Momentos Resistentes - FLA, FLM e FLT:

FLA	$f_y W$	Viga de alma esbelta (Anexo H)	$\frac{h_w}{t_w}$	$3,76\sqrt{\frac{E}{f_y}}$	$5,70\sqrt{\frac{E}{f_y}}$

$hw := d - 2 \cdot tf = 450$ mm

$\lambda_{FLA} := \frac{hw}{tw} = 71,429$

$\lambda_{pFLA} := 3,76 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} = 106,35$

$\lambda_{rFLA} := 5,70 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} = 161,22$

FLA / FLM		
Tipo de Seção	**Relação de Parâmetros**	**Expressão de Cálculo**
Compacta	$\lambda \le \lambda_p$	$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$
Semi-compacta	$\lambda_p < \lambda \le \lambda_r$	$M_{Rd} = \frac{1}{\gamma_{a1}}\left[M_{pl} - (M_{pl} - M_r)\frac{(\lambda - \lambda_p)}{(\lambda_r - \lambda_p)}\right] \le \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$
Esbelta	$\lambda_r < \lambda$	$M_{Rd} = \frac{M_{cr}}{\gamma_{a1}}$ Não aplicável à FLA (vide anexo H)

$Mpl := Zx \cdot fy = 309,73$ kN m

$My := Wx \cdot fy = 276,04$ kN m

$Tipo_de_Alma_Flex :=$ if $\lambda_{FLA} \le \lambda_{pFLA}$ = "Compacta"
"Compacta"
else
if $\lambda_{FLA} \le \lambda_{rFLA}$
"Semicompacta"
else
"Esbelta"

$Mrd_FLA :=$ if $\lambda_{FLA} \le \lambda_{pFLA}$ $= 281,58$ kN m

$\frac{Mpl}{\gamma a1}$

else

$\frac{1}{\gamma a1} \cdot \left(Mpl - (Mpl - My) \cdot \frac{(\lambda_{FLA} - \lambda_{pFLA})}{(\lambda_{rFLA} - \lambda_{pFLA})} \right)$

FLM	$(f_y - \sigma_r)W$ Ver Nota 5	Ver Nota 6	b/t ver Nota 8	$0,38\sqrt{\frac{E}{f_y}}$	Ver Nota 6

$\lambda_{FLM} := \frac{0,5 \cdot bf}{tf} = 10$

$\lambda_{pFLM} := 0,38 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} = 10,748$

$kc_calc := \frac{4}{\sqrt{\frac{hw}{tw}}} = 0,4733$

$kc :=$ if $kc_calc > 0,76$ $= 0,4733$
0,76
else
if $kc_calc < 0,35$
0,35
else
kc_calc

FLA / FLM		
Tipo de Seção	**Relação de Parâmetros**	**Expressão de Cálculo**
Compacta	$\lambda \le \lambda_p$	$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$
Semi-compacta	$\lambda_p < \lambda \le \lambda_r$	$M_{Rd} = \frac{1}{\gamma_{a1}}\left[M_{pl} - (M_{pl} - M_r)\frac{(\lambda - \lambda_p)}{(\lambda_r - \lambda_p)}\right] \le \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$
Esbelta	$\lambda_r < \lambda$	$M_{Rd} = \frac{M_{cr}}{\gamma_{a1}}$ Não aplicável à FLA (vide anexo H)

Para perfis soldados: $M_{cr} = \frac{0,90Ek_c}{\lambda^2}W_c$, $\lambda_r = 0,95\sqrt{\frac{E}{(f_y - \sigma_r)/k_c}}$

com kc: $k_c = \frac{4}{\sqrt{h_w/t_w}}$ sendo $0,35 \le k_c \le 0,76$

$\lambda_{rFLM} := 0,95 \cdot \sqrt{\frac{E}{\frac{(fy - 0,30 \cdot fy)}{kc}}} = 22,0944$

$Mr := (fy - 0,3 \cdot fy) \cdot Wx = 19323$ kN cm

$Tipo_de_Mesa :=$ if $\lambda_{FLM} \le \lambda_{pFLM}$ = "Compacta"
"Compacta"
else
if $\lambda_{FLM} \le \lambda_{rFLM}$
"Semicompacta"
else
"Esbelta"

$Mrd_FLM :=$ if $\lambda_{FLM} \le \lambda_{pFLM}$ $= 281,58$ kN m

$\frac{Mpl}{\gamma a1}$

else
if $\lambda_{FLM} \le \lambda_{rFLM}$

$\frac{1}{\gamma a1} \cdot \left(Mpl - (Mpl - Mr) \cdot \frac{(\lambda_{FLM} - \lambda_{pFLM})}{(\lambda_{rFLM} - \lambda_{pFLM})} \right)$

else

$\frac{0,90 \cdot E \cdot kc}{\lambda_{FLM}^{\ 2} \cdot \gamma a1} \cdot Wc$

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

$I_x = \frac{b_f(2*t_f+h_w)^3}{12} - \frac{(b_f-t_w)h_w^3}{12}$ $I_y = 2\frac{t_f b_f^3}{12} + \frac{h_w t_w^3}{12}$ $W_x = \frac{I_x}{0{,}5d}$ $W_y = \frac{I_y}{0{,}5b_f}$ $Z_x = 2\left(b_f t_f\left(\frac{h_w}{2}+\frac{t_f}{2}\right)+\frac{h_w^2}{8}t_w\right)$ $M_{pl} = Z_x f_y$

Nota 1 :

$\lambda_r = \frac{1{,}38\sqrt{I_y J}}{r_y J \beta_1}\sqrt{1+\sqrt{1+\frac{27C_w\beta_1^2}{I_y}}}$ $M_{cr} = \frac{C_b\pi^2 E I_y}{L_b^2}\sqrt{\frac{C_w}{I_y}\left(1+0{,}039\frac{JL_b^2}{C_w}\right)}$ $\beta_1 = \frac{(f_y-\sigma_r)W_x}{E\,J}$ $C_w = \frac{I_y(d-t_f)^2}{4}$ $J = \frac{1}{3}(2b_f t_f^3 + h_w t_w^3)$

$ry = 4{,}4183\ \text{cm}$

$Lb := L = 800\ \text{cm}$

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	$\lambda_r < \lambda$	$M_{Rd} = \frac{M_{cr}}{\gamma_{a1}} \le \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$

$\lambda_{VIGA} := \frac{Lb}{ry} = 181{,}0661$

$\lambda_{pFLT} := 1{,}76\cdot\sqrt{\frac{E}{fy}} = 49{,}7803$

$\lambda_{rFLT} := \frac{1{,}38\cdot\sqrt{Iy\cdot J}}{ry\cdot J\cdot\beta 1}\cdot\sqrt{1+\sqrt{1+\frac{27\cdot Cw\cdot\beta 1^2}{Iy}}} = 136{,}5996$

$Tipo_de_Viga :=$ if $\lambda_{VIGA} \le \lambda_{pFLT}$ = "Esbelta"
"Curta"
else
if $\lambda_{VIGA} \le \lambda_{rFLT}$
"Intermediária"
else
"Esbelta"

Cálculo do Fator Cb (assumindo carga "q" como sendo unitária dado que o fator é determinado apenas pela forma do diagrama não importando a escala do mesmo) :

$q := 1\ \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ $RVa := q\cdot\frac{L}{2}$ $MRa := -\frac{q\cdot L^2}{12}$ $M(x) := MRa + RVa\cdot x - \frac{q\cdot x^2}{2}$

$Ma := |M(0{,}25\cdot Lb)| = 0{,}6667\ \text{kN m}$ $Mb := |M(0{,}50\cdot Lb)| = 2{,}6667\ \text{kN m}$

$Mc := |M(0{,}75\cdot Lb)| = 0{,}6667\ \text{kN m}$ $M_max := Mb = 2{,}6667\ \text{kN m}$

$Cb := \min\left(\left[\frac{12{,}5\cdot M_max}{2{,}5\cdot M_max + 3\cdot Ma + 4\cdot Mb + 3\cdot Mc}\ 3\right]\right) = 1{,}5625$

$Mrd_FLT :=$ if $\lambda_{VIGA} \le \lambda_{pFLT}$ $= 170{,}2824\ \text{kN m}$
$\frac{Mpl}{\gamma a1}$
else
if $\lambda_{VIGA} \le \lambda_{rFLT}$
$\min\left(\left[\frac{Cb}{\gamma a1}\cdot\left(Mpl - (Mpl-Mr)\cdot\frac{(\lambda_{VIGA}-\lambda_{pFLT})}{(\lambda_{rFLT}-\lambda_{pFLT})}\right)\ \frac{Mpl}{\gamma a1}\right]\right)$
else
$\min\left(\left[\frac{Cb\cdot\pi^2\cdot E\cdot Iy}{Lb^2\cdot\gamma a1}\cdot\sqrt{\frac{Cw}{Iy}\cdot\left(1+\frac{0{,}039\cdot J\cdot Lb^2}{Cw}\right)}\ \frac{Mpl}{\gamma a1}\right]\right)$

$Mrd := \min([\ Mrd_FLA\ \ Mrd_FLM\ \ Mrd_FLT\ ]) = 170,2824\ kN\ m$

Cortante Resistente:

Tipo de Alma	Relação de Parâmetros	Expressão de Cálculo
Compacta	$\lambda \le \lambda_p$	$V_{Rd} = \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}}$
Semi-compacta	$\lambda_p < \lambda \le \lambda_r$	$V_{Rd} = \frac{\lambda_p V_{pl}}{\lambda\, \gamma_{a1}}$
Esbelta	$\lambda_r < \lambda$	$V_{Rd} = 1,24\left(\frac{\lambda_p}{\lambda}\right)^2 \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}}$

$V_{pl} = 0,60 A_w f_y = 0,60 d t_w f_y$

$\lambda = \frac{h_w}{t_w}$ $\lambda_p = 1,10\sqrt{\frac{k_v E}{f_y}}$ $\lambda_p = 1,37\sqrt{\frac{k_v E}{f_y}}$

k_v igual a 5,0 para almas sem enrijecedores transversais, para $\frac{a}{h_w} > 3$ ou para $\frac{a}{h_w} > \left[\frac{260}{h_w/t_w}\right]^2$ e $5 + \frac{5}{(a/h_w)^2}$ para os demais casos.

$Aw := d \cdot tw = 29,61\ cm^2$ $Vpl := 0,60 \cdot Aw \cdot fy = 444,15\ kN$ $kv := 5,0$

$\lambda_{CIS} := \frac{hw}{tw} = 71,4286$ $\lambda_{pCIS} := 1,10 \cdot \sqrt{\frac{kv \cdot E}{fy}} = 69,5701$ $\lambda_{rCIS} := 1,37 \cdot \sqrt{\frac{kv \cdot E}{fy}} = 86,6464$

$Tipo_de_Alma_CIS :=$ if $\lambda_{CIS} \le \lambda_{pCIS}$ = "Semicompacta"
"Compacta"
else
if $\lambda_{CIS} \le \lambda_{rCIS}$
"Semicompacta"
else
"Esbelta"

$Vrd :=$ if $\lambda_{CIS} \le \lambda_{pCIS} = 393,2672\ kN$
$\frac{Vpl}{\gamma a1}$
else
if $\lambda_{CIS} \le \lambda_{rCIS}$
$\frac{\lambda_{pCIS} \cdot Vpl}{\lambda_{CIS} \cdot \gamma a1}$
else
$1,24 \cdot \left(\frac{\lambda_{pCIS}}{\lambda_{CIS}}\right)^2 \cdot \frac{Vpl}{\gamma a1}$

Máximas cargas possíveis:

Para verificação de momentos fletores: Msd = Mrd

$Msd := \frac{(\gamma g \cdot q_pp + \gamma q \cdot q_acid) \cdot L^2}{12}$ = Mrd

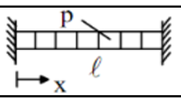
$q_acid_{Mrd} := \frac{1}{\gamma q} \cdot \left(\frac{12 \cdot Mrd}{L^2} - \gamma g \cdot q_pp\right) = 22,2691\ \frac{kN}{m}$

Para verificação de cortantes: Vsd = Vrd

$Vsd := \frac{(\gamma g \cdot q_pp + \gamma q \cdot q_acid) \cdot L}{2}$ = Vrd

$q_acid_{Vrd} := \frac{1}{\gamma q} \cdot \left(\frac{2 \cdot Vrd}{L} - \gamma g \cdot q_pp\right) = 69,690\ \frac{kN}{m}$

Para verificação de flechas: δcalc = δlim

	$\frac{1}{384}\frac{pL^4}{EI}$	0,5 L	$\frac{pL^4}{24EI}(-\alpha^4+2\alpha^3-\alpha^2)$

$\delta_{calc} := \frac{1\cdot(q_pp+\psi2\cdot q_acid)\cdot L^4}{384\cdot E\cdot Ix}$ $\quad$ $\delta lim := \frac{L}{350}$

$q_acid_{\delta} := \frac{1}{\psi2}\cdot\left(\frac{L\cdot 384\cdot E\cdot Ix}{1\cdot L^4\cdot 350}-q_pp\right) = 368,89\ \frac{kN}{m}$

$q_acid := \min\left(\left[\ q_acid_{Mrd}\ \ q_acid_{Vrd}\ \ q_acid_{\delta}\ \right]\right) = 22,2691\ \frac{kN}{m}$

Q01 - Qual o momento fletor resistente FLA do perfil adotado? [em kNm]
Q02 - Qual o momento fletor resistente FLM do perfil adotado? [em kNm]
Q03 - Qual o momento fletor resistente FLT da viga? [em kNm]
Q04 - Qual o esforço cortante resistente da viga? [em kN]
Q05 - Qual a máxima carga acidental em valor característico possível de ser aplicada de modo que a verificação de deslocamentos máximos ainda seja atendida? [em kN/m]
Q06 - Qual a máxima carga acidental em valor característico possível de ser aplicada de modo que a verificação de esforços cortantes ainda seja atendida? [em kN/m]
Q07 - Qual a máxima carga acidental em valor característico possível de ser aplicada de modo que as verificações de momentos fletores FLA, FLM e FLT sejam todas atendidas ? [em kN/m]
Q08 - Qual o valor do fator Cb para a viga em questão? [adim.]

$Q01 := Mrd_FLA = 281,58\ kN\ m$

$Q02 := Mrd_FLM = 281,58\ kN\ m$

$Q03 := Mrd_FLT = 170,28\ kN\ m$

$Q04 := Vrd = 393,27\ kN$

$Q05 := q_acid_{\delta} = 368,89\ \frac{kN}{m}$

$Q06 := q_acid_{Vrd} = 69,690\ \frac{kN}{m}$

$Q07 := q_acid_{Mrd} = 22,269\ \frac{kN}{m}$

$Q08 := Cb = 1,5625$
