SE1_E08-01

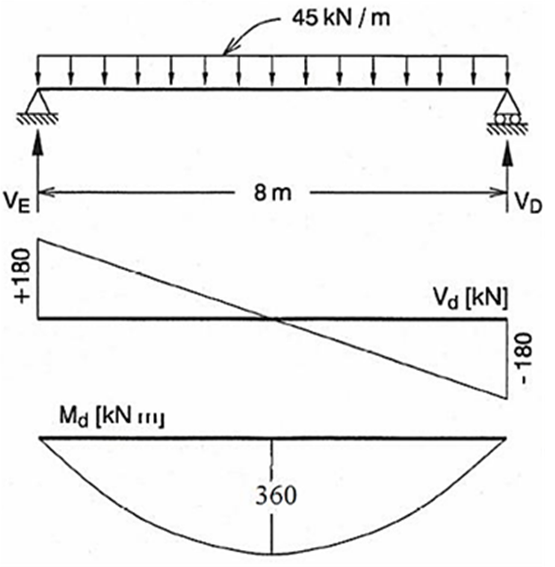
- Verificar a viga de piso constituída de um perfil VS 550 x 88 em aço MR 250 da figura ao lado;

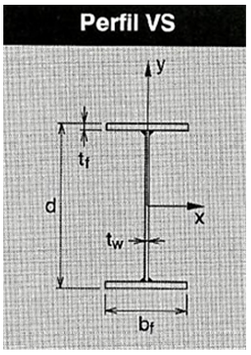
- Apenas os apoios são travados lateralmente;

- A carga majorada é toda permanente tendo sido utilizado coeficiente de majoração de cargas Yg = 1,4;

- Flexão em torno do eixo perpendicular à alma e combinação normal de ações normais para ELU e quase-permanente para ELS;

- Realizar todas as verificações necessárias.





VS	d [mm]	b_f [mm]	t_f [mm]	t_w [mm]
400 × 49	400	200	9,5	6,3
450 × 51	450	200	9,5	6,3
500 × 61	500	250	9,5	6,3
550 × 64	550	250	9,5	6,3
550 × 75			12,5	
550 × 88			16,0	

$d := 550\ mm$ $\quad fy := 250\ MPa$

$bf := 250\ mm$ $\quad E := 200\ GPa$

$tf := 16\ mm$

$tw := 6,3\ mm$

$L := 8\ m$

VS	A [cm^2]	I_x [cm^4]	W_x [cm^3]	r_x [cm]	Z_x [cm^3]	I_y [cm^4]	W_y [cm^3]	r_y [cm]	Z_y [cm^3]	I_t [cm^4]	C_w [cm^6]
400 × 49	62,0	17390	870	16,7	971	1270	127	4,52	194	14,7	482900
450 × 51	65,2	22640	1010	18,6	1130	1270	127	4,41	194	15,0	614500
500 × 61	77,8	34420	1380	21,0	1530	2470	198	5,64	302	18,3	1488000
550 × 64	81,0	42560	1550	22,9	1730	2480	198	5,53	302	18,7	1807000
550 × 75	95,6	52750	1920	23,5	2110	3260	261	5,84	396	36,9	2351000
550 × 88	113	64350	2340	23,9	2560	4170	333	6,08	505	72,6	2970000

$Ag := 113\ cm^2$ $\quad Ix := 64350\ cm^4$ $\quad Wx := 2340\ cm^3$ $\quad rx := 23,9\ cm$ $\quad Zx := 2560\ cm^3$

$Iy := 4170\ cm^4$ $\quad Wy := 333\ cm^3$ $\quad ry := 6,08\ cm$ $\quad Zy := 505\ cm^3$

$J := 72,6\ cm^4$ $\quad Cw := 2970000\ cm^6$

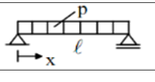
Combinações de Ações:

Combinação Normal ELU: $qelu := 45\ \frac{kN}{m}$ $\quad \gamma g := 1,4$

Combinação Quase-Permamente ELS: $qels := \frac{qelu}{\gamma g} = 32,143\ \frac{kN}{m}$

Solicitações Máximas (ELU) e Flecha Calculada (ELS)

$Msd := 360\ kN\ m$ $\quad Vsd := 180\ kN$

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

$\delta calc := \frac{5}{384} \cdot \frac{qels \cdot L^4}{E \cdot Ix} = 1,332\ cm$

Verificação de Momentos Resistentes - FLA e FLM:

Tipo de Seção e Eixo de Flexão	Estados Limites	M_r	M_{cr}	λ	λ_p	λ_r
Seções I e H com dois eixos de simetria e seções U não sujeitas a momento de torção, fletidas em relação ao eixo de maior momento de inércia	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
	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
	FLA	f_yW	Viga de alma esbelta (Anexo H)	$\frac{h_w}{t_w}$	$3{,}76\sqrt{\frac{E}{f_y}}$	$5{,}70\sqrt{\frac{E}{f_y}}$

$hw := d - 2 \cdot tf = 518\ mm$ $\quad ya1 := 1{,}1$ $\quad Mpl := Zx \cdot fy = 640\ kN\ m$

Para FLA:

$\lambda_{ALMA} := \frac{hw}{tw} = 82{,}2222$ $<$ $\lambda_{pFLA} := 3{,}76 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} = 106{,}35$ Conclusão : ALMA COMPACTA para Flexão

$Mrd_FLA := \frac{Mpl}{ya1} = 581{,}82\ kN\ m$ $>$ $Msd = 360{,}00\ kN\ m$ OK!!! Verifica!

Para FLM:

$\lambda_{MESA} := \frac{0{,}5 \cdot bf}{tf} = 7{,}8125$ $<$ $\lambda_{pFLM} := 0{,}38 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} = 10{,}748$ Conclusão : MESA COMPACTA para Flexão

$Mrd_FLM := \frac{Mpl}{ya1} = 581{,}82\ kN\ m$ $>$ $Msd = 360{,}00\ kN\ m$ OK!!! Verifica!

Verificação de Esforços Cortantes:

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	$\lambda_r < \lambda$	$V_{Rd} = 1{,}24\left(\frac{\lambda_p}{\lambda}\right)^2 \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}}$

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

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

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

$Vpl := 0{,}60 \cdot d \cdot tw \cdot fy = 519{,}75\ kN$ $\quad kv := 5{,}0$

$\lambda_{pCIS} := 1{,}10 \cdot \sqrt{\frac{kv \cdot E}{fy}} = 69{,}570$

$\lambda_{CIS} := \frac{hw}{tw} = 82{,}2222$ Conclusão : ALMA SEMICOMPACTA para Cisalhamento

$\lambda_{rCIS} := 1{,}37 \cdot \sqrt{\frac{kv \cdot E}{fy}} = 86{,}646$

$Vrd := \frac{\lambda_{pCIS} \cdot Vpl}{\lambda_{CIS} \cdot ya1} = 399{,}79\ kN$ $>$ $Vsd = 180\ kN$ OK!!! Verifica!

Verificação de Flecha (ELS):

Considerando a viga como sendo viga de piso:

$\delta limite := \frac{L}{350} = 2{,}2857\ cm$ $>$ $\delta calc = 1{,}332\ cm$ OK!!! Verifica!

Verificação FLT para contenção lateral somente nas extremidades:

Comprimento destravado: $Lb := L = 8\ m$

$\lambda_{VIGA} := \frac{Lb}{ry} = 131,5789$

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

Tipo de Seção e Eixo de Flexão	Estados Limites	M_r	M_{cr}	λ	λ_p	λ_r
Seções I e H com dois eixos de simetria e seções U não sujeitas a momento de torção, fletidas em relação ao eixo de maior momento de inércia	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
	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
	FLA	$f_y W$	Viga de alma esbelta (Anexo H)	$\frac{h_w}{t_w}$	$3,76\sqrt{\frac{E}{f_y}}$	$5,70\sqrt{\frac{E}{f_y}}$

Nota 1 :

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

$J = 72,6\ cm^4$ $\quad Cw = 2,9700000 \cdot 10^6\ cm^6$

$J := \frac{1}{3}\cdot\left(2 \cdot bf \cdot tf^3 + hw \cdot tw^3\right) = 72,584\ cm^4$

$Cw := \frac{Iy \cdot (d - tf)^2}{4} = 2,9728 \cdot 10^6\ cm^6$

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

$\beta 1 := \frac{0,7 \cdot fy \cdot Wx}{E \cdot J} = 0,0282\ \frac{1}{cm}$

$\lambda_{rFLT} := \frac{1,38 \cdot \sqrt{Iy \cdot J}}{ry \cdot J \cdot \beta 1} \cdot \sqrt{1+\sqrt{1+\frac{27 \cdot Cw \cdot \beta 1^2}{Iy}}} = 136,91$ Conclusão : VIGA INTERMEDIÁRIA para FLT;

Cálculo do Fator Cb:

$Med(x) := Vsd \cdot x - \frac{qelu \cdot x^2}{2}$

$Mmax := Msd = 360\ kN\ m$

$Ma := \left|Med\left(1 \cdot \frac{L}{4}\right)\right| = 270\ kN\ m$

$Mb := \left|Med\left(2 \cdot \frac{L}{4}\right)\right| = 360\ kN\ m$

$Mc := \left|Med\left(3 \cdot \frac{L}{4}\right)\right| = 270\ kN\ m$

$Cb := \min\left(\left[\frac{12,5 \cdot Mmax}{2,5 \cdot Mmax + 3 \cdot Ma + 4 \cdot Mb + 3 \cdot Mc}\ \ 3\right]\right) = 1,1364$ * Cb é sempre >= 1 e <= 3;

$Mr := 0,7 \cdot fy \cdot Wx = 409,50\ kN\ m$

$Mrd_FLT_calc := \frac{Cb}{\gamma a1} \cdot \left(Mpl - (Mpl - Mr) \cdot \frac{(\lambda_{VIGA} - \lambda_{pFLT})}{(\lambda_{rFLT} - \lambda_{pFLT})}\right) = 437,60\ kN\ m$

$\frac{Mpl}{\gamma a1} = 581,8182\ kN\ m$

$Mrd_FLT := \min\left(\left[Mrd_FLT_calc \ \frac{Mpl}{\gamma a1} \right]\right) = 437,60 \text{ kN m} \quad > Msd = 360,00 \text{ kN m}$ OK! Verifica!
