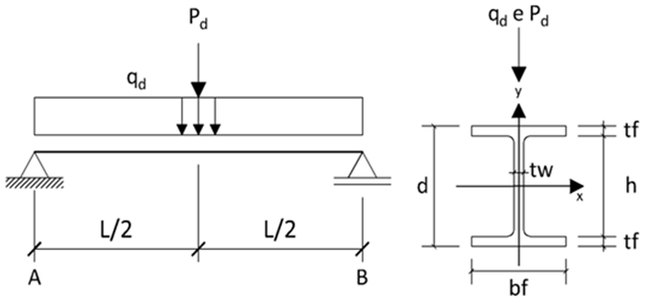
AM1_E07-05

A viga indicada no esquema estrutural ao lado será construída usando um perfil I soldado em aço MR250 com alma e mesas feitas em chapas de mesma espessura de valor 10,0 mm, largura da mesa bf = 200 mm, e altura da alma h = 500 mm.



Determinar qual é a máxima carga distribuída qd (em valor de cálculo e em kN/m) que pode ser aplicada de modo que a viga atenda as verificações de momentos fletores FLA / FLM, de esforços cortantes e de deslocamentos máximos.

- carga concentrada em valor de cálculo Pd = 150 kN;
- vão L = 5,0 m;
- viga de piso (Pd não é uma carga de pilar);
- As cargas aplicadas são todas permanentes majoradas com Yg = 1,4;

$L := 5,0\ m$ $tw := 10\ mm$ $tf := 10\ mm$ $bf := 200\ mm$ $hw := 500\ mm$

$fy := 25\ \frac{kN}{cm^2}$ $E := 200\ GPa$ $\gamma g := 1,4$ $\gamma a1 := 1,1$ $Pd := 150\ kN$

Combinações de Ações:

Combinação Normal ELU:	S_elu = γg.q_k (+) Pd	q_elu = γg.q_k	$P_elu := Pd = 150,00\ kN$
Combinação Frequente ELS:	S_els = q_k (+) Pd/γg	q_els = q_k	$P_els := \frac{Pd}{\gamma g} = 107,14\ kN$

Solicitações Máximas (ELU):

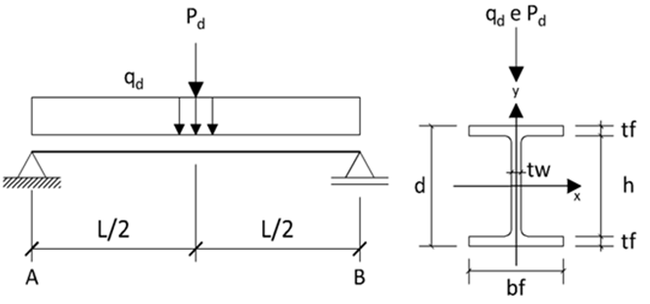
M_q = q.L^2/ 8

M_P = P.a.b / L = P . (L/2) . (L/2) / L = P.L / 4

$Msd(q_k) := \frac{\gamma g \cdot q_k \cdot L^2}{8} + \frac{Pd \cdot L}{4}$

V_q = q.L / 2
V_P = P / 2

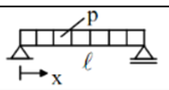
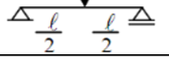
$Vsd(q_k) := \frac{\gamma g \cdot q_k \cdot L}{2} + \frac{Pd}{2}$



Flecha Calculada (ELS):

$d := hw + 2 \cdot tf = 52\ cm$

$Ix := \frac{bf \cdot d^3}{12} - \frac{(bf - tw) \cdot hw^3}{12} = 36430\ cm^4$

	$\frac{5}{384}\frac{pL^4}{EI}$	0,5 L
	$\frac{1}{48}\frac{PL^3}{EI}$	0,5 L

$\delta_q(q_k) := \frac{5 \cdot q_k \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot Ix}$ $\delta_P := \frac{P_els \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot Ix} = 0,38295\ cm$

$\delta_calc(q_k) := \delta_q(q_k) + \delta_P$

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

Para FLA:

$\lambda_{ALMA} := \frac{hw}{tw} = 50{,}000 \quad < \quad \lambda_{pFLA} := 3{,}76 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} = 106{,}35$ Conclusão : ALMA COMPACTA para Flexão

$Zx := 2 \cdot \left(bf \cdot tf \cdot \left(\frac{tf}{2} + \frac{hw}{2} \right) + \left(\frac{hw}{2} \cdot tw \right) \cdot \frac{hw}{4} \right) = 1645{,}0 \text{ cm}^3$

$Mpl := Zx \cdot fy = 411{,}25 \text{ kN m}$

$Mrd_FLA := \frac{Mpl}{\gamma a1} = 373{,}86 \text{ kN m}$

Para FLM:

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

$Mrd_FLM := \frac{Mpl}{\gamma a1} = 373{,}86 \text{ kN m}$

$Mrd := \min\left(\left[Mrd_FLA \; Mrd_FLM \right] \right) = 373{,}86 \text{ kN m}$

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

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

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

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.

$Aw := d \cdot tw = 52 \text{ cm}^2 \qquad Vpl := 0{,}60 \cdot Aw \cdot fy = 780 \text{ kN} \qquad kv := 5{,}0$

$\lambda_{CIS} := \frac{hw}{tw} = 50 \quad < \quad \lambda_{pCIS} := 1{,}10 \cdot \sqrt{\frac{kv \cdot E}{fy}} = 69{,}5701$ Conclusão : ALMA COMPACTA para Cisalhamento

$Vrd := \frac{Vpl}{\gamma a1} = 709{,}0909 \text{ kN}$

Igualando Solicitações e Resistências

Para Momentos Fletores:

Msd = Mrd

$Msd(q_k) := \frac{\gamma g \cdot q_k \cdot L^2}{8} + \frac{Pd \cdot L}{4} \qquad Mrd := \min\left(\left[Mrd_FLA \; Mrd_FLM \right] \right) = 373{,}8636 \text{ kN m}$

$q_k_mom := \left(Mrd - \frac{Pd \cdot L}{4} \right) \cdot \left(\frac{8}{\gamma g \cdot L^2} \right) = 42{,}597 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Para Cortantes:

Vsd = Vrd

$Vsd(q_k) := \frac{\gamma g \cdot q_k \cdot L}{2} + \frac{Pd}{2} \qquad Vrd := \frac{Vpl}{\gamma a1} = 709{,}0909 \text{ kN}$

$q_k_cor := \left(Vrd - \frac{Pd}{2} \right) \cdot \left(\frac{2}{\gamma g \cdot L} \right) = 181{,}17 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Verificação de Deslocamentos Máximos:

$$\delta_limite := \frac{L}{350} = 1,4286\ \text{cm}$$

$$\delta_calc(q_k) := \delta_q(q_k) + \delta_P$$

δ_calc = δ_limite

$$\delta_q(q_k) := \frac{5 \cdot q_k \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot Ix} \quad + \quad \delta_P := \frac{P_els \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot Ix} = 0,383\ \text{cm} \quad = \quad \delta_limite := \frac{L}{350} = 1,4286\ \text{cm}$$

$$q_k_flecha := \left(\delta_limite - \delta_P\right) \cdot \left(\frac{384 \cdot E \cdot Ix}{5 \cdot L^4}\right) = 93,615\ \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Resposta:

$$q_elu_max := \min\left(\left[\ q_k_mom\ \ q_k_cor\ \ q_k_flecha\ \right]\right) \cdot \gamma g = 59,636\ \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$