

ESTRUTURAS DE AÇO – DIMENSIONAMENTO DAS LIGAÇÕES

Exemplo 3

- Verificação “local” da resistência na largura “efectiva” do gousset (modelo de Whitmore)

$$b_{eff} = p_2 + 2(n_b - 1) \cdot p_1 \cdot \tan(30^\circ) = 0 + 2 \times (3 - 1) \times 80 \times \tan(30^\circ) = 184,8 \text{ mm}$$

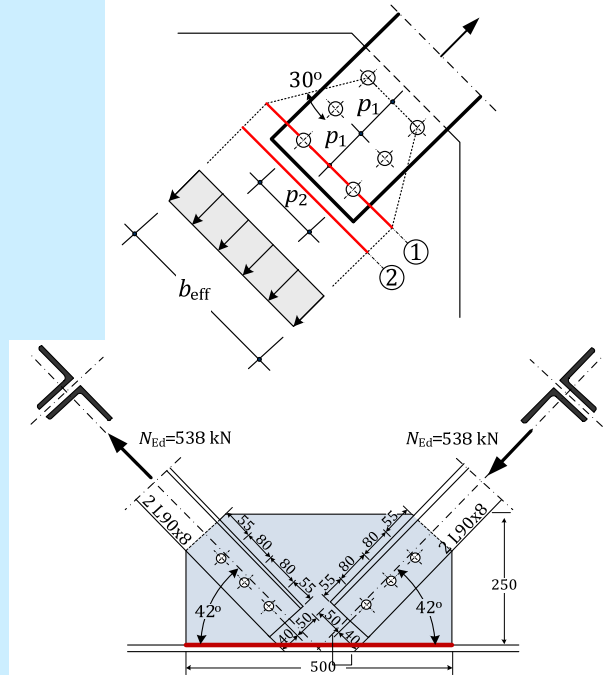
$$\text{Secção 1 - } A_{net} = (b_{eff} - d_0) \cdot t_g = (184,8 - 22) \times 12 = 1953 \text{ mm}^2$$

$$\text{Secção 2 - } A = b_{eff} \cdot t_g = 184,8 \times 12 = 2217 \text{ mm}^2$$

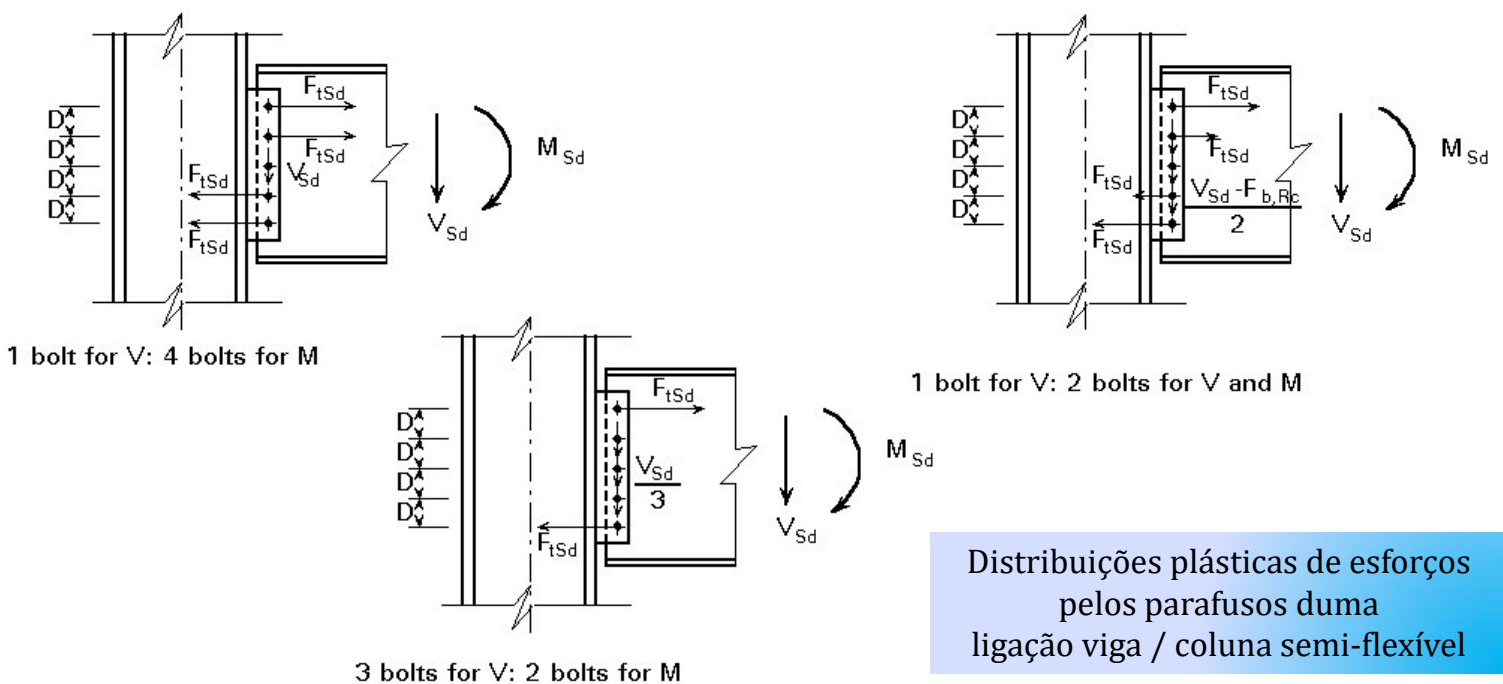
$$N_{t,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 787 \text{ kN} \\ N_{u,Rd} = 0,9 \frac{A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 661 \text{ kN} \end{array} \right\} = 661 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 538 \text{ kN} \checkmark$$

- Dimensionamento dos cordões de soldadura da chapa de gousset na corda, comprimento $l_w = 2 \times 500 \text{ mm}$; espessura $a = 4 \text{ mm}$

$$F_{w,Ed} = 2 \times 538 \times \cos(42^\circ) = 800 \text{ kN} \leq 96,5 \times \frac{2 \times 500}{100} = 965 \text{ kN} \checkmark$$



ESTRUTURAS DE AÇO – DIMENSIONAMENTO DAS LIGAÇÕES



Distribuições plásticas de esforços pelos parafusos numa ligação viga / coluna semi-flexível

ESTRUTURAS DE AÇO – DIMENSIONAMENTO DAS LIGAÇÕES

Exemplo 4

$$V_{Ed} = 350 \text{ kN} ; M_{Ed} = 12,75 \text{ kN m}$$

Perfis e chapas de gusset – aço S355

• Dimensionamento dos parafusos

Pré-dimensionamento: 4 M20 cl.8.8 $\rightarrow F_{Ed} = 350 \text{ kN} < 4 \times 94,10 = 376,4 \text{ kN}$

Para pormenorização compacta $\rightarrow e_1 = 40 \text{ mm}; e_2 = 30 \text{ mm}; p_1 = (350 - 2e_1)/3 = 90 \text{ mm} > p_{1,min} = 57 \text{ mm}$

Assumindo uma distribuição elástica de esforços – parafusos A e B a funcionar para V_{Ed} e M_{Ed} – obtém-se por equilíbrio:

$$V_{Ed} = V_{A,Ed} \times 2 + V_{B,Ed} \times 2 \rightarrow V_{A,Ed} = 87,50 \text{ kN}; V_{B,Ed} = 87,50 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = H_{A,Ed} \times 0,27 + H_{B,Ed} \times 0,09 \rightarrow H_{A,Ed} = 42,50 \text{ kN}; H_{B,Ed} = 14,17 \text{ kN}$$

Donde

$$F_{A,Ed} = 97,28 \text{ kN} > F_{V,Rd} = 94,10 \text{ kN} \times ; V_{B,Ed} = 88,64 \text{ kN} \leq F_{V,Rd} = 94,10 \text{ kN} \checkmark$$

Assumindo uma distribuição plástica de esforços – parafusos B a funcionar apenas para V_{Ed} e

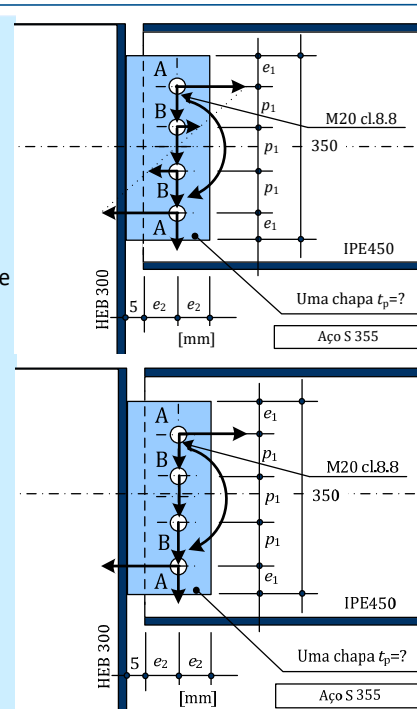
A a funcionar para V_{Ed} e M_{Ed} – obtém-se por equilíbrio:

$$V_{Ed} = V_{A,Ed} \times 2 + 94,1 \times 2 \rightarrow V_{A,Ed} = 80,90 \text{ kN}; V_{B,Ed} = 94,10 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = H_{A,Ed} \times 0,27 \rightarrow H_{A,Ed} = 47,20 \text{ kN}; H_{B,Ed} = 0 \text{ kN}$$

Donde

$$F_{A,Ed} = 93,70 \text{ kN} \leq F_{V,Rd} = 94,10 \text{ kN} \checkmark ; V_{B,Ed} = 94,10 \text{ kN} \leq F_{V,Rd} = 94,10 \text{ kN} \checkmark$$



ESTRUTURAS DE AÇO – DIMENSIONAMENTO DAS LIGAÇÕES

Exemplo 4

$$V_{Ed} = 350 \text{ kN} ; M_{Ed} = 12,75 \text{ kN m}$$

(Perfis e chapas de ligação – aço S355)

• Dimensionamento da chapa de ligação

Pré-dimensionamento da espessura:

$$A_{v,IPE450} \cong 450 \times 9,4 = 350 \cdot t_p \rightarrow t_p = 12 \text{ mm}$$

Rotura do bloco:

$$V_{eff,Rd} = 0,5 \times \left(30 - \frac{22}{2}\right) \cdot t_p \cdot \frac{0,470}{1,25} +$$

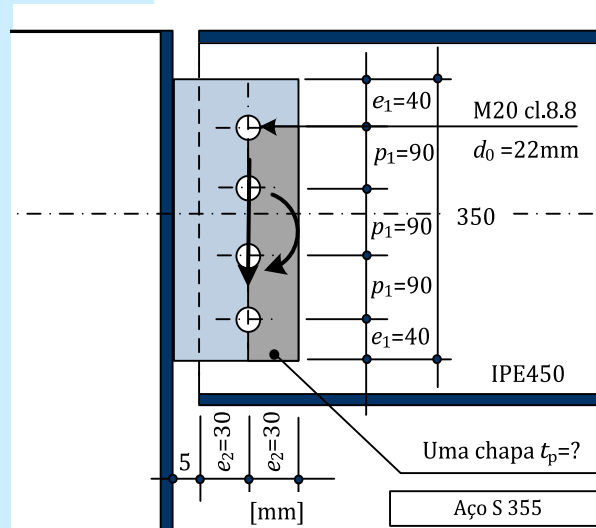
$$(40 + 3 \times 90 - 3,5 \times 22) \cdot t_p \cdot \frac{0,355/\sqrt{3}}{1,0} = 616 \text{ kN} \geq V_{B,Ed} = 350 \text{ kN} \checkmark$$

Rotura pela secção vertical entre furos:

$$V_{eff,Rd} = (2 \times 40 + 3 \times 90 - 4 \times 22) \cdot t_p \cdot \frac{0,355/\sqrt{3}}{1,0} = 644,4 \text{ kN} \geq V_{B,Ed} = 350 \text{ kN} \checkmark$$

Rotura por esmagamento da chapa:

$$V_{b,Rd} = (4 \times 96,5) \cdot \frac{t_p}{10} = 463,2 \text{ kN} \geq V_{B,Ed} = 350 \text{ kN} \checkmark$$

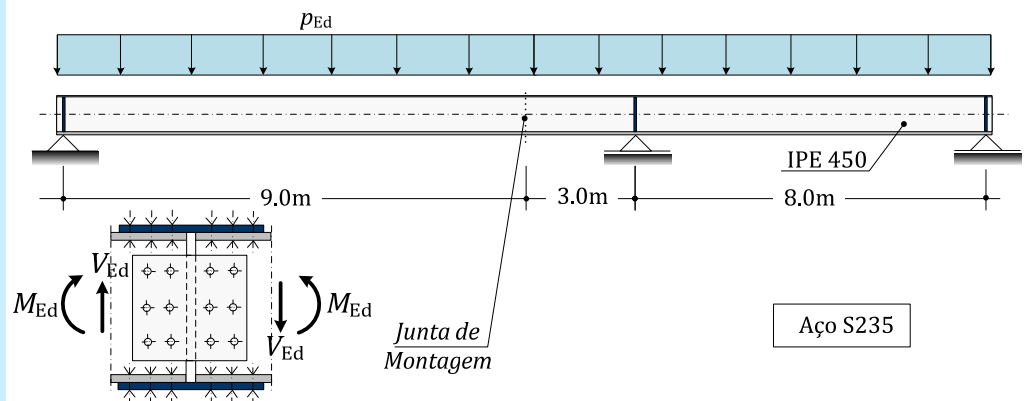


ESTRUTURAS DE AÇO – DIMENSIONAMENTO DAS LIGAÇÕES

Exemplo 5

Viga contínua IPE450 em S235 com junta de montagem aparafusada utilizando parafusos cl.8.8.

- Dimensionar a ligação dos banzos para uma força igual à resistência dos banzos à tracção.
- Dimensionar a ligação das almas para uma força igual à resistência da alma ao esforço transversal.
- Verificar se, para a carga de serviço $p_{serviço} = 20 \text{ kN/m}$, é assegurado o não escorregamento da ligação da categoria B.



- Esforços de dimensionamento em ELU da ligação aparafusada ao corte
 - Banzos $V_{Ed,1} = A_{Banzo} \cdot f_y = 190 \times 14,6 \times 0,235 = 652 \text{ kN}$
 - Alma $V_{Ed,2} = A_{Alma} \cdot f_y = (450 - 2 \times 14,6) \times 9,4 \times 0,235/\sqrt{3} = 537 \text{ kN}$

ESTRUTURAS DE AÇO – DIMENSIONAMENTO DAS LIGAÇÕES

Exemplo 5

- Parafusos dos banzos ao corte simples
 - 6 M20 cl.8.8 $V_{Rd,1} = 6 \times 94,1 = 565 \text{ kN} < V_{Ed,1} \times$
 - 6 M24 cl.8.8 $V_{Rd,1} = 6 \times 135,6 = 814 \text{ kN} \geq V_{Ed,1} \checkmark$

- Dimensionamento da chapa de cobre-junta dos banzos

Pré-dimensionamento da espessura da chapa

$$N_{Rd,chapa} = \min \{ N_{pl,Rd}; N_{u,Rd} \} \cong 652 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rd} = t_p \cdot 0,190 \cdot 235 = 652 \text{ kN} \rightarrow t_p = 15 \text{ mm}$$

$$N_{u,Rd} = t_p \cdot (0,190 - 2 \times 0,026) \times 0,9 \times \frac{360}{1,25} = 652 \text{ kN} \rightarrow t_p = 18,2 \text{ mm}$$

Adoptar: $t_p = 18 \text{ mm}$

Distâncias e espaçamentos entre parafusos na chapa

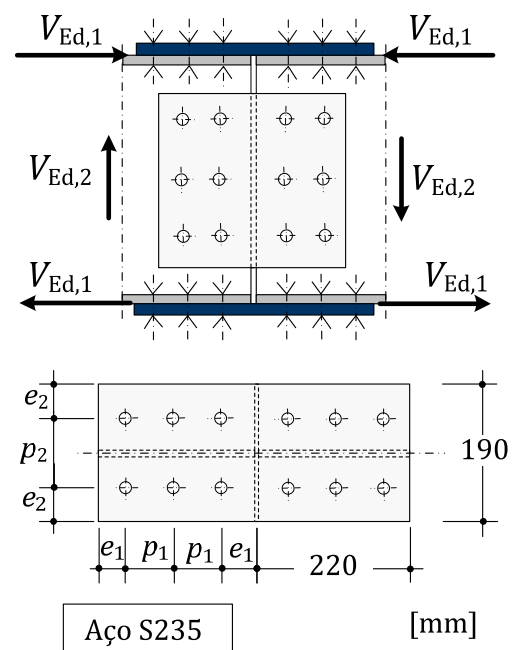
Adoptar pormenorização compacta para reduzir o comprimento da chapa

Tabela de perfis: $p_2 = 100 \text{ mm} > p_{2,min} = 70 \text{ mm}$

Distância: $e_2 = \frac{190-100}{2} = 45 \text{ mm} > e_{2,min} = 35 \text{ mm}$

Distância: $e_1 = 45 \text{ mm}$ (valor da tabela)

Espaçamento: $p_1 = 65 \text{ mm}$ (valor da tabela)



ESTRUTURAS DE AÇO – DIMENSIONAMENTO DAS LIGAÇÕES

Perfil	Gkg/m	Dimensões					A cm ²	Dimensões de Construção					A ₁ m ² /m	A ₂ m ² /t	I _y cm ⁴	W _{pl,y} cm ³	W _{pl,z} cm ³	i _y cm	A _{te} cm ²	I _z cm ⁴
		h mm	b mm	t _w mm	t _f mm	r mm		h ₁ mm	d mm	Ø	P _{max} mm	P _{min} mm								
IPE 80	6.0	80	46	3.8	5.2	5	7.64	69.6	59.6	-	-	-	0.328	54.69	80.1	20.0	23.22	3.24	3.57	8.49
IPE 100	8.1	100	55	4.1	5.7	7	10.32	88.6	74.6	-	-	-	0.400	49.33	171.0	34.2	39.41	4.07	5.08	15.92
IPE 120	10.4	120	64	4.4	6.3	7	13.21	107.4	93.4	-	-	-	0.475	45.82	317.8	53.0	60.73	4.90	6.31	27.67
IPE 140	12.9	140	73	4.7	6.9	7	16.43	126.2	112.2	-	-	-	0.551	42.70	541.2	77.3	88.34	5.74	7.64	44.92
IPE 360	57.1	360	170	8.0	12.7	18	72.73	334.6	298.6	M22	88	88	1.353	23.70	16,270.0	903.6	1,019.00	14.95	35.14	1,043.00
IPE 400	66.3	400	180	8.6	13.5	21	84.46	373.0	331.0	M22	96	98	1.467	22.12	23,130.0	1,156.0	1,307.00	16.55	42.69	1,318.00
IPE 450	77.6	450	190	9.4	14.6	21	98.82	420.8	378.8	M24	100	102	1.605	20.69	33,740.0	1,500.0	1,702.00	18.48	50.85	1,676.00
IPE 500	90.7	500	200	10.2	16.0	21	115.50	468.0	426.0	M24	102	112	1.744	19.23	48,200.0	1,928.0	2,194.00	20.43	59.87	2,142.00
IPE 550	106.0	550	210	11.1	17.2	24	134.40	515.6	467.6	M24	110	122	1.877	17.78	67,120.0	2,441.0	2,787.00	22.35	72.34	2,668.00
IPE 600	122.0	600	220	12.0	19.0	24	156.00	562.0	514.0	M27	116	118	2.015	16.45	92,080.0	3,069.0	3,512.00	24.30	83.78	3,387.00

