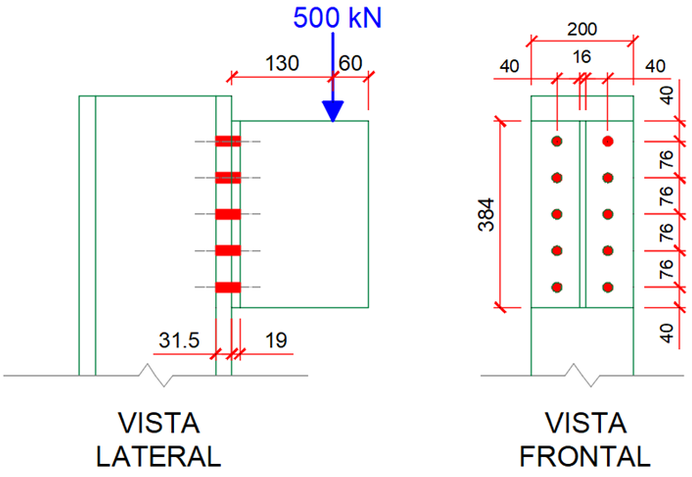
AM1_E09-04

Verificar os parafusos da ligação por contato mostrada ao lado. O esforço indicado é a solicitação de cálculo.

Dados:
- Aço ASTM A36;
- Parafusos ASTM A325 d=7/8';
- furo padrão;
- a ovalização dos furos não deve ser permitida;

Admitir que os elementos da coluna são suficientes para absorver os esforços aplicados pela ligação (desnecessário verificar os elementos de ligação).



$E := 200\ GPa$ $fy := 25\ \frac{kN}{cm^2}$ $fu := 40\ \frac{kN}{cm^2}$ $d := \frac{7}{8} \cdot 25,4\ mm = 22,225\ mm$ $fub := 825\ MPa$

$\gamma a1 := 1,1$ $\gamma a2 := 1,35$ $Fsd := 500\ kN$ $e := 130\ mm$ $a := 76\ mm$ $b := 200\ mm$

Verificação da Pega da Ligação:

p (pega) < 5.d $t_chapa_topo := 19\ mm$ $t_mesa := 31,5\ mm$

$p := t_chapa_topo + t_mesa = 50,5\ mm < 5 \cdot d = 111,1\ mm$ Ok! Verifica!

Comprimento da Ligação:

$Lc := 4 \cdot 76\ mm = 304\ mm < L_limite := 1270\ mm$ Ok! Verifica!

Corte nos Parafusos:

*Considerando uso de parafusos de rosca inteira.

$$F_{v,Rd} = \frac{0,4\ A_b\ f_{ub}}{\gamma_{a2}}$$

$Ab := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 3,8795\ cm^2$

Especificação	f_{yb} MPa	f_{ub} MPa	Diâmetro d_b	
			mm	pol
ASTM A307	-	415	-	$1/2 \le d_b \le 4$
ISO 898-1 Classe 4.6	235	400	$12 \le d_b \le 36$	-
ASTM A325 [a]	635 560	825 725	$16 \le d_b \le 24$ $24 < d_b \le 36$	$1/2 \le d_b \le 1$ $1 < d_b \le 1½$
ISO 4016 Classe 8.8	640	800	$12 \le d_b \le 36$	-
ASTM A490	895	1035	$16 \le d_b \le 36$	$1/2 \le d_b \le 1½$
ISO 4016 Classe 10.9	900	1000	$12 \le d_b \le 36$	-

[a] Disponíveis também com resistência à corrosão atmosférica comparável à dos aços AR 350 COR ou à dos aços ASTM A588.

Força resistente de corte por plano de corte nos parafusos:

$Fv_Rd_por_plano := \frac{0,4 \cdot Ab \cdot fub}{\gamma a2} = 94,83\ kN$

Planos de corte por parafuso: $n_planos := 1$

Número de parafusos: $n_paraf := 10$

Força resistente de corte total da ligação:

$VRd := n_planos \cdot n_paraf \cdot Fv_Rd_por_plano = 948,32\ kN > Vsd := Fsd = 500\ kN$

OK! Verifica! (resistência é maior do que a solicitação)

Verificação de Tração nos Parafusos:

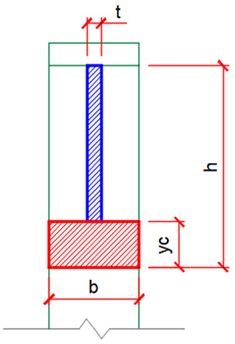
$$F_{t,Rd} = \frac{0,75\, A_b\, f_{ub}}{\gamma_{a2}}$$

$Ft_Rd_por_paraf := \frac{0,75 \cdot Ab \cdot fub}{\gamma a2} = 177,81\ kN$

Qual o valor da solicitação de tração que ocorre no parafuso mais solicitado?

--> É necessário calcular a posição da LN para a solicitação de momento incidente, dado que a ligação por contato permite que as chapas deslizem e a distribuição de áreas resistentes passa a ser não mais simétrica como antes.

$Msd := Fsd \cdot e = 65\ kN\ m$



VISTA FRONTAL

$h := 2 \cdot 40\ mm + 4 \cdot 76\ mm = 384\ mm$

$n := 2$

Largura equivalente do retângulo acima da LN:

$$t = \frac{A_i}{a} n$$

$t := \frac{Ab \cdot n}{a} = 1,0209\ cm$

Posição de LN (yc) via equilíbrio de momentos estáticos:

$$b\,\frac{y_c^2}{2} = t\,\frac{(h - y_c)^2}{2}$$

$yc_calc := solve\left(\frac{b \cdot (yc\ cm)^2}{2} - \frac{t \cdot (h - yc\ cm)^2}{2}; yc\right)$ $\quad yc_calc = \begin{bmatrix} -11,208 \\ 7,0769 \end{bmatrix}$

$yc := \max(yc_calc)\ cm = 7,0769\ cm$

Cálculo do Momento de Inérica da Seção Equivalente:

$$I = \frac{b\, y_c^3}{3} + \frac{t\,(h - y_c)^3}{3}$$

$I := \frac{b \cdot yc^3}{3} + \frac{t \cdot (h - yc)^3}{3} = 12821\ cm^4$

Cálculo da Força de Tração nos Prafuso mais solicitado:

$$F_i = \frac{M}{I} y_i A_i$$

$d1 := h - 40\ mm = 34,4\ cm$ $\quad y1 := d1 - yc = 27,323\ cm$

$F1 := \frac{Msd}{I} \cdot y1 \cdot Ab = 53,739\ kN$

$Ft_Sd_por_paraf := F1 = 53,739\ kN$ Força de tração no parafuso mais solicitado.

$Ft_Rd_por_paraf = 177,81\ kN$ > $Ft_Sd_por_paraf = 53,739\ kN$ OK! Verifica!
(solicitação menor do que a resistência)

Verificação de Tração e Corte Simultâneos:

$$\left(\frac{F_{t,Sd}}{F_{t,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,Sd}}{F_{v,Rd}}\right)^2 \le 1,0$$

*Verificação sendo feita somente para o parafuso mais solicitado (linha "1" de furação)

$Fv_Sd_por_paraf := \frac{Vsd}{n_paraf} = 50\ kN$

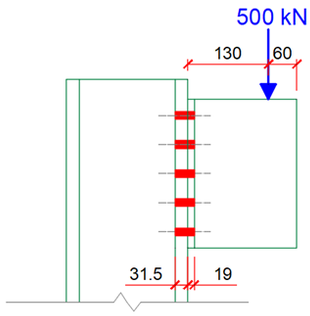
$Fv_Rd_por_paraf := Fv_Rd_por_plano \cdot n_planos = 94,832\ kN$

$S_por_R := \left(\frac{Ft_Sd_por_paraf}{Ft_Rd_por_paraf}\right)^2 + \left(\frac{Fv_Sd_por_paraf}{Fv_Rd_por_paraf}\right)^2 = 0,3693$ < 1 OK! Verifica!

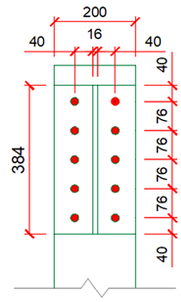
Rasgamento de Chapa e Pressão de Apoio :

$$F_{c,Rd} = \frac{1,2\, l_f\, tf_u}{\gamma_{a2}} \leq \frac{2,4\, d_b\, t\, f_u}{\gamma_{a2}}$$

$d_b := d = 22,225\ mm$



VISTA LATERAL



VISTA FRONTAL

bf : borda de furo bc : borda de chapa

$l_bf_a_bf := (76\ mm) - \frac{(d_b + 1,5\ mm)}{2} - \frac{(d_b + 1,5\ mm)}{2} = 52,275\ mm$

$l_bf_a_bc := 40\ mm - \frac{(d_b + 1,5\ mm)}{2} = 28,1375\ mm$

$lf := \min([\ l_bf_a_bf\ \ l_bf_a_bc\ ]) = 28,1375\ mm$

$t := t_chapa_topo = 19\ mm$

$Fc_Rd1 := \frac{1,2 \cdot lf \cdot t \cdot fu}{\gamma a2} = 190,08\ kN$ * Resistência ao rasgamento de chapa no furo mais desfavorável da chapa de menor espessura.

$Fc_Rd2 := \frac{2,4 \cdot d_b \cdot t \cdot fu}{\gamma a2} = 300,28\ kN$ * Resistência de pressão de apoio por furo da chapa de menor espessura.

$Fc_Rd := \min([\ Fc_Rd1\ \ Fc_Rd2\ ]) = 190,08\ kN$ * Resistência aos dois fenômenos por furo.

$Fv_Sd_por_paraf = 50\ kN \quad < \quad Fc_Rd = 190,08\ kN$ Ok! Verifica!