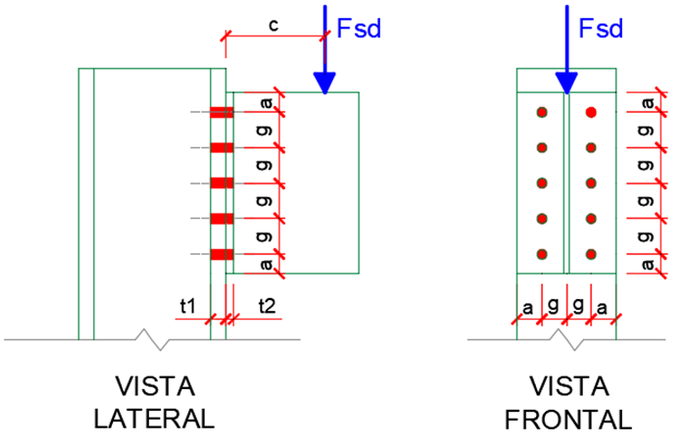
B2T5M0614A

Calcular qual a máxima solicitação Fsd possível de ser aplicada na ligação tipo contato indicada ao lado, de modo que sejam atendidas as verificações de :

a) corte dos parafusos;
b) tração nos parafusos;
c) tração e corte simutâneos nos parafusos;
d) rasgamento de chapa e pressão de apoio;



Dados:
- Furos padrão;
- Parafusos A490 com d = 5 / 8 ";
- Aço A36 (MR250);
- Ovalização dos furos é uma limitação de projeto;

OBS: nos procedimentos de cálculo determinar a altura da LN por meio da expressão proposta na bibliografia Pfeil; Pfeil 2008

$a := 35\ mm$ $g := 50\ mm$ $c := 220\ mm$

$t1 := 12,5\ mm$ $t2 := 10\ mm$

$d := \frac{5}{8} \cdot 25,4\ mm = 15,875\ mm$

$E := 200\ GPa$ $fy := 25\ \frac{kN}{cm^2}$ $fu := 40\ \frac{kN}{cm^2}$

$\gamma a1 := 1,1$ $\gamma a2 := 1,35$

Q01 - Qual o máximo valor de Fsd (em valor de cálculo) possível de ser aplicado de modo que a verificação de corte de parfusos ainda seja atendida ? [kN]
Q02 - Qual o máximo valor de Fsd (em valor de cálculo) possível de ser aplicado de modo que a verificação de tração nos parafusos ainda seja atendida ? [kN]
Q03 - Qual o máximo valor de Fsd (em valor de cálculo) possível de ser aplicado de modo que a verificação de tração e corte simultâneos dos parausos ainda seja atendida ? [kN]
Q04 - Qual o máximo valor de Fsd (em valor de cálculo) possível de ser aplicado de modo que a verificação de rasgamento de chapa e pressão de apoio ainda seja atendida ? [kN]

Verificação de Corte em Parafuso:

*Considerando uso de parafusos de rosca inteira.

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

$Ab := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 1,9793\ cm^2$

$fub := 1035\ MPa$

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:

$Fv_Rd_por_plano := \frac{0,4 \cdot Ab \cdot fub}{\gamma a2} = 60,699\ kN$

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

Número de parafusos: $n_paraf := 10$

$Fv_Rd_total := n_planos \cdot n_paraf \cdot Fv_Rd_por_plano = 606,99\ kN$

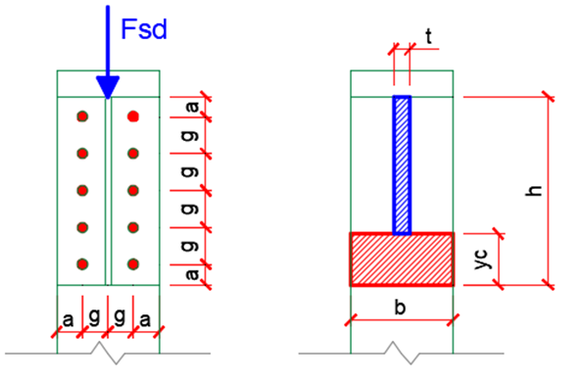
$Q01 := Fv_Rd_total = 606,99\ kN$

Verificação de Tração em Parafuso:

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

$Ft_Rd_por_paraf := \frac{0,75 \cdot Ab \cdot fub}{\gamma a2} = 113,81\ kN$

Aplicação das expressões para cálculo do esforço de tração conforme Pfeil; Pfeil 2008:



VISTA FRONTAL

$h := 2 \cdot a + 4 \cdot g = 27\ cm$

$b := 2 \cdot a + 2 \cdot g = 17\ cm$ $\quad n := 2$

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

$t := \frac{Ab \cdot n}{g} = 0,79173\ cm$

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

$\frac{b \cdot yc^{\,2}}{2} - \frac{t\left(h^{\,2} - 2 \cdot h \cdot yc + yc^{\,2}\right)}{2} = 0$

$\frac{b}{2} \cdot yc^{\,2} - \frac{t \cdot h^{\,2}}{2} + t \cdot h \cdot yc - \frac{t \cdot yc^{\,2}}{2} = 0$

$\left(\frac{b}{2} - \frac{t}{2}\right) \cdot yc^{\,2} + t \cdot h \cdot yc - \frac{t \cdot h^{\,2}}{2} = 0$

$A := \left(\frac{b}{2} - \frac{t}{2}\right) = 0,081\ m$ $\quad B := t \cdot h = 0,0021\ m^{\,2}$ $\quad C := -\frac{t \cdot h^{\,2}}{2} = -0,0003\ m^{\,3}$

$\Delta := B^{\,2} - 4 \cdot A \cdot C = 9,8119 \cdot 10^{\,-5}\ m^{\,4}$

$yc1 := \frac{-B + \sqrt{\Delta}}{2 \cdot A} = 4,7925\ cm$ $\quad yc1 := \frac{-B - \sqrt{\Delta}}{2 \cdot A} = -7,4303\ cm$

$yc_calc := \text{solve}\left(\frac{b \cdot (yc\ cm)^{\,2}}{2} - \frac{t \cdot (h - yc\ cm)^{\,2}}{2};\ yc\right)$

$yc_calc = \begin{bmatrix} -7,4303 \\ 4,7925 \end{bmatrix}$ $\quad yc := \max(yc_calc)\ cm = 4,7925\ cm$

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

$I := \frac{b \cdot yc^{\,3}}{3} + \frac{t \cdot (h - yc)^{\,3}}{3} = 3514,1\ cm^{\,4}$

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

$d1 := a + 4 \cdot g = 23,5\ cm$ $\quad y1 := d1 - yc = 18,707\ cm$

$M := Fsd \cdot c$ $\quad F1 := \frac{M}{I} \cdot y1 \cdot Ab$

$Ft_Sd_por_paraf := \frac{Fsd \cdot c}{I} \cdot y1 \cdot Ab$

Igualando Ft_Sd_por_paraf com Ft_Rd_por_paraf e isolando Fsd:

$Ft_Rd_por_paraf := \frac{0,75 \cdot Ab \cdot fub}{\gamma a2} = 113,81\ kN$ $\quad ===>$ $\quad \frac{Fsd \cdot c}{I} \cdot y1 \cdot Ab = Ft_Rd_por_paraf$

$Fsd_trac := \frac{Ft_Rd_por_paraf \cdot I}{c \cdot y1 \cdot Ab} = 490,96\ kN$ $\qquad$ $Q02 := Fsd_trac = 490,963\ kN$

Verificação de Tração e Corte Simultâneos:

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

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

$Fv_Rd_por_paraf := Fv_Rd_por_plano \cdot n_planos = 60,6993\ kN$

$Ft_Rd_por_paraf = 113,81\ kN$

$$Verif_sim := \left(\frac{\frac{Fsd_sim \cdot c}{I} \cdot y1 \cdot Ab}{Ft_Rd_por_paraf}\right)^2 + \left(\frac{\frac{Fsd_sim}{n_paraf}}{Fv_Rd_por_paraf}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{\frac{Fsd_sim \cdot c}{I} \cdot y1 \cdot Ab}{Ft_Rd_por_paraf}\right)^2 + \left(\frac{\frac{Fsd_sim}{n_paraf}}{Fv_Rd_por_paraf}\right)^2 = 1$$

$$Fsd_sim^2 \cdot \left(\left(\frac{\frac{1 \cdot c}{I} \cdot y1 \cdot Ab}{Ft_Rd_por_paraf}\right)^2 + \left(\frac{\frac{1}{n_paraf}}{Fv_Rd_por_paraf}\right)^2\right) = 1$$

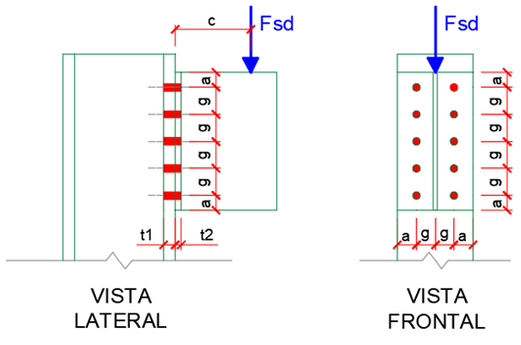
$$Fsd_sim := \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{\frac{c \cdot y1 \cdot Ab}{I}}{Ft_Rd_por_paraf}\right)^2 + \left(\frac{\frac{1}{n_paraf}}{Fv_Rd_por_paraf}\right)^2}} = 381,73\ kN$$

$Q03 := Fsd_sim = 381,73\ kN$

Rasgamento de Chapa e Pressão de Apoio :

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

$d_b := d = 15,875\ mm$



bf : borda de furo $\qquad$ bc : borda de chapa

$l_bf_a_bf := g - \frac{(d_b + 1,5\ mm)}{2} - \frac{(d_b + 1,5\ mm)}{2} = 32,625\ mm$

$l_bf_a_bc := a - \frac{(d_b + 1,5\ mm)}{2} = 26,3125\ mm$

$lf := \min([\ l_bf_a_bf\ \ l_bf_a_bc\ ]) = 26,3125\ mm$

$t := \min([\ t1\ \ t2\ ]) = 10\ mm$

$Fc_Rd1 := \frac{1,2 \cdot lf \cdot t \cdot fu}{\gamma a2} = 93,556\ kN$ $\qquad$ * Resistência ao rasgamento de chapa no furo mais desfavorável da chapa de menor espessura.

$Fc_Rd2 := \frac{2,4 \cdot d_b \cdot t \cdot fu}{\gamma a2} = 112,89\ kN$ $\qquad$ * Resistência de pressão de apoio por furo da chapa de menor espessura.

$Fc_Rd := \min([\ Fc_Rd1\ \ Fc_Rd2\ ]) = 93,556\ kN$ * Resistência aos dois fenômenos por furo.

$Fsd_rasg_press := Fc_Rd \cdot n_paraf = 935,56\ kN$

$Q04 := Fsd_rasg_press = 935,56\ kN$

$Q01 = 606,99\ kN$

$Q02 = 490,96\ kN$

$Q03 = 381,73\ kN$

$Q04 = 935,56\ kN$
