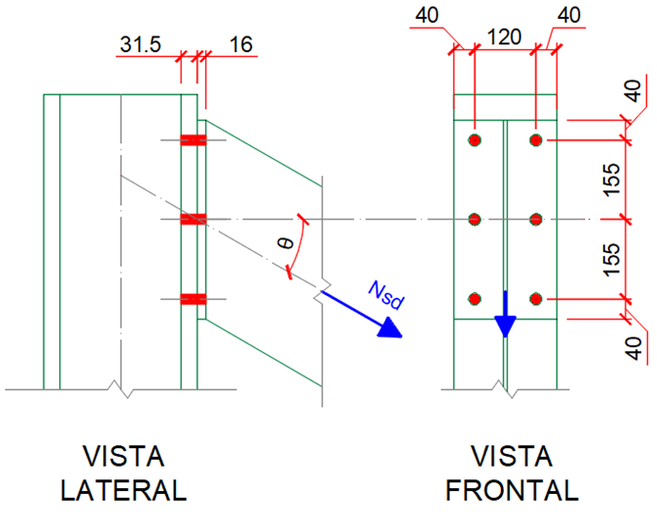
B2T5N0610B

Para a ligação por atrito detalhada, verificar se a mesma atende as verificações de :
1) Deslizamento de chapa;
2) Corte de parafusos;
3) Tração nos parafusos;
4) Tração e corte simultâneos nos parafusos;

OBS: a ligação apesar de ser definida como tipo atrito precisa atender as condições relativas ao mecanismo de contato caso os parafusos instalados afrouxem e o atrito não possa mais ser garantido.



- Furos padrão;
- Superfícies jateadas sem pintura;
- Parafusos A325 com d = 7/8";
- Aço AR350;
- Ângulo θ = 40°;
- A força Nsd passa no centróide da ligação e seu valor de cálculo é 400 kN;

$db := \frac{7}{8} \cdot 25,4\ mm = 22,225\ mm$

$E := 200\ GPa$ $\quad fy := 35\ \frac{kN}{cm^2}$ $\quad fu := 45\ \frac{kN}{cm^2}$

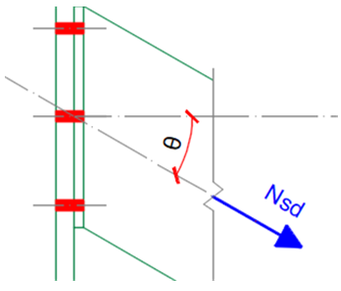
$\theta := 40\ °$ $\quad fub := 825\ MPa$

$\gamma a1 := 1,1$ $\quad \gamma a2 := 1,35$ $\quad Nsd := 400\ kN$

Q01 - Qual o valor da relação força total solicitante / força total resistente (valores de cálculo) para a verificação de deslizamento de chapa da ligação em questão? [adim.]
Q02 - Qual o valor da relação força total solicitante / força total resistente para a verificação de corte de parafusos da ligação em questão? [adim.]
Q03 - Qual o valor da relação força total solicitante / força total resistente para a verificação de tração nos parafusos da ligação em questão? [adim.]
Q04 - Qual o valor obtido na aplicação da expressão da norma NBR 8800 : 2008 quanto à verificação de tração e corte simultâneos nos parafusos da ligação em questão? [adim.]
Q05 - Qual das verificações aqui elencadas é determinante da capacidade resistente do meio ligante?
1 - Deslizamento; 2 - Corte; 3 - Tração; 4 - Tração e Corte Simultâneos;

Verificação de Deslizamento de Chapa:

Esforços de tração e corte na ligação em função de Nsd:



$\sin(\theta) = 0,64279$ $\quad \cos(\theta) = 0,76604$

$Fv_Sd := Nsd \cdot \sin(\theta) = 257,12\ kN$

$Ft_Sd := Nsd \cdot \cos(\theta) = 306,42\ kN$

$n_paraf := 6$

$Fv_Sd_por_paraf := \frac{Fv_Sd}{n_paraf} = 42,853\ kN$

$Ft_Sd_por_paraf := \frac{Ft_Sd}{n_paraf} = 51,070\ kN$

Como os furos na ligação são furos padrão, conforme a prescrição da norma NBR8800:2008, a verificação de deslizamento de chapa passa a ser uma verificação ELS (estado limite de serviço), para tanto é necessário converter as ações aplicadas de valor de cálculo para valor de serviço. Como não há referência quanto aos coeficientes aplicados e o tipo de combinação feita, é possível usar o procedimento simplificado elencado pela norma e explicado na apresentação de slides da disciplina (e reproduzido a seguir).

Assim sendo:

$Fv_Sk_por_paraf := 0,70 \cdot Fv_Sd_por_paraf = 29,997$ kN

$Ft_Sk_por_paraf := 0,70 \cdot Ft_Sd_por_paraf = 35,749$ kN

OBS.: Como os esforços solicitantes de corte e tração que incidem em cada parafuso são iguais (distribuição uniforme da solicitação) tanto faz analisar a relação força resistente / força solicitante individualmente em cada parafuso ou na ligação como um todo - a razão será a mesma.

Resistência ao Deslizamento (4)

F_{Tb} : força de protensão mínima por parafuso;

$F_{t,Sk}$: força de tração solicitante característica no parafuso que reduz a força de protensão, calculada com as combinações últimas ou simplificadamente tomada igual a 70% da força de tração solicitante de cálculo;

$F_{t,Sd}$: força de tração solicitante de cálculo no parafuso que reduz a força de protensão, calculada com as combinações últimas de ações;

n_s : número de planos de deslizamento;

γ_e : coeficiente de ponderação de resistência igual a:
- 1,20 para combinações normais, especiais ou de construção;
- 1,00 para combinações excepcionais;

μ : coeficiente médio de atrito dado por:
- **0,35** para superfícies laminadas, limpas, isentas de óleos ou graxa, sem pintura e superfícies galvanizadas a quente com rugosidade aumentada por meio de escova de aço;
- **0,50** superfícies jateadas sem pintura;
- **0,20** superfícies galvanizadas a quente;

C_h : é um fator de furo igual a:
- **1,00** para furos padrão;
- **0,85** para furos alargados ou pouco alongados;
- **0,70** para furos muito alongados;

Diâmetro d_b		F_{Tb} kN	
pol	mm	ASTM A325	ASTM A490
1/2		53	66
5/8		85	106
	16	91	114
3/4		125	156
	20	142	179
	22	176	221
7/8		173	216
	24	205	257
1		227	283
	27	267	334
1 1/8		250	357
	30	326	408
1 1/4		317	453
	36	475	595
1 1/2		460	659

$$F_{f,Rk} = 0,80\,\mu\,C_h\,F_{Tb}\,n_s\left(1 - \frac{F_{t,Sk}}{0,80F_{Tb}}\right)$$

$F_{Tb} := 173$ kN

$n_s := 1$

$\mu := 0,50$

$C_h := 1,00$ $\quad Ft_Sk_por_paraf = 35,7487$ kN

$$Ff_Rk_por_paraf := 0,80 \cdot \mu \cdot C_h \cdot F_{Tb} \cdot n_s \cdot \left(1 - \frac{Ft_Sk_por_paraf}{0,80 \cdot F_{Tb}}\right) = 51,3256 \text{ kN}$$

$$Ff_Rd_por_paraf := \frac{Ff_Rk_por_paraf}{0,70} = 73,3223 \text{ kN}$$

$Ff_Rk := n_paraf \cdot Ff_Rk_por_paraf = 307,9538$ kN

$Ff_Rd := n_paraf \cdot Ff_Rd_por_paraf = 439,934$ kN

$Q01 := \frac{Fv_Sd}{Ff_Rd} = 0,5844$ $\quad Q01 := \frac{Fv_Sk_por_paraf}{Ff_Rk_por_paraf} = 0,5844$ $\quad Q01 := \frac{Fv_Sd_por_paraf}{Ff_Rd_por_paraf} = 0,5844$

Verificação de Corte em Parafuso:

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

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

$Fv_Rd_por_plano := \frac{0,4 \cdot Ab \cdot fub}{\gamma a2} = 94,832$ kN

$n_planos := 1$

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

$Fv_Rd := n_paraf \cdot Fv_Rd_por_paraf = 568,99\ kN$

$Q02 := \frac{Fv_Sd}{Fv_Rd} = 0,4519$ $\quad$ $Q02 := \frac{Fv_Sd_por_paraf}{Fv_Rd_por_paraf} = 0,4519$

Verificação de Tração em Parafuso:

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

$Ft_Rd_por_paraf := \frac{0,75 \cdot Ab \cdot fub}{\gamma a2} = 177,8\ kN$

$Ft_Rd := n_paraf \cdot Ft_Rd_por_paraf = 1067\ kN$

$Q03 := \frac{Ft_Sd}{Ft_Rd} = 0,2872$ $\quad$ $Q03 := \frac{Ft_Sd_por_paraf}{Ft_Rd_por_paraf} = 0,2872$

Verificação de Tração e Corte Simultâneos:

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

$TC_simul := \left(\frac{Ft_Sd_por_paraf}{Ft_Rd_por_paraf}\right)^2 + \left(\frac{Fv_Sd_por_paraf}{Fv_Rd_por_paraf}\right)^2 = 0,2867$

$TC_simul := \left(\frac{Ft_Sd}{Ft_Rd}\right)^2 + \left(\frac{Fv_Sd}{Fv_Rd}\right)^2 = 0,2867$

$Q04 := TC_simul = 0,2867$

$SporR := \max([\ Q01\ \ Q02\ \ Q03\ \ Q04\ ]) = 0,58444$

```
Q05 := if  SporR = Q01          = 1
         verif := 1
       else
         if  SporR = Q02
           2
         else
           if  SporR = Q03
             3
           else
             if  SporR = Q04
               4
             else
               0
```

$Q01 = 0,5844$

$Q02 = 0,4519$

$Q03 = 0,2872$

$Q04 = 0,2867$

$Q05 = 1$
