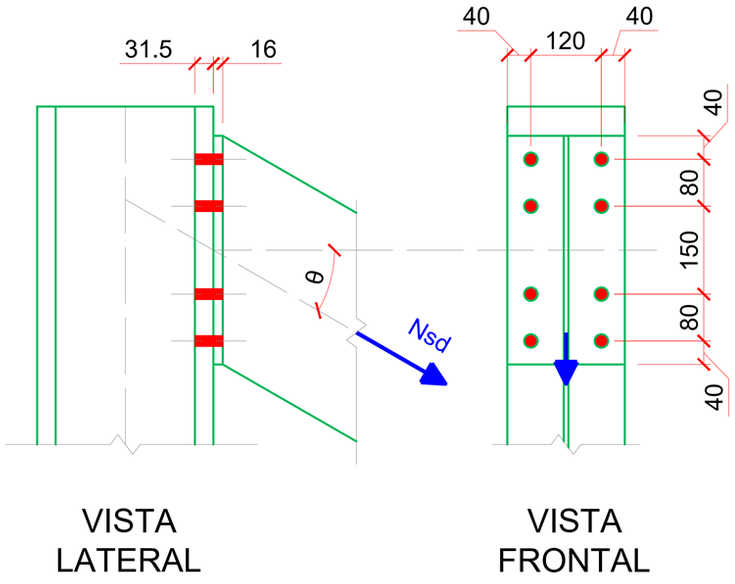
B2T5NB0529A

Para a ligação por atrito detalhada, calcular qual a máxima solicitação Nsd (em valor de cálculo) possível de ser aplicada de modo que as seguintes verificações sejam atendidas:

1) Verificação de deslizamento de chapa;
2) Corte de parafuso;
3) Tração de parafuso;
4) Tração e corte simultâneos em parafuso;

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



VISTA LATERAL

VISTA FRONTAL

- Furos padrão;
- Superfícies jateadas sem pintura;
- Parafusos A325 com d = 3/4";
- Aço AR350;
- Ângulo θ = 40°;
- Força Nsd passa no centróide da ligação;

$d := \frac{3}{4} \cdot 25,4\ mm = 19,050\ mm$

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

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

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

Q01 - Qual o máximo valor de Nsd (em valor da cálculo) possível de ser aplicado de modo que a verificação de deslizamento de chapa ainda seja atendida ? [kN]
Q02 - Qual o máximo valor de Nsd (em valor da cálculo) possível de ser aplicado de modo que a verificação de corte de parafuso ainda seja atendida ? [kN]
Q03 - Qual o máximo valor de Nsd (em valor da cálculo) possível de ser aplicado de modo que a verificação de tração de parafuso ainda seja atendida ? [kN]
Q04 - Qual o máximo valor de Nsd (em valor da cálculo) possível de ser aplicado de modo que a verificação de tração e corte simultâneos de parafuso ainda seja atendida ? [kN]
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:

Relação entre esforço de tração e esforço de corte na ligação:

Vsd = Nsd . sen θ $\quad \sin(\theta) = 0,64279$

Tsd = Nsd . cos θ $\quad \cos(\theta) = 0,76604$

Como os furos na ligação são furos padrão, conforme a prescrição da norma NBR800:2008 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 conficientes 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).

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;

45

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;

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

Assim sendo:

Ft_sk_total = 0,70.Tsd = 0,70.cos(θ).Nsd

Fv_sk_total = 0,70.Vsd = 0,70.senθ).Nsd

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

$F_{Tb} := 125$ kN

$n_s := 1$

$\mu := 0,50$

$C_h := 1,00$

$n_paraf := 8$

Obs: a expressão ao lado é para verificação de um único parafuso, logo, para obtenção do Nsd total é necessário multiplicar o resultado pela quantidade de parafusos da ligação (n_paraf) ou alterar a expressão multiplicando FTb pelo mesmo número de parafusos obtendo o resultado já para a ligação como um todo. Em ambos os casos é necessário atentar para a relação entre valores de cálculo (ELU) e valores ELS.

Ff_rk_total = 0,80 . μ . Ch . n_paraf . FTb . ns . (1 - Ft_sk_total / (0,80 . n_paraf . FTb))

* Como o esforço cortante em relação ao parafusos é que provoca o deslizamento entre as chapas
Ff_rk_total = Fv_sk_total

assim sendo:

Fv_sk_total = 0,80 . μ . Ch. n_paraf . FTb . ns . (1 - Ft_sk_total / (0,80 . n_paraf . FTb)) ou ainda, em função de Nsd :

0,70.sen(θ).Nsd = 0,80 . μ . Ch. n_paraf . FTb . ns . (1 - 0,70.cos(θ).Nsd/ (0,80 . n_paraf . FTb))

Resolvendo para "Nsd:;

$$Nsd_des := \text{solve}\left(0,70\cdot\sin(\theta)\cdot Nsd\ \text{kN} - 0,80\cdot\mu\cdot C_h\cdot n_paraf\cdot F_{Tb}\cdot n_s\cdot\left(1-\frac{0,70\cdot\cos(\theta)\cdot Nsd\ \text{kN}}{0,80\cdot n_paraf\cdot F_{Tb}}\right);\ Nsd\right)\text{kN}$$

$Nsd_des = 557,05$ kN

Verificação de Corte em Parafuso:

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

$Ab := \frac{\pi\cdot d^2}{4} = 2,8502\ \text{cm}^2$ $\quad Fv_Rd := \frac{0,4\cdot Ab\cdot fub}{\gamma a2} = 69,672$ kN

$Vrd_total := n_paraf\cdot Fv_Rd = 557,38$ kN

Vsd = Nsd . sen θ logo Nsd . sen θ = Vrd_total, assim sendo : $\quad Nsd_cor := \frac{Vrd_total}{\sin(\theta)} = 867,13$ kN

Verificação de Tração em Parafuso:

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

$Ft_Rd := \frac{0,75 \cdot Ab \cdot fub}{\gamma a2} = 130,6\ kN$

$Trd_total := n_paraf \cdot Ft_Rd = 1045\ kN$

Tsd = Nsd . cos θ logo Nsd . cos θ = Trd_total, assim sendo : $Nsd_trac := \frac{Trd_total}{\cos(\theta)} = 1364,3\ kN$

Verificação de Tração e Corte Simultâneos:

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

$Trd_total = 1045,1\ kN$

$Vrd_total = 557,38\ kN$

(Nsd.cosθ / Trd_total)^2 + (Nsd.senθ / Vrd_total)^2 = 1

Isolando Nsd: $Nsd_sim := \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{\cos(\theta)\ kN}{Trd_total}\right)^2 + \left(\frac{\sin(\theta)\ kN}{Vrd_total}\right)^2}}\ kN = 731,81\ kN$

$Nsd_final := \min([\ Nsd_cor\ Nsd_trac\ Nsd_des\ Nsd_sim\ ]) = 557,05\ kN$

```
if Nsd_final = Nsd_des        = 1
  verif := 1
else
  if Nsd_final = Nsd_cor
    2
  else
    if Nsd_final = Nsd_trac
      3
    else
      if Nsd_final = Nsd_sim
        4
      else
        0
```

Q01 - Qual o máximo valor de Nsd (em valor da cálculo) possível de ser aplicado de modo que a verificação de deslizamento de chapa ainda seja atendida ? [kN]

Q02 - Qual o máximo valor de Nsd (em valor da cálculo) possível de ser aplicado de modo que a verificação de corte de parafuso ainda seja atendida ? [kN]

Q03 - Qual o máximo valor de Nsd (em valor da cálculo) possível de ser aplicado de modo que a verificação de tração de parafuso ainda seja atendida ? [kN]

Q04 - Qual o máximo valor de Nsd (em valor da cálculo) possível de ser aplicado de modo que a verificação de tração e corte simultâneos de parafuso ainda seja atendida ? [kN]

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;

$Q01 := Nsd_des = 557,05\ kN$

$Q02 := Nsd_cor = 867,13\ kN$

$Q03 := Nsd_trac = 1364,3\ kN$

$Q04 := Nsd_sim = 731,81\ kN$

$Q05 := verif = 1,0000$