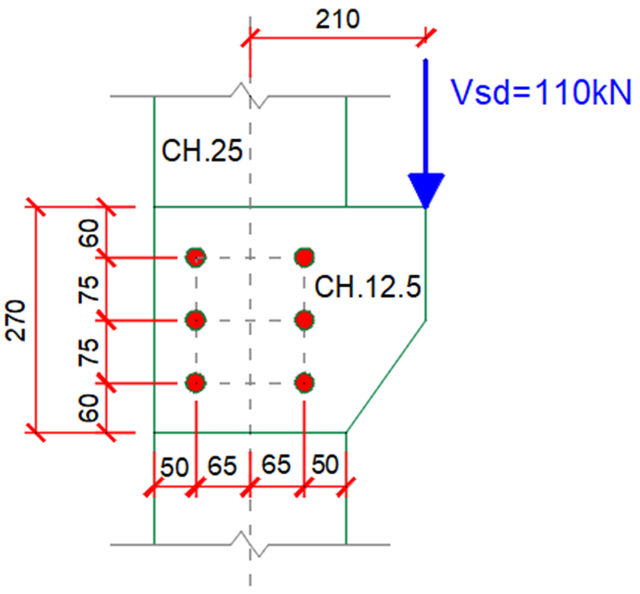
AM1_E09-05

Na ligação por contato ao lado o esforço indicado é a solicitação de cálculo.
Dados:
- Aço ASTM A36;
- Parafusos ASTM A325 d=7/8';
- furo padrão;
- deformação do furo não é limitação de projeto;

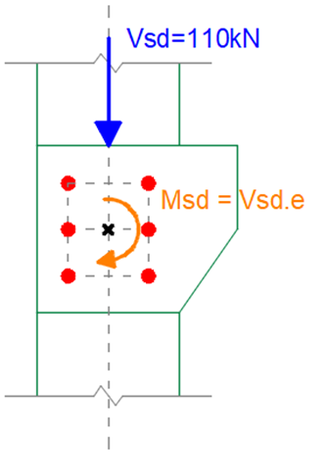


Pede-se:
a) Determinar as solicitações nos parafusos;
b) Verificar os parafusos quanto à pega e corte;
c) Verificar pressão de contato nos furos e ragasmento de chapa;

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

$\gamma a1 := 1,1$ $\gamma a2 := 1,35$ $Vsd := 110\ kN$

a) Solicitações nos Parafusos:

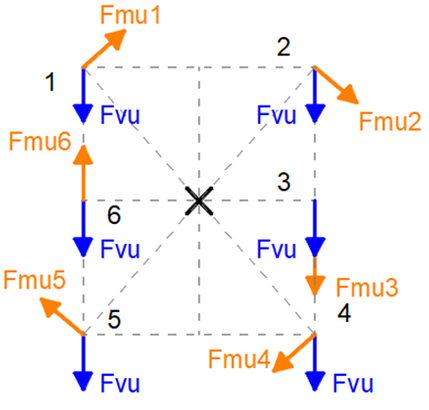


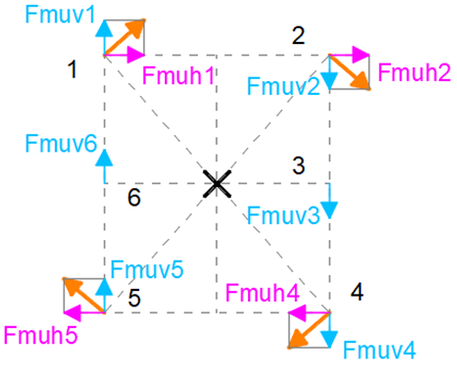
$e := 210\ mm$

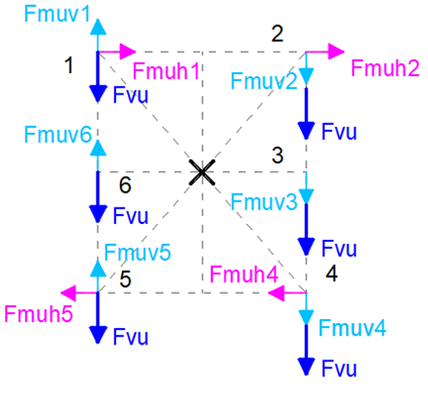
$Msd := Vsd \cdot e = 23,1\ kN\ m$

$n_paraf := 6$

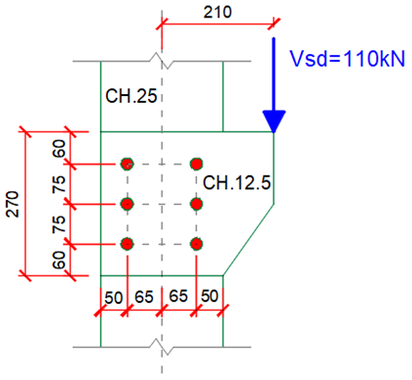
$Fvu := \frac{Vsd}{n_paraf} = 18,333\ kN$

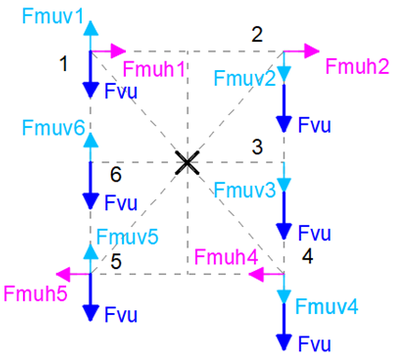






* Pela figura ao lado é possível notar que os parafusos 2, 3 e 4 são mais solicitados do que 1, 5 e 6. Em especial, os parafusos 2 e 4 acabarão tendo a mesma resultante de força de corte, porém com orientações diferentes. Os parafusos 2 e 4 estão mais afastados do C.G. da ligação do que o parafuso 3, e assim sendo a determinação do esforço que neles incide implica na determinação da máxima solicitação no conjunto.





$rx1 := 65\ mm$ $ry1 := 75\ mm$

$rx2 := 65\ mm$ $ry2 := 75\ mm$

$rx3 := 65\ mm$ $ry3 := 0\ mm$

$rx4 := 65\ mm$ $ry4 := 75\ mm$

$rx5 := 65\ mm$ $ry5 := 75\ mm$

$rx6 := 65\ mm$ $ry6 := 0\ mm$

$r1 := \sqrt{rx1^2 + ry1^2} = 99,247\ mm$

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

$J := \Sigma r^2 \cdot A_i$ $J := \Sigma \left(rx_i^2 + ry_i^2 \right) \cdot A_i$ $J := A \cdot \Sigma \left(rx_i^2 + ry_i^2 \right)$

$J := A \cdot \left(6 \cdot rx1^2 + 4 \cdot ry1^2 \right) = 1856,3\ cm^4$

$J := A \cdot \left(rx1^2 + ry1^2 + rx2^2 + ry2^2 + rx3^2 + ry3^2 + rx4^2 + ry4^2 + rx5^2 + ry5^2 + rx6^2 + ry6^2 \right) = 1856,3\ cm^4$

- Esforço de Corte no Parafuso 2:

$Fmuh2 := \frac{Msd}{J} \cdot ry2 \cdot A = 36,207\ kN$ $Fmuv2 := \frac{Msd}{J} \cdot rx2 \cdot A = 31,379\ kN$ $Fvu = 18,333\ kN$

Somando vetorialmente: $Fvsd2 := \sqrt{(Fvu + Fmuv2)^2 + Fmuh2^2} = 61,5\ kN$

- Esforço de Corte no Parafuso 3:

$Fmuh3 := \frac{Msd}{J} \cdot ry3 \cdot A = 0\ kN$ $Fmuv3 := \frac{Msd}{J} \cdot rx3 \cdot A = 31,379\ kN$ $Fvu = 18,333\ kN$

Somando vetorialmente: $Fvsd3 := \sqrt{(Fvu + Fmuv3)^2 + Fmuh3^2} = 49,713\ kN$

- Esforço de Corte no Parafuso 4:

$Fmuh4 := \frac{Msd}{J} \cdot ry4 \cdot A = 36,207\ kN$ $Fmuv4 := \frac{Msd}{J} \cdot rx4 \cdot A = 31,379\ kN$ $Fvu = 18,333\ kN$

Somando vetorialmente: $Fvsd4 := \sqrt{(Fvu + Fmuv4)^2 + Fmuh4^2} = 61,5\ kN$

$Fvsd_paraf_mais_solic := Fvsd2 = 61,5\ kN$

---

b.1) Verificação da Pega da Ligação:

p (pega) < 5.d $t_chapa := 12,5\ mm$ $t_mesa := 25\ mm$

$p := t_chapa + t_mesa = 37,5\ mm$ $< 5 \cdot d = 111,1\ mm$ Ok! Verifica!

---

b.2) 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 ≤ d_b ≤ 4
ISO 898-1 Classe 4.6	235	400	12 ≤ d_b ≤ 36	-
ASTM A325 [a]	635 560	825 725	16 ≤ d_b ≤ 24 24 < d_b ≤ 36	1/2 ≤ d_b ≤ 1 1 < d_b ≤ 1½
ISO 4016 Classe 8.8	640	800	12 ≤ d_b ≤ 36	-
ASTM A490	895	1035	16 ≤ d_b ≤ 36	1/2 ≤ d_b ≤ 1½
ISO 4016 Classe 10.9	900	1000	12 ≤ d_b ≤ 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: $n_planos := 1$

* Não faz sentido pensar na resistência total da ligação pois cada parafuso está sendo solicitado por uma força de corte direfente, logo a verificação deve ser feita em função do parafuso mais solicitado.

Força resistente de corte de um único parafuso:

$VRd_paraf := n_planos \cdot Fv_Rd_por_plano = 94,832\ kN$ > $Fvsd_paraf_mais_solic = 61,5\ kN$

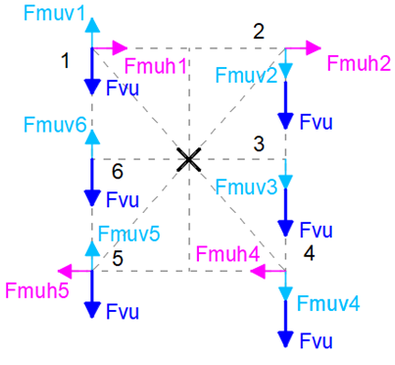
OK! Verifica!
(resistência é maior do que a solicitação)

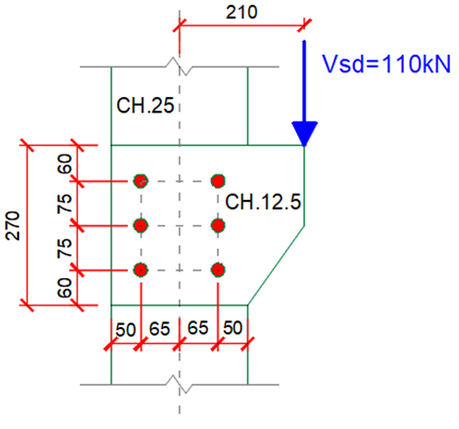
c) Rasgamento de Chapa e Pressão de Apoio :

$$F_{c,Rd} = \frac{1,5\, l_f\, t\, f_u}{\gamma_{a2}} \leq \frac{3,0\, d_b\, t\, f_u}{\gamma_{a2}}$$

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

bf : borda de furo bc : borda de chapa





Esforço que tenta promover o rasgamento de chapa na vertical:

Fmuv2 + Fvu

Esforço que tenta promover o rasgamento de chapa na horizontal:

Fmuh2

* Para pressão de apoio não há consideração de "vertical" ou " horizontal" - procedimento:

Trabalha-se com o máximo esforço resultante no parafuso e compara-se com a menor distância em termos de rasgamento de chapa.

Fvsd_paraf_mais_solic

menor distância de furo a furo: 75 mm

menor distância de furo a borda: 50 mm

$l_bf_a_bf := 75\ mm - \frac{(d_b + 1,5\ mm)}{2} - \frac{(d_b + 1,5\ mm)}{2} = 51,275\ mm$

$l_bf_a_bc := 50\ mm - \frac{(d_b + 1,5\ mm)}{2} = 38,138\ mm$

$lf := \min([\ l_bf_a_bf\ \ l_bf_a_bc\ ]) = 38,138\ mm$

$t := t_chapa = 12,5\ mm$

$Fc_Rd1 := \frac{1,5 \cdot lf \cdot t \cdot fu}{\gamma a2} = 211,88\ kN$ * Resistência ao rasgamento de chapa no furo mais desfavorável da chapa de menor espessura.

$Fc_Rd2 := \frac{3,0 \cdot d_b \cdot t \cdot fu}{\gamma a2} = 246,94\ kN$ * Resistência de pressão de apoio por furo da chapa de menor espessura.

$Fc_Rd_por_furo := \min([\ Fc_Rd1\ \ Fc_Rd2\ ]) = 211,88\ kN$ * Resistência aos dois fenômenos por furo.

$Fvsd_paraf_mais_solic = 61,50\ kN$ < $Fc_Rd_por_furo = 211,88\ kN$ Ok! Verifica!
