

DIMENSIONAMENTO DE LIGAÇÃO VIGA- VIGA COM TALAS DE EMENDA

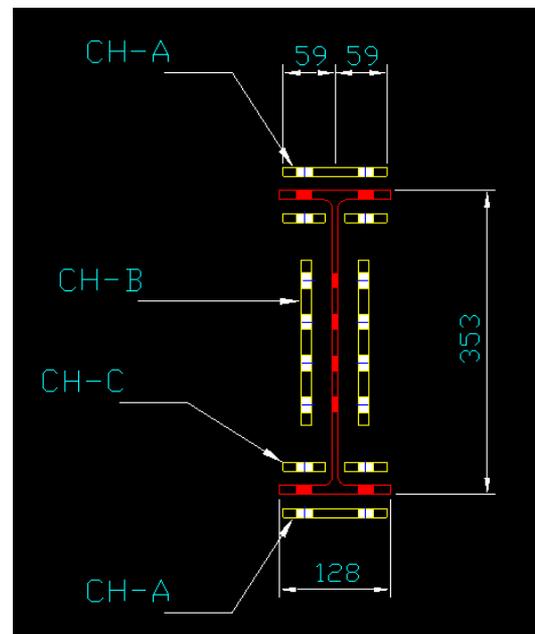
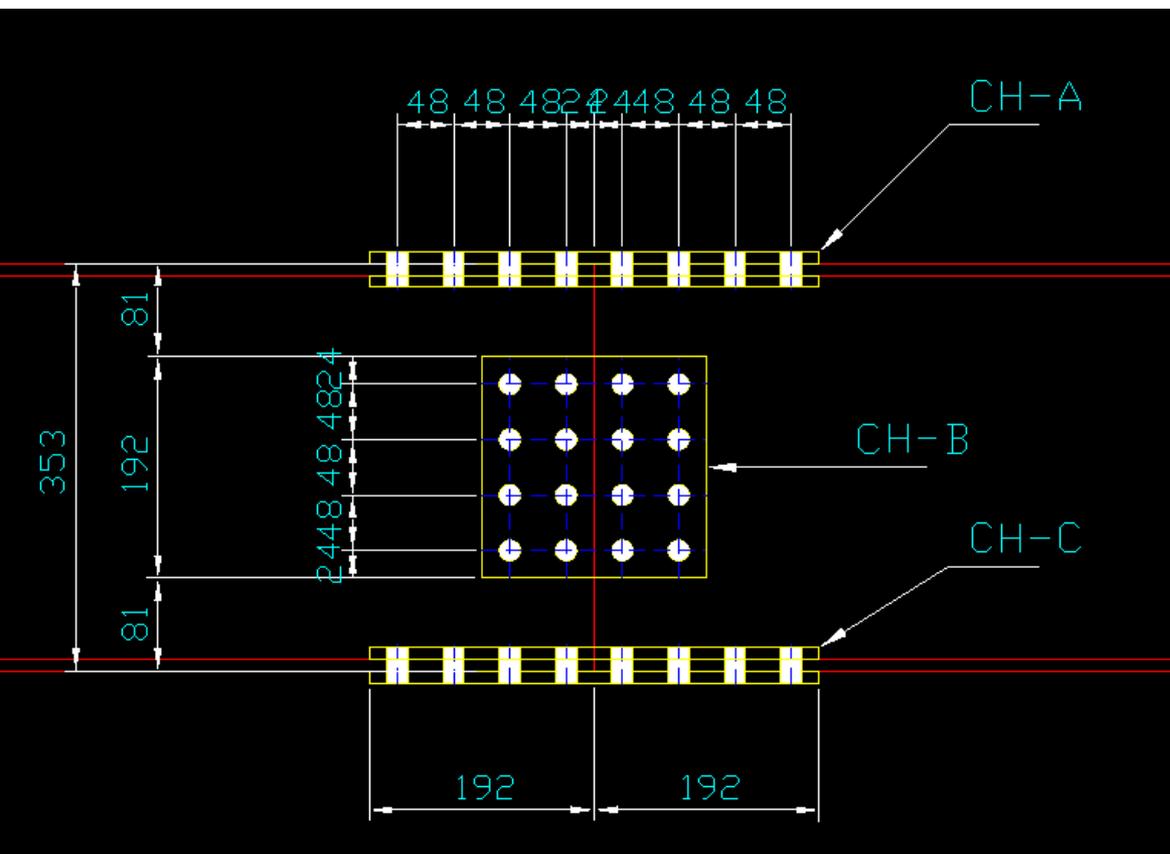
Ligações por tala de emenda

PERFIL W360X39,0
ASTM A572GR50

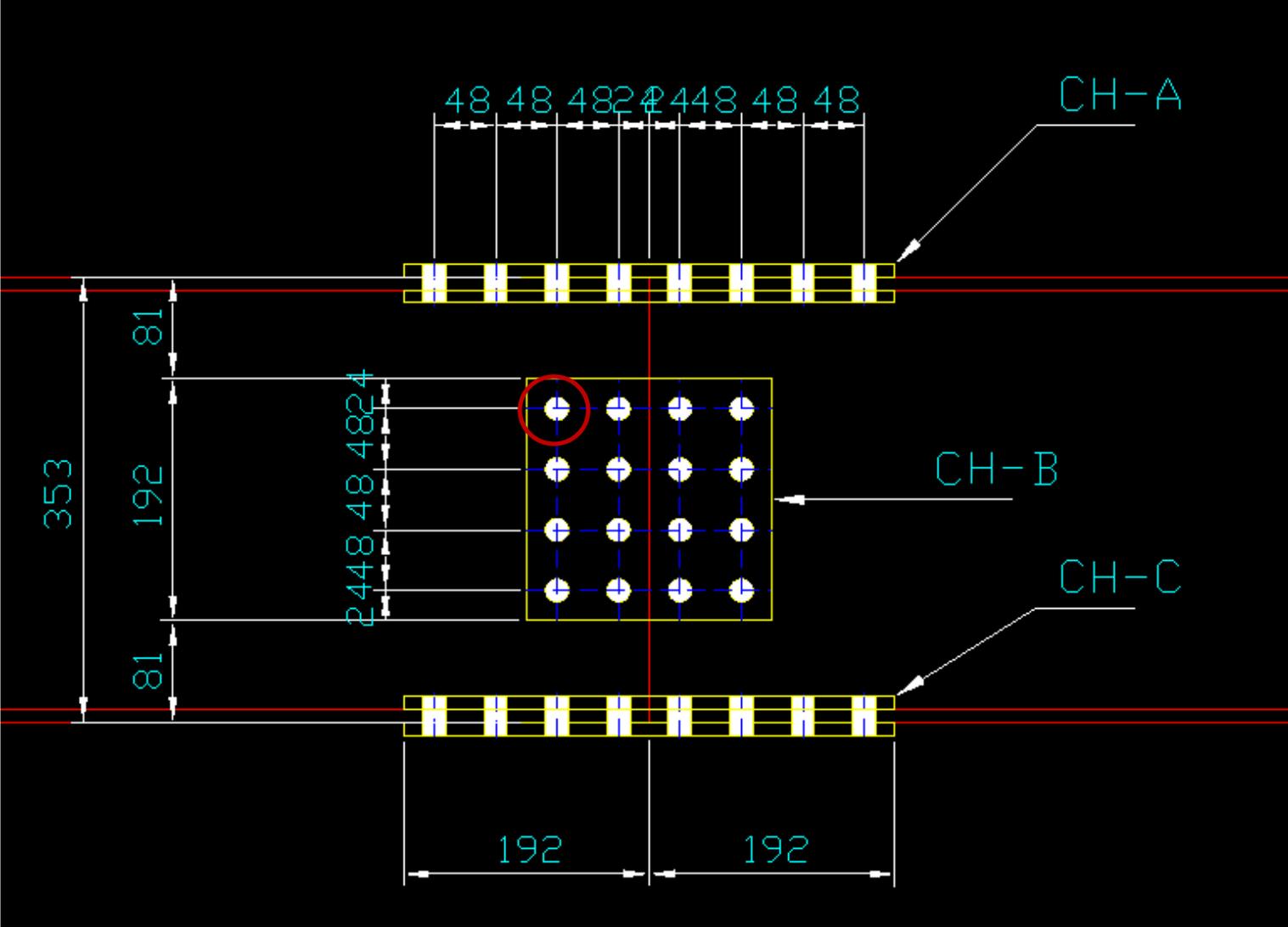
$M = 6500 \text{ kN.cm}$

$V = 49 \text{ kN}$

Tração = 45 kN



VERIFICAÇÃO DOS PARAFUSOS DA ALMA



Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

VERIFICAÇÃO DOS PARAFUSOS DA ALMA

Esforço de cisalhamento devido à cortante vertical

$$F_{y, V} = \frac{V}{n} = \frac{49}{8} = 6,125 \text{ kN}$$

Esforço de cisalhamento devido à tração axial

$$F_{x, N} = \frac{\left(\frac{A_w}{A_g} \cdot N\right)}{8} = \frac{\left(\frac{(35,3 - 2.1,07) \cdot 0,65}{50,2} \cdot 45\right)}{8} = \frac{\left(\frac{21,55}{50,2} \cdot 45\right)}{8} = 2,42 \text{ kN}$$

Momento fletor tributário referente à alma do perfil

$$M_w = \left(\frac{I_{x\text{alma}}}{I_x}\right) \cdot M \quad M_w = \left(\frac{t_w \cdot h^3}{12 \cdot I_x}\right) \cdot M \quad M_w = \left(\frac{0,65 \cdot 35,3^3}{12 \cdot 10331}\right) \cdot 6500 = 1499 \text{ kN.cm}$$

Momento fletor devido à excentricidade da cortante

$$M_{ec} = V \cdot ec = 49 \cdot 4,8 = 235,2 \text{ kN.cm}$$

VERIFICAÇÃO DOS PARAFUSOS DA ALMA

Momento de Inércia Polar do sistema de parafusos submetidos à torção (apenas de uma lado da ligação)

$$I_{par} = \sum_{i=1}^n (x_i^2 + y_i^2) = 4 \cdot 2,4^2 + 4 \cdot 7,2^2 + 8 \cdot 2,4^2 = 276,5 \text{ cm}^4$$

Componente vertical do cisalhamento devido aos momentos fletores

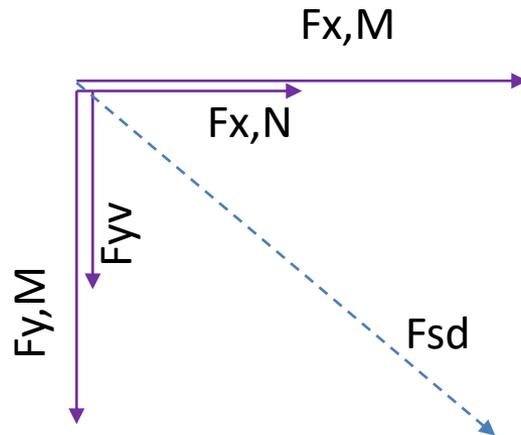
$$F_{y, M} = \frac{(M_w + M_{ec}) \cdot x}{I_{par}} = \frac{(1499,2 + 235,2) \cdot 2,4}{276,5} = 12,86 \text{ kN}$$

Componente horizontal do cisalhamento devido aos momentos fletores

$$F_{x, M} = \frac{(M_w + M_{ec}) \cdot y}{I_{par}} = \frac{(1499,2 + 235,2) \cdot (2,4 + 4,8)}{276,5} = 38,59 \text{ kN}$$

VERIFICAÇÃO DOS PARAFUSOS DA ALMA

Esforço cortante resultante



$$F_{Sd} = \sqrt{(F_{x,M} + F_{x,N})^2 + (F_{y,M} + F_{y,V})^2}$$

$$F_{Sd} = \sqrt{(38,59 + 2,42)^2 + (12,86 + 6,125)^2} = 45,19 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = \frac{2 \cdot (0,4 \cdot A_b \cdot F_u)}{1,35} \rightarrow \text{Adotaremos Parafusos ASTM A325 Diam. 12mm}$$

$$F_{Rd} = \frac{2 \cdot (0,4 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 1,2^2 \cdot 82,5)}{1,35} = 55,29 \text{ kN} \rightarrow \text{OK APROVADO}$$

Verificação do rasgamento da alma do perfil

Rasgamento entre dois furos consecutivos

$$F_{x,Rd} = \frac{1,5 \cdot l_c \cdot t \cdot F_u}{1,35} = \frac{1,5 \cdot (4,8 - 1,2 - 0,15 - 0,2) \cdot 0,65 \cdot 45}{1,35} = 105,62 \text{ kN}$$

$$F_{x,Rd,max} = \frac{3 \cdot D_b \cdot t \cdot F_u}{1,35} = \frac{3 \cdot 1,2 \cdot 0,65 \cdot 45}{1,35} = 78 \text{ kN}$$

Valores da resistente são superiores a ($F_{xM} + F_{xN} = 2,42 + 38,59 = 41,01 \text{ kN}$), Aprovado para X. Como a distância entre dois parafusos consecutivos na direção Y é a mesma, aprovamos também para ($F_{yV} + F_{yM} = 12,86 + 6,125 = 18,98 \text{ kN}$)

Rasgamento entre furo e borda

$$F_{x,Rd} = \frac{1,5 \cdot l_c \cdot t \cdot F_u}{1,35} = \frac{1,5 \cdot (2,4 - 0,6 - 0,075 - 0,1 - 0,3) \cdot 0,65 \cdot 45}{1,35} = 43,06 \text{ kN}$$

$$F_{x,Rd,max} = \frac{3 \cdot D_b \cdot t \cdot F_u}{1,35} = \frac{3 \cdot 1,2 \cdot 0,65 \cdot 45}{1,35} = 78 \text{ kN}$$

O Valor 0,3 é para deixar uma folga máxima de 6mm (3mm para cada lado) entre as duas vigas ligadas.

VERIFICAÇÃO DOS PARAFUSOS DA MESA

Esforço de cisalhamento devido à tração axial

$$V_{x,N} = \frac{\left(\frac{A_f}{A_g} \cdot N\right)}{16} = \frac{\left(\frac{A_g - A_w}{50,2} \cdot 45\right)}{16} = \frac{\left(\frac{50,2 - 21,55}{50,2} \cdot 45\right)}{16} = 1,61 \text{ kN}$$

Momento fletor tributário referente à alma do perfil

$$I_{xmesa} = I_x - I_{xalma} = 10331 - \frac{t_w \cdot h^3}{12} = 10331 - \frac{0,65 \cdot 35,3^3}{12} = 7949 \text{ cm}^4$$

$$M_f = \left(\frac{I_{xmesa}}{I_x}\right) \cdot M \rightarrow \left(\frac{7949}{10331}\right) \cdot 6500 = 5001,3 \text{ kN.cm}$$

Cortante solicitante devido ao momento fletor:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M \cdot d}{I_{mesa}} = \frac{5001 \cdot \left(\frac{35,3}{2} - 1,07\right)}{7949} = 10,431 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$V_{xM, Sd} = \frac{\sigma \cdot A_f}{8} = \frac{10,431 \cdot \frac{28,65}{2}}{8} = 18,67 \text{ kN}$$

$$V_{xSd} = 1,61 + 18,67 = 20,31 \text{ kN}$$

VERIFICAÇÃO DOS PARAFUSOS DA MESA

Verificação da resistência dos Parafusos para duas talas nas mesas

$$F_{Rd} = \frac{2 \cdot (0,4 \cdot A_b \cdot F_u)}{1,35} \rightarrow \text{Adotaremos Parafusos ASTM A325 Diam. 12mm}$$

$$F_{Rd} = \frac{2 \cdot (0,4 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 1,2^2 \cdot 82,5)}{1,35} = 55,29 \text{ kN} \rightarrow \text{OK APROVADO com 2 talas}$$

Verificação da resistência dos Parafusos para uma tala nas mesas

$$F_{Rd} = \frac{1 \cdot (0,4 \cdot A_b \cdot F_u)}{1,35} \rightarrow \text{Adotaremos Parafusos ASTM A325 Diam. 12mm}$$

$$F_{Rd} = \frac{1 \cdot (0,4 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 1,2^2 \cdot 82,5)}{1,35} = 27,64 \text{ kN} \rightarrow \text{OK APROVADO com 1 tala}$$

Verificação do rasgamento da mesa do perfil

Rasgamento entre dois furos consecutivos

$$F_{x,Rd} = \frac{1,5 \cdot l_c \cdot t \cdot F_u}{1,35} = \frac{1,5 \cdot (4,8 - 1,2 - 0,15 - 0,2) \cdot 1,07 \cdot 45}{1,35} = 173,87 \text{ kN}$$

$$F_{x,Rd,max} = \frac{3 \cdot D_b \cdot t \cdot F_u}{1,35} = \frac{3 \cdot 1,2 \cdot 1,07 \cdot 45}{1,35} = 128,4 \text{ kN} > 20,31 \text{ OK}$$

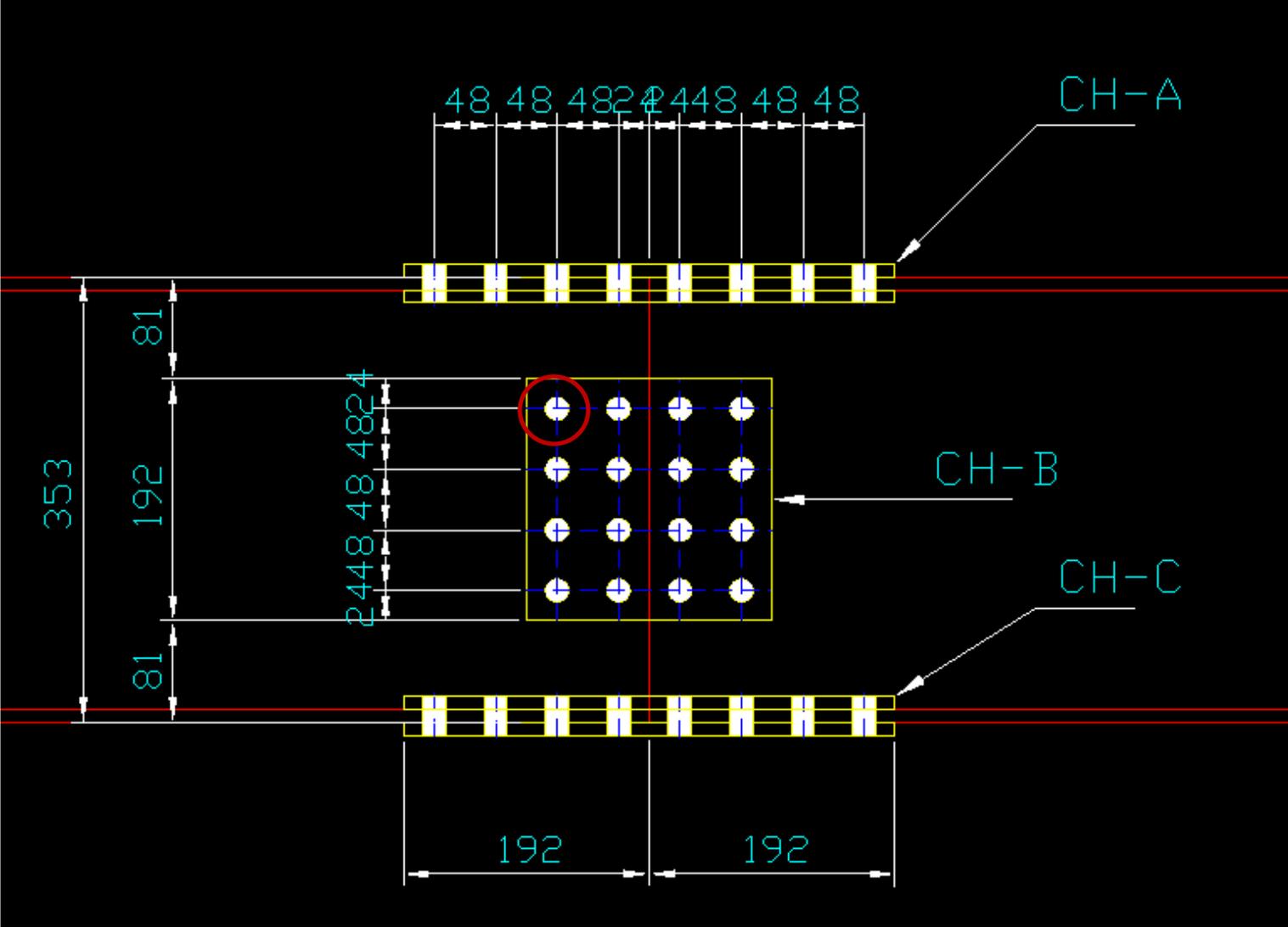
Rasgamento entre furo e borda

$$F_{x,Rd} = \frac{1,5 \cdot l_c \cdot t \cdot F_u}{1,35} = \frac{1,5 \cdot (2,4 - 0,6 - 0,075 - 0,1 - 0,3) \cdot 1,07 \cdot 45}{1,35} = 70,88 \text{ kN OK!}$$

$$F_{x,Rd,max} = \frac{3 \cdot D_b \cdot t \cdot F_u}{1,35} = \frac{3 \cdot 1,2 \cdot 1,07 \cdot 45}{1,35} = 128,4 \text{ kN}$$

Adotaremos apenas 1 Tala de emenda (Externa) nas mesas do perfil

VERIFICAÇÃO DAS TALAS DA ALMA



Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

VERIFICAÇÃO DAS TALAS DA ALMA

Adotaremos espessura = 10mm

Tensão de Cisalhamento (Seção Bruta)

$$\tau_{SdAg} = \frac{49}{2 \cdot (19,2 \cdot 1,0)} = 1,28 \frac{kN}{cm^2}$$

Tensão de Cisalhamento – Seção Líquida

$$\tau_{SdAn} = \frac{49}{2 \cdot \{19,2 - [4 \cdot (1,2 + 0,15 + 0,2)]\} \cdot 1,0} = 1,88 \frac{kN}{cm^2}$$

$$\tau_{Rd} = \frac{0,6 \cdot F_y}{1,1} = \frac{0,6 \cdot 25}{1,1} = 13,63 \text{ kN/cm}^2 \text{ (OK 14\%)}$$

VERIFICAÇÃO DAS TALAS DA ALMA

Adotaremos espessura = 10mm

Tensão Normal (Seção Bruta)

$$\sigma_{NSd} = \frac{(F_x, M + F_x, N)}{A_{trib}} = \frac{(38,59 + 2,42)}{4,8 \cdot 1,0} = 8,54 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{Rd} = \frac{F_y}{1,1} = \frac{25}{1,1} = 22,72 \text{ kN (OK 38\%)}$$

Tensão de Normal – Seção Líquida

$$\sigma_{NSd} = \frac{(F_x, M + F_x, N)}{A_{Ntrib}} = \frac{(38,59 + 2,42)}{(4,8 - 1,2 - 0,15 - 0,2) \cdot 1,0} = 12,61 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{Rd} = \frac{F_u}{1,35} = \frac{40}{1,35} = 29,62 \text{ kN (OK 43\%)}$$

VERIFICAÇÃO DAS TALAS DA MESA

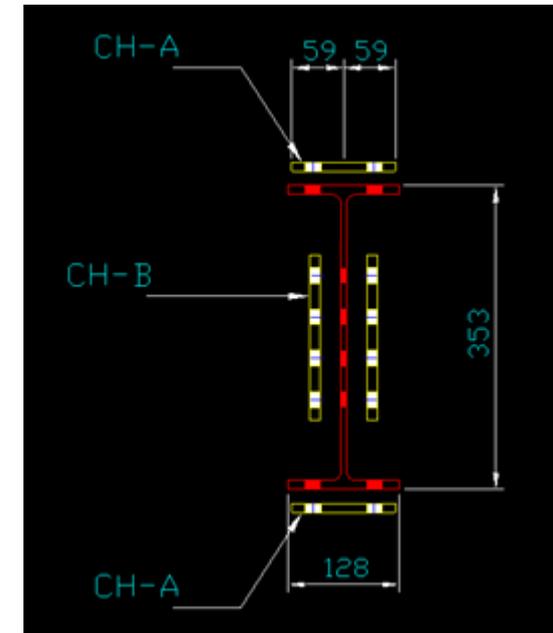
Adotaremos espessura = 10mm

Força atuante nas mesas

$$F_{Sd} = 20,31.8 = 162,48 \text{ kN}$$

Verificação à tração: escoamento da Seção bruta

$$N_{tRd} = \frac{A_g \cdot F_y}{1,1} = \frac{11,8 \cdot 1,0 \cdot 25}{1,1} = 268 \text{ kN}$$



Verificação à tração: Ruptura da Seção Líquida

$$N_{tRd} = \frac{A_n \cdot F_u}{1,35} = \frac{(11,8 - 2 \cdot (1,2 + 0,15 + 0,2)) \cdot 1,0 \cdot 40}{1,35} = 257 \text{ kN OK APROVADO (63\%)}$$

VERIFICAÇÃO DA MESA DO PERFIL

Força atuante nas mesas

$$F_{Sd} = 20,31 \cdot 8 = 162,48 \text{ kN}$$

Tensão Atuante na seção Bruta

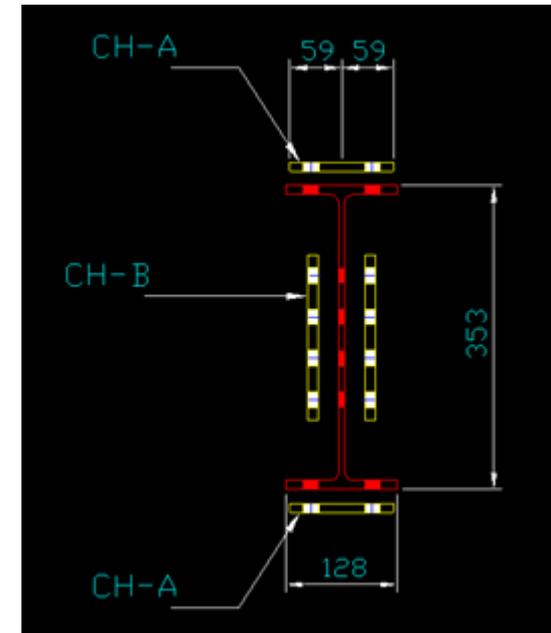
$$\sigma = \frac{F_{Sd}}{A_f} = \frac{162,48}{12,8 \cdot 1,07} = 11,87 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{Rd} = \frac{F_y}{1,1} = \frac{34,5}{1,1} = 31,36 \text{ kN (OK 38\%)}$$

Tensão Atuante na Seção Líquida

$$\sigma = \frac{F_{Sd}}{A_f} = \frac{162,48}{(12,8 - 2 \cdot (1,2 + 0,15 + 0,2)) \cdot 1,07} = 17,13 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{Rd} = \frac{F_u}{1,35} = \frac{45}{1,35} = 33,33 \text{ kN (OK 51,4\%)}$$



Verificação do rasgamento das talas

Rasgamento entre dois furos consecutivos

$$F_{x,Rd} = \frac{1,5 \cdot l_c \cdot t \cdot F_u}{1,35} = \frac{1,5 \cdot (4,8 - 1,2 - 0,15 - 0,2) \cdot 1,0 \cdot 40}{1,35} = 145 \text{ kN}$$

$$F_{x,Rd,max} = \frac{3 \cdot D_b \cdot t \cdot F_u}{1,35} = \frac{3 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 40}{1,35} = 107 \text{ kN} > 41,01/2 = 20,50 \text{ OK}$$

Rasgamento entre furo e borda

$$F_{x,Rd} = \frac{1,5 \cdot l_c \cdot t \cdot F_u}{1,35} = \frac{1,5 \cdot (2,4 - 0,6 - 0,075 - 0,1) \cdot 1,0 \cdot 40}{1,35} = 72,22 \text{ kN OK!}$$

$$F_{x,Rd,max} = \frac{3 \cdot D_b \cdot t \cdot F_u}{1,35} = \frac{3 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 40}{1,35} = 107 \text{ kN}$$

Todas as Verificações da tala de emenda da alma e das mesas foram aprovadas