Exercices d'application : Charpente métallique

Les assemblages

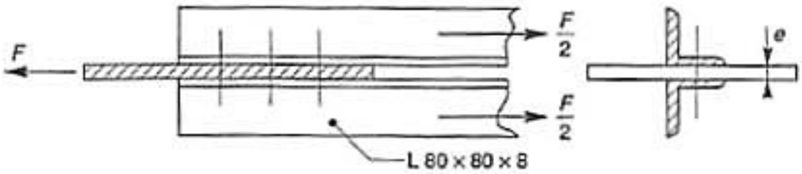
Exercice N°01 :

Soit un assemblage de deux cornières sur un gousset comme montré sur la figure suivante.

- Déterminer le nombre de boulons nécessaires pour cet assemblage.

Sachant que : F = 440 kN , e = 8 mm, Acier S235, diamètre des boulons φ 16 et classe 8.8, A_s=157 mm^2.

Quel est le nombre de boulons si on réduit la classe de l'acier à la classe 6.8 ?



Solution :

– *Résistance d'un boulon au cisaillement*

$F_v = 0{,}6\, f_{ub} \,.\, A_s / \gamma_{Mb}$ par plan de cisaillement

$A_s = 157\ mm^2$

$F_{ub} = 800\ MPa$

$\gamma_{Mb} = 1{,}25$

Nombre de plans de cisaillement : $m = 2$

soit

$F_v = 2 \times 0{,}6 \times 800 \times 10^{-3} \times 157 / 1{,}25 = 121\ kN$

– *Nombre de boulons nécessaires*

$$n = \frac{F}{F_v} = \frac{440}{121} = 3{,}66$$

$n = 4$

Le nombre de boulons si on réduit la classe de l'acier à la classe 6.8

$$F_v = 2 \times 0{,}6 \times 600 \times 10^{-3} \times \frac{157}{1{,}25} = 90\ kN$$

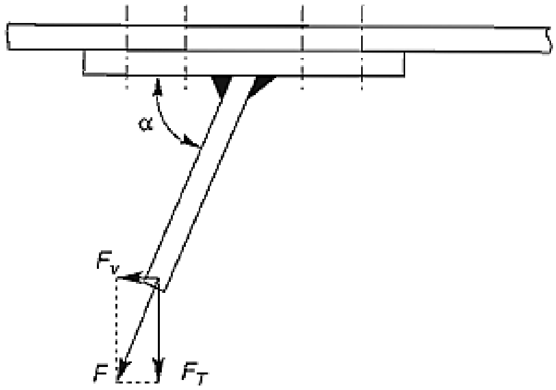
$$n = \frac{F}{F_v} = \frac{440}{90} = 4{,}9 \qquad n = 5$$

Exercice N°2 :

Soit un assemblage sollicité selon les deux directions comme montré sur la figure ci-contre.

Données : 8 boulons HR 10.9 diamètre 16 mm, $\alpha = 60°$, $\mu = 0,30$, Ks = 1,1 et As = 157 mm^2

- Déterminer la valeur de F ?



Solution :

Déterminer la valeur de F

– *Efforts sollicitant les boulons*

$$F_T = F \sin \alpha = \frac{F\sqrt{3}}{2}$$

$$F_v = F \cos \alpha = \frac{F}{2}$$

$$F_v = k_s \cdot m \cdot \mu \left(\frac{F_p - 0,8\ F_T}{\gamma_{Ms}} \right) = \frac{F}{2}$$

$k_s = 1,10$
$m = 1$
$\mu = 0,30$

$A_s = 157$ mm^2
$f_{ub} = 1\,000$ MPa
$\gamma_{Ms} = 1,25$

$F_p = 0,7 \cdot f_{ub} \cdot A_s = 110$ kN

Soit :

$$1,10 \times 0,3 \frac{\left(110 - 0,8 \times \frac{F\sqrt{3}}{2}\right)}{1,25} = \frac{F}{2}$$

D'où l'on tire, pour un boulon :

$F = 42,5$ kN

Soit, pour l'assemblage complet de 8 boulons :

$F = 8 \times 42,5 = 340$ kN

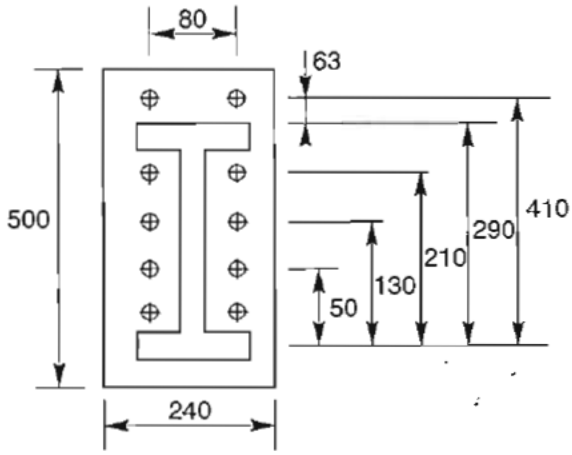
Exercice N°3 :

Soit un assemblage sollicité par :

- un moment fléchissant $M = 320$ kNm,
- un effort tranchant $V = 80$ kN,

et constitué de 10 boulons HR 10.9 selon la figure ci-après. La platine a une épaisseur de 28 mm et le coefficient de frottement vaut $\mu = 0{,}30$.

Déterminer le diamètre des boulons, sachant que la poutre est un IPE 360 et le poteau un IPE 400.



Solution :

- *Détermination des efforts dans les boulons*

  Nous considérons uniquement les boulons tendus, c'est-à-dire les trois rangées supérieures de boulons. Soit :

$$N_i = \frac{M \,.\, d_i}{\Sigma\, d^2{}_i}$$

$$\left.\begin{array}{l} d_1 = 410 \text{ mm} \\ d_2 = 290 \text{ mm} \\ d_3 = 210 \text{ mm} \end{array}\right\} \rightarrow \Sigma\, d^2{}_i = 2\ 963 \text{ mm}^2$$

$$N_1 = \frac{320 \times 0{,}41}{2\ 963} = 442 \text{ kN}$$

$$N_2 = \frac{320 \times 0{,}29}{2\ 963} = 313 \text{ kN}$$

$$N_3 = \frac{320 \times 0{,}21}{2\ 963} = 227 \text{ kN}$$

Il faut que $N_1 \leq n\, F_p$ avec $F_p = 0{,}7\, f_{ub} \,.\, A_s$.

Soit :

$$A_s \geq \frac{N_1}{0{,}7 \,.\, f_{ub} \,.\, n}$$

$$A_s \geq \frac{442}{0{,}7 \times 1\,000 \times 10^{-3} \times 2} = 316 \text{ mm}^2$$

Soit un boulon de diamètre $d = 24$ mm ($A_s = 353$ mm^2).

- *Moment résistant effectif de l'assemblage*

$$M_R = \frac{N_1 \,.\, \Sigma\, d^2_i}{d_1}$$

avec : $N_1 = 0{,}7 \,.\, f_{ub} \,.\, A_s$
$N_1 = 0{,}7 \times 1\,000 \times 10^{-3} \times 353 = 247$ kN
pour un boulon, soit 494 kN pour une rangée.

D'où :

$$M_R = \frac{494 \times 2\,963}{410} = 357 \text{ kNm}$$

- *Résistance de l'assemblage sous l'effort tranchant*

Par boulon : $V_1 = \frac{V}{n} = \frac{80}{10} = 8$ kN

Il faut vérifier que :

$V_1 \leq F_s = k_s \,.\, m \,.\, \mu \,.\, F_p \,/\, \gamma_{Ms}$

$V_1 \leq 0{,}3 \times 247 \,/\, 1{,}25 = 59$ kN

- *Résistance de l'âme du poteau en traction*

$F_t = f_y \,.\, t_{wc} \,.\, b_{eff} \,/\, \gamma_{M0}$

$F_t = 235 \times 8{,}6 \times 80 = 1\,617$ kN

$$F_v = \frac{M}{h - t_f} = \frac{320}{0{,}347} = 922 \text{ kN} < F_t$$

- *Résistance de l'âme du poteau en compression (non raidie)*

$b_{eff} = 12{,}7 + (2 \times 28) + 5\,(13{,}5 + 21)$

$b_{eff} = 239$ mm

$$\sigma_n = \frac{V}{A} + \frac{M \,.\, v}{I} = \frac{80}{84 \times 10^{-4}} + \frac{320}{1\,160 \times 10^{-6}}$$

$\sigma_n = 285 \text{ MPa} > f_y = 235 \text{ MPa}$

D'où nécessité de raidissage (raidisseurs d'épaisseur 14 mm).

– *Résistance de l'âme du poteau au cisaillement*

$V_R = 0{,}58\, f_y \,.\, h \,.\, t_w \,/\, \gamma_{M0}$

$V_R = 0{,}58 \times 235 \times 400 \times 8{,}6 = 469$ kN

L'effort de cisaillement vaut :

$$F_v = \frac{M}{h - t_f} = \frac{320}{0{,}347} = 922 \text{ kN}$$

$F_v > V_R \rightarrow$ nécessité de poser une fourrure d'âme (épaisseur 10 mm).

D'où : $t_w = 8{,}6 + 10 = 18{,}6$ et $V_R = 1\,014$ kN $> F_v = 922$ kN