

Chapitre 8

CISAILLEMENT

8.1 GENERALITES

Dans le chapitre précédent nous avons étudié les contraintes tangentielles engendrées par un effort tranchant en présence d'un moment fléchissant. Nous allons maintenant considérer les contraintes tangentielles dues à l'effort tranchant seul.

Ces contraintes tendent à cisailer la section et provoquent ainsi des déformations angulaires. Si en pratique il est difficile de séparer les sollicitations les une des autres, il est encore plus difficile de réaliser des déformations de cisaillement dans sa forme pure, elles sont généralement accompagnées de déformations de flexion. Cependant les exemples considérés comme étant en cisaillement pur sont nombreux: les composants des assemblages métalliques constituent la majorité. La Fig. 8.1 représente un joint boulonné.

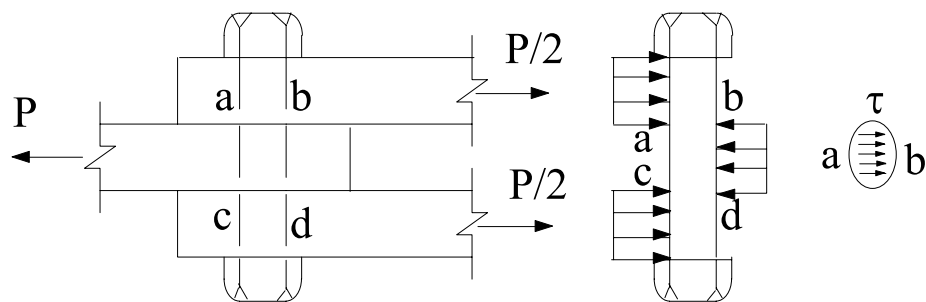


Fig. 8.1

8.2 CALCUL DES CONTRAINTES DE CISAILLEMENT

Considérons le cas d'un tronçon de poutre à deux forces comme le montre la Fig. 8.2.

Nous avons l'effort tranchant:

$$T = F \quad (8-1)$$

Et la relation entre l'effort tranchant et la contrainte tangentielle agissant sur la face de la section s'écrit:

$$T = \iint_s \tau ds \quad (8-2)$$

Pour une distribution uniforme des contraintes sur le plan de la section l'équation s'écrit donc:

$$T = \tau S \quad (8-3)$$

$$\Rightarrow \tau = \frac{T}{A} \quad (8-4)$$

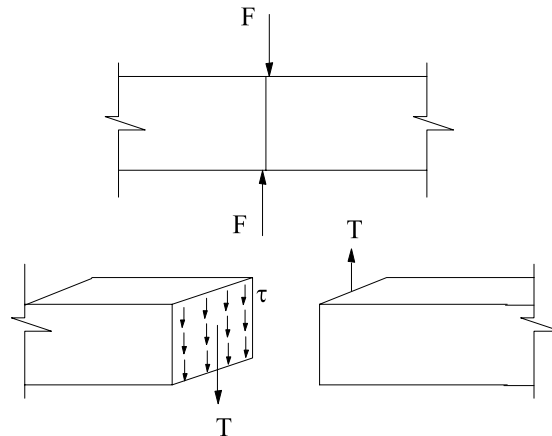


Fig. 8.2

ou d'après (8-1) $\tau = \frac{F}{A}$

En réalité les contraintes tangentielles ne sont pas uniformément réparties sur le plan de la section car elles s'annulent aux voisinages des faces supérieures et inférieures d'après la loi de parité. Cependant la formule (8-5) est largement utilisée pour le calcul des assemblages boulonnés rivetés ou soudés.

8-3 ETAT DE CISAILLEMENT PUR

Dans l'état de contrainte de cisaillement pur, les contraintes principales suivant les plans inclinés à 45° sont:

$$\sigma_1 = -\sigma_2 = \tau \quad (8-6)$$

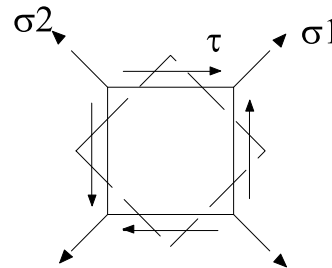


Fig. 8.3

8-4 CALCUL DE RESISTANCE EN CISAILLEMENT PUR

Le calcul de cisaillement pur consiste à déterminer la contrainte tangentielle τ_{max} dans l'élément le plus sollicité et comparer cette valeur avec la contrainte admissible. La condition de résistance au cisaillement s'écrit sous la forme:

$$\tau \leq [\tau] \quad (8-7)$$

La contrainte de cisaillement admissible est déterminée en fonction de la contrainte normale admissible qui est une caractéristique du matériau. Pour cela on établit les critères de résistance aux contraintes principales qui apparaissent en cisaillement pur définies par l'équation (8-6).

D'après la première théorie de résistance :

$$\sigma_1 = \tau \leq [\tau] \quad (8-9)$$

$$\Rightarrow [\tau] = [\sigma]$$

D'après la deuxième théorie

$$\sigma_1 - \nu\sigma_2 \leq [\sigma]$$

$$\tau + \nu\tau \leq [\sigma]$$

$$\tau \leq \frac{[\sigma]}{1+\nu}$$

$$\Rightarrow [\tau] = \frac{[\sigma]}{1+\nu} \quad (8-10)$$

Pour les métaux: $\nu = 0.25$ à $0.42 \Rightarrow [\tau] = (0.7, 0.8) [\sigma]$

D'après la troisième théorie

$$\sigma_1 - \sigma_2 \leq [\sigma]$$

$$\tau + \tau \leq [\tau]$$

$$\tau \leq \frac{[\sigma]}{2}$$

$$\Rightarrow [\tau] = \frac{[\sigma]}{2} \quad (8-11)$$

D'après la quatrième théorie

$$\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_2} \leq [\sigma]$$

$$\tau \leq \frac{[\sigma]}{\sqrt{3}}$$

$$\Rightarrow [\tau] = \frac{[\sigma]}{\sqrt{3}} \approx 0.6[\sigma] \quad (8-12)$$

Notons que lors du calcul des éléments en matériaux ductiles (boulons, rivets,...etc.) Cette dernière formule est la plus utilisée.

8-5 APPLICATION

Deux bandes d'acier sont assemblées par 2 rivets comme le montre la Figure 8.4. vérifier la résistance de l'assemblage.

$$[\sigma] = 100\text{N/mm}^2 \quad (\text{plaque})$$

$$[\sigma] = 80\text{N/mm}^2 \quad (\text{rivets})$$

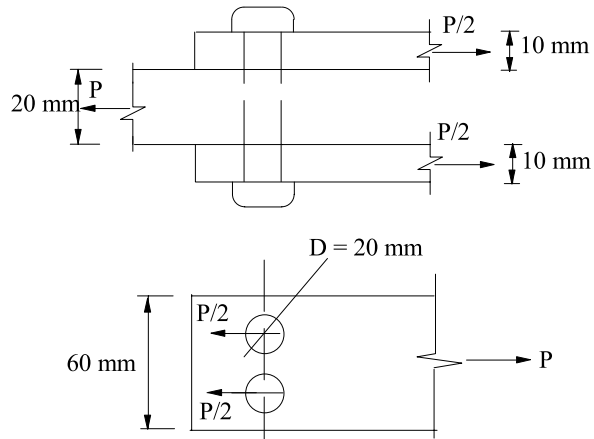
Solution:

1) Les rivets:

Effort tranchant au niveau de chaque section de rivet:

$$T = \frac{P/2}{2} = \frac{P}{4}$$

Contrainte tangentielle:

**Fig. 8.4**

$$\tau = \frac{T}{S} = \frac{4T}{\pi d^2} = \frac{P}{\pi d^2} = \frac{5 \times 10^4}{\pi (20)^2} = 39.8 \text{ N/mm}^2 < 0.6 \times 80 = 48 \text{ N/mm}^2$$

2/ La plaque:

La section nette:

$$60 \times 10 - 2 \times 10 \times 20 = 200 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{N}{S_{\text{nette}}} = \frac{5 \times 10^4 / 2}{200} = 125 \text{ N/mm}^2 > 100 \text{ N/mm}^2$$

Quelle est donc b_{min} pour que la plaque résiste?

$$S_{\text{nette}} = 10b - 400$$

$$\frac{P/2}{10b - 400} \leq [\sigma]$$

$$\Rightarrow (10b - 400) = 2.5 \times 10^4$$

$$\Rightarrow b_{\text{min}} = \frac{2.5 \times 10^4 + 4 \times 10^4}{10 \times 100} = 65 \text{ mm}$$

EXERCICES / chapitre 8

7.1 Calculer le nombre de rivets de 10 mm de diamètre nécessaire pour assembler la pièce de la Fig. E7.1, sachant que $[\sigma] = 100 \text{ N/mm}^2$

✓ 44 rivets

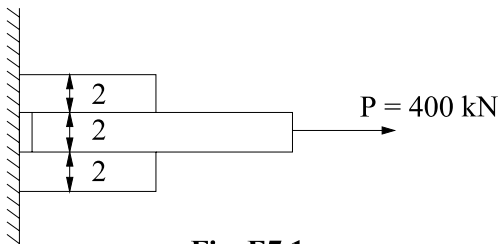


Fig. E7.1

7.2 Vérifier la résistance de l'assemblage de la Fig. E7.2 sachant que

$[\sigma] = 100 \text{ N/mm}^2$ pour la plaque et $[\sigma] = 80 \text{ N/mm}^2$ pour les rivets.

✓ $159.2 \text{ N/mm}^2, 250 \text{ N/mm}^2$

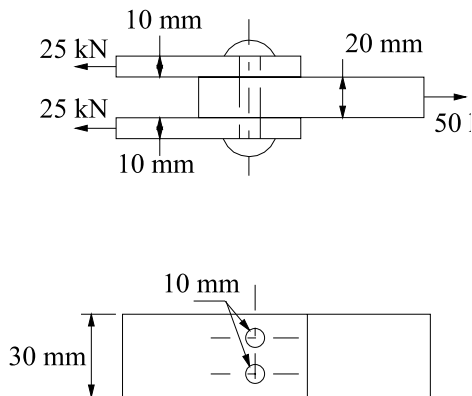


Fig. E7.2

7.3 Pour percer des trous dans une tôle en aluminium de 4 mm d'épaisseur, on utilise une poinçonneuse ayant une aiguille de 20 mm de diamètre. Quelle force faut-il appliquer au niveau de l'aiguille (Fig. E.73) pour percer la tôle si la contrainte admissible de l'aluminium est de 275 N/mm^2 .

✓ $P = 69 \text{ N}$

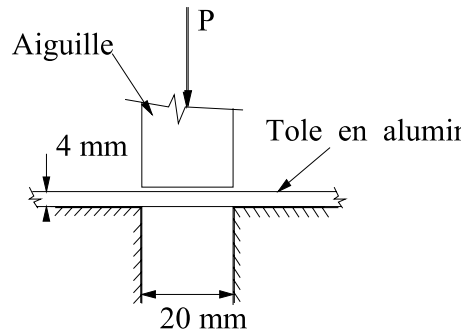


Fig. E7.3

7.4 L'adhérence d'une barre d'acier au béton est déterminée par un 'teste d'arrachement' (Fig. E7.4). Pour arracher une barre de diamètre $d = 12 \text{ mm}$ et de longueur enrobée $L = 300 \text{ mm}$, on doit exercer une force de traction $P = 17.8 \text{ kN}$, quelle est la contrainte d'adhérence acier-béton.

✓ 1.57 N/mm^2

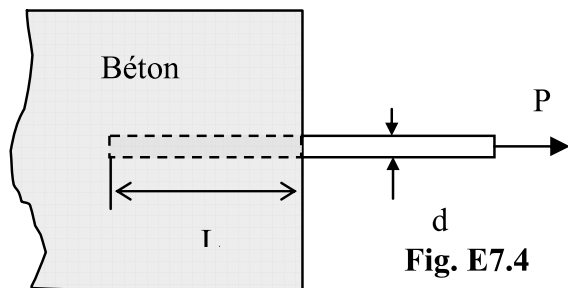


Fig. E7.4