METHODES DE DIMENSIONNEMENT D'ASSEMBLAGES BOULONNES PAR PLATINE D'EXTREMITE

Par
Dr F.Z MIMOUN-AOUAJA, Dr M. MIMOUN
Chargés de Cours à l'Institut de Génie Civil de l'Université de Sétif

Résumé

Le présent article se limite à la comparaison théorique de quelques méthodes de dimensionnement d'assemblages boulonnés H.R. par platine d'extrémité. Il fait ressortir certains points communs entre ces méthodes. La confrontation avec les résultats expérimentaux sera présentée dans un prochain article.

Mots clés : assemblage - boulon H.R - déformation - effet de levier - mécanisme - platine d'extrémité.

1 INTRODUCTION

L'utilisation des boulons à haute résistance (H.R.) dans les assemblages en construction métallique, s'est développée depuis plusieurs années. Ce moyen d'assemblage est apparu tout d'abord en Amérique où il supplantait avantageusement le procédé traditionnel de rivetage en évitant, entre autres raisons, le bruit qui en résultait sur les chantiers.

Le boulon à haute résistance permet un montage commode et rapide des éléments tout en assurant la continuité par l'intermédiaire de la précontrainte.

L'assemblage par boulons H.R. est un assemblage où la force de serrage des boulons est telle que les pièces ainsi liées ne peuvent avoir de déplacements relatif sous la charge de service [1]. Le calcul précis de ce type d'assemblage, par exemple poutre-poutre, est complexe ; la répartition des efforts de traction entre les différentes rangées de boulons dépend de la rigidité de la platine (plaque).

Dans cet article, nous allons étudier les différentes méthodes de calcul et de vérification des assemblages boulonnés H.R. par platine d'extrémité, ou encore d'une façon générale les assemblages dont les boulons sont sollicités suivant leur axe [2].

Les résultats théoriques obtenus avec ces méthodes et confrontés aux résultats expérimentaux seront présentés dans un prochain article.

2 MODES D'ASSEMBLAGE PAR PLATINE D'EXTREMITE

En construction métallique, ce type d'assemblage est conçu pour réaliser la continuité entre les éléments de la structure. La fixation est réalisée par l'intermédiaire d'une plaque soudée à l'extrémité de la poutre et boulonnée sur l'aile du poteau (poutre). La platine peut être souple ou rigide ; dans le premier cas celle-ci va se plastifier localement et les efforts au droit des boulons situés immédiatement de part et d'autre de la semelle tendue de la poutre sont égaux [3]. Dans le deuxième cas, la platine est dimensionnée de telle sorte qu'il n'existe pas d'effet de levier ; on peut considérer qu'il y a une répartition linéaire des déformations de la platine au droit des diverses rangées de boulons.

3 EFFET DE LEVIER

Il a été constaté par l'expérience l'existence de l'effort de levier dû à la flexion des platines d'extrémité [4], [5], [6]. La charge extérieure (2F) a pour effet la déformation des pièces à assembler, ces dernières ont donc tendance à s'appuyer l'une sur l'autre sur leurs bords et ce sont les boulons qui doivent reprendre ces réactions appelées effet de levier (Figure 1). Cet effet se développe quand la charge extérieure augmente et il disparaît quand la charge extérieure provoque la séparation des plaques.

4 METHODES DE CALCUL ET DE VERIFICATOIN

4.1 NF-P22 460 (7)

Cette méthode s'applique à des assemblages soumis à des sollicitations statiques, la hauteur maximale des profilés I est égale à 1000 mm.

❑ Position de l'axe neutre

$$X = e_{sb}\sqrt{\frac{b_b}{e_{ab}}}$$

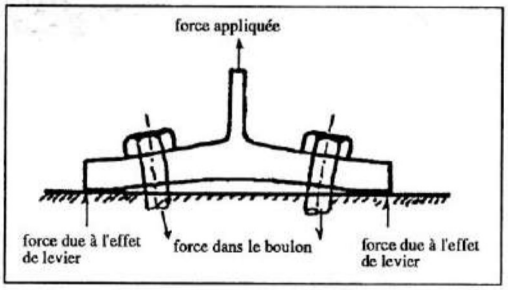


Figure 1 : Réactions dûes à l'effet de levier.

$$A_c = e_{sb}\left[b_b + \sqrt{b_b \cdot e_{ab}}\right]$$

❑ Boulons extérieurs

$$N_1 \le P_v$$

$$N_1 \le 375\ e_p \left(\frac{a_4}{a_3} \cdot \frac{S}{S + a_4}\right)$$

❑ Boulons centraux

$$N_1 \le P_v$$

$$N_1 \le 375\ e_p \left(\frac{a_2}{a_1} \cdot \frac{S_2}{S_2 + a_2}\right)$$

Le moment résistant de l'assemblage est égal au moment dû aux efforts de tous les boulons par rapport à l'axe neutre (Figure 2).

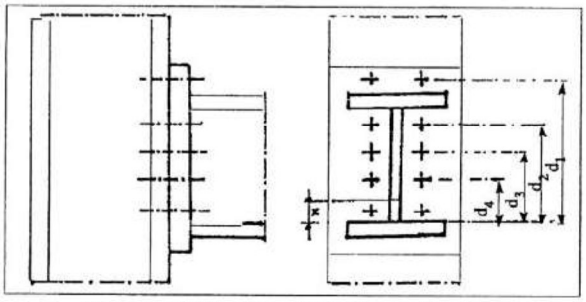


Figure 2 : Moment résistant de l'assemblage.

4.2 Méthode de Sherbourne [3]

Elle s'applique aux assemblages poutre-poteau munis de platine d'extrémité. Le dimensionnement des boulons et de la platine se fait par la formule suivante :

○ Section nette du boulon

$$A_b = \frac{b_b \cdot e_{sb} \cdot \sigma_e}{4\sigma_{eb}}$$

○ Epaisseur de la platine

$$\left(\frac{b_b \cdot e_{sb}}{b_p \cdot e_p}\right)^2 \left[\left(\frac{S_1}{2e_p}\right)^2 + \frac{3}{4}\right] = 1$$

4.3 Méthode de H. Agerskov [4]

Elle s'applique aux assemblages avec platine d'extrémité et à des assemblages avec des éléments en Té, (Figure 3). Deux hypothèses sont avancées : la première suppose que le décollement des plaques s'effectue avant que le moment plastique ne soit atteint au pied du Té. Par contre la deuxième, considère que le moment plastique est atteint avant le décollement des plaques (Figure 3).

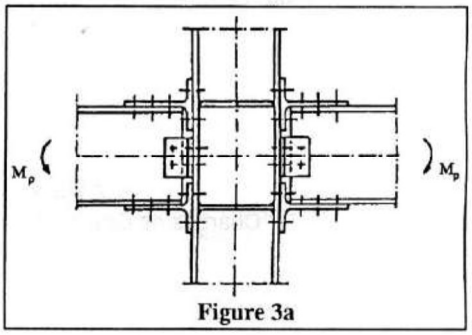


Figure 3a

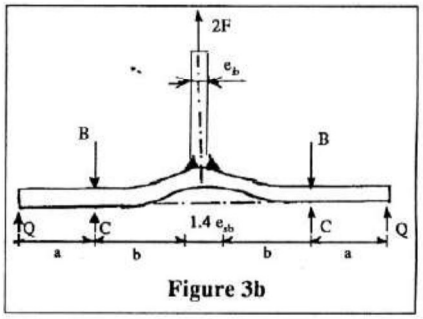


Figure 3b

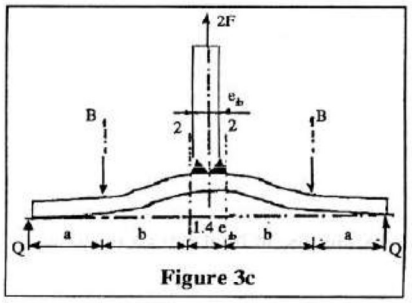


Figure 3c

Figure 3 : Assemblage en Té.

▲ Premier cas

$$F\,(a+b) - Ba = 0.5\ W\ e_p^2\ \sigma$$

✓ effort de décollement

$$B'_o = Pv\,(1 + K_3 / K_2)$$

✓ forces dues à l'effet de levier

$$Q = B - F$$

✓ coefficient d'effet de levier

$$\beta = 1 + Q / F$$

Dans le cas de plaques relativement rigides, ou dans le cas où la distance (a) est faible, le décollement des plaques se produira à partir des extrémités ; les forces dues à l'effet de levier s'annulent et l'effort dans les boulons sera égal à l'effort extérieur.

charge limite de l'assemblage

$$Fb = 0.5\ W\ e_p^2 \sqrt{\sigma_e^2 - 3\left(\frac{F}{W \cdot e_p}\right)^2}$$

▲ Deuxième cas

La différence avec le premier cas réside dans le fait qu'il existe des forces de contact (compression) entre les plaques au droit des boulons à l'état limite de l'assemblage.

$$C = P_v \frac{B_o' - B}{B_o - P_v}$$

$$Q = B - F - C$$

$$ß = 1 + Q / F$$

4.4 Méthode de Zoetemeyer [8]

Dans cette théorie, il est supposé que les déformations plastiques de la semelle et/ou des boulons s'effectuent avant la ruine de l'ensemble de l'assemblage. Deux mécanismes de ruine (Figure 4), se rapprochant beaucoup des mécanismes observés expérimentalement, sont proposés.

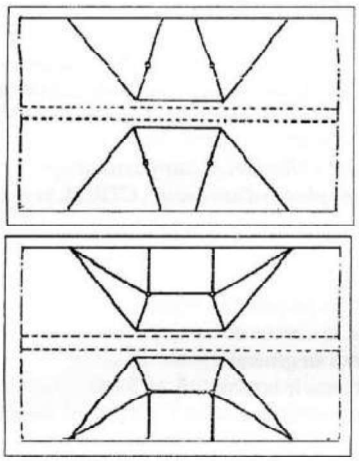


Figure 4 : Mécanismes de ruine par lignes d'articulation plastiques dans la platine.

❑ Mécanisme 1

$$F_u = (S + 5.5\ b + 4a')\ m_p$$

avec :

m_p moment plastique par unité de longueur de la semelle.

❑ Mécanisme 2

$$Fb = 2\ (S + 4b + 1.25\ a')\ m_p$$

5 APPLICATION NUMERIQUE

On prendra trois assemblages comportant des boulons extérieurs. On conservera les mêmes caractéristiques des matériaux utilisés (Figure 5).

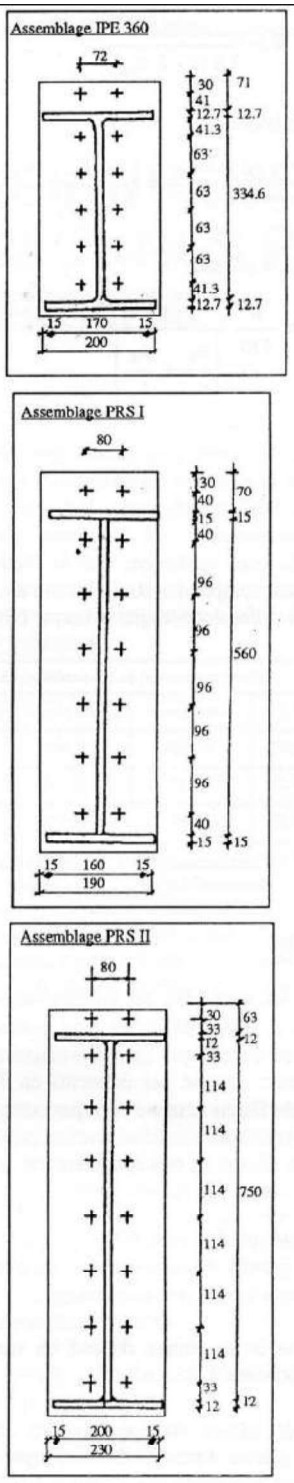


Figure 5 : Schémas d'assemblages calculés.

Pour le prédimensionnement des trois assemblages, applique les formules suivantes :

- effort maximum supporté par le boulon

$$F = \frac{\alpha M_e}{1.8\,(h - 2\,e_{sb})}$$

- diamètre du boulon

$$d > \frac{4\,F}{0.75\,0.8\,\pi\,\sigma_e} = \frac{4\,F}{0.6\,\pi\,\sigma_e}$$

- épaisseur de la platine

$$e_p = \frac{F}{375}\,\frac{1}{\left(\frac{a_2}{a_1} + \frac{a_6}{a_5}\right)}$$

Les résultats de calcul sont donnés dans le tableau 1. On constate que la prise en considération dans le calcul, uniquement des boulons adjactents à la semelle tendue, conduit à l'abaissement du moment résistant de l'assemblage. On note également que la méthode de H. Agerskov, qui tient compte des boulons centraux, donne des valeurs proches à celles données par la norme NF- P 22 460.

Assemblage	Moment résistant de l'assemblage (daN.m)			
	N.F	Sherbourne	Zoetemeyer	Agerskov
IPE 360	21145	17625	11337	19627
PRS I	50163	36025	20138	46292
PRS II	69131	51769	31974	75767

Tableau 1 : Comparaison des moments résistants d'assemblages.

6 CONCLUSION

Dans toutes les méthodes, les auteurs considèrent que les forces dues à l'effet de levier sont concentrées aux extrémités de la platine, et que les assemblages avec platine peuvent se calculer comme des éléments en Té. Notons que la méthode de Sherbourne ne tient pas compte de l'effet de levier. Seule la méthode de H. Agerskov prend en compte l'influence de l'écrou et des rondelles sur les déformations.

Enfin, on note que les recherches effectuées dans plusieurs pays ont permis de ressortir des phénomènes communs sur le comportement de l'assemblage :

- la déformation de la platine dépend ou varie selon la position des boulons,
- la variation des efforts dans les boulons dépend de la rigidité de la platine d'extrémité, une plaque trop souple crée des efforts supplémentaires dans le boulon par effet de levier ❹

BIBLIOGRAPHIE

[1] Ch. Massonnet : "*Eléments de la statique des constructions*". Université de Liège, 1977.

[2] M. Mimoun : "*Etude comparative de différentes méthodes de dimensionnement d'assemblages boulonnés par platine d'extrémité*". DEA, INSA de Rennes, France.

[3] A.N Sherbourne : "*Bolted beam to column connection*". Structural engineer London 1961.

[4] H. Agerskov : "*Behaviour of connections using prestressed high strength bolts loaded in tension*". Structural research laboratory, technical university of Danemark, Rapport NR. R55-1974.

[5] R.T Douty, W. Mc Guire : "*High strength bolted moment connections*". J. of the structural division ASCE, VOL 91, N ST2, april 1965.

[6] A. Granstrom : "***Bolted end-plate connection EHS steel and beam to column application***". Swidish institute of steel construction, report 86:3, sept 1980.

[7] NF-P 22 460 : "***Assemblages par boulons à serrage contrôlé, dispositions constructives et verification des assemblages***". Juin 1979.

[8] P. Zoetemeyer : "*A design method for the tension side of statically loaded beam to column connections*". Heron, vol 20 N1, 1974.

[9] J.M Aribert : "*Assemblages par boulons précontraints, manuel pour le calcul en plasticité des constructions en acier*". CTICM, Janvier 1979.

[10] D. Khalili : "*Recherche sur l'assemblage par boulonnage d'une plaque d'extrémité*". CTICM, N 4-1972.

Notations

A_b : aire de la section d'un boulon
A_c : aire de la surface de compression
a : distance en général
B : effort dans le boulon
B_o : effort de décollement
b_b : largeur de poutre
b_p : largeur de platine
C : force de compression
d : diamètre de boulon
e_{sp} : épaisseur de semelle de poutre
e_{ab} : épaisseur de l'âme de poutre
e_p : épaisseur de platine
F : charge limite de l'assemblage, charge appliquée
K : coefficient géométrique
N_1 : effort parallèle à l'axe des boulons
P_v : effort de précontrainte d'un boulon
Q : effet de levier
S : entre-axes des trous
W : moitié de largeur de platine
σ_e : limite d'élacticité garantie de l'acier constituant la pièce d'assemblage
σ_{eb} : limite d'élasticité garantie de l'acier constituant le boulon
α : coefficient fonction du nombre de boulons
β : coefficient d'effet de levier