

RÉSISTANCE DES TUBES LAMINÉS À FROID ET SOUDÉS REMP LIS DE BÉTON À BASE DE GRANULATS DE LAITIER

J. Zeghiche, ¹B. Redjel, ²R. Belouettar ³
& D. Beggas ⁴

1 et 3. Docteurs et maîtres de conférences.
Département de Génie Civil. Université de
Annaba

2. Professeur. Département de Génie Civil.
Université de Annaba.

4. Maître assistant chargé de cours.
Département d'Architecture. Université de
Annaba

Mots clés : essais de compression, tubes la-
minés, béton de granulats de laitiers

Résumé

Dans la présente étude nous avons mis à l'essai des tubes en acier laminés à froid et soudés vides ou remplis d'un béton dont l'élément gravier a été remplacé par du laitier granulaire d'El-Hadjar. Le chargement des éprouvettes a été exécuté en compression directe grâce à une machine de compression d'une capacité de 50 tf de capacité au Laboratoire de génie civil (Université de Annaba). Les paramètres étudiés sont : Le remplissage et l'éclatement des éprouvettes. Les résultats obtenus ont montré que les tubes vides ont souffert du flambement local. Les facettes de la section des tubes ont développé des déformations convexes et concaves avec une atténuation en augmentant l'éclatement. Cependant l'augmentation de l'éclatement a eu comme conséquence la diminution de la capacité portante du tube vide. Le remplissage des éprouvettes avec du béton de laitier granulaire a nettement amélioré les performances des tubes, le taux de résistance a atteint une valeur de 2 et s'est stabilisé à 1,50. Le mode de rupture des éprouvettes remplis a pris une nouvelle forme de flambement local ou toutes les facettes du tube sont convexes confinant le béton logé dans le tube. Cette étude confirme l'apport positive de l'utilisation du laitier granulaire comme matériaux participant à l'amélioration des performances des tubes laminés à froid et soudés et surtout l'atténuation des effets indésirables des défauts tels que les contraintes résiduelles

2. CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX ET MÉTHODOLOGIE DES ESSAIS

Le programme expérimental consiste à une campagne d'essais d'écrasement sur des tubes vides et remplis du complexe ciment – granulat en laitier. La section du tube en acier laminé à froid et soudé a des dimensions moyennes : 100 x 70 x 2,5 mm. L'éclatement des éprouvettes est : 200 – 300 – 400 et 500 mm soit un rapport longueur par hauteur de la section de : 2 – 5.

Le rapport hauteur par épaisseur H/t est de 40, toutes les éprouvettes ont été testées à la compression simple Fig. 1 (machine & échantillon)

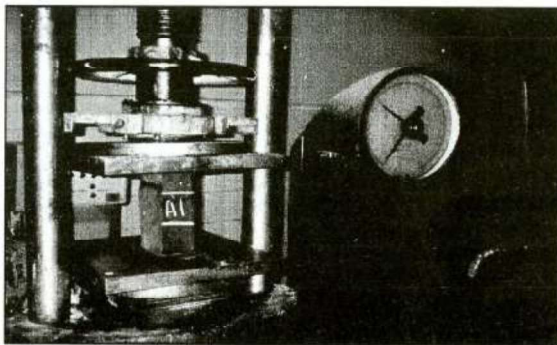


Fig1. Essai type de compression simple

2. 1. CARACTÉRISTIQUES DES DEUX MATÉRIAUX UTILISÉS : ACIER ET BÉTON:

Le module de Young de l'acier est de 205 000 MPa, alors que la contrainte d'écoulement $\sigma = 300$ MPa

2. 1. 1. BÉTON

Le béton proposé est à base de laitier concassé de fraîche production produit à Sider (El – Hadjar) de fraction 5-10 mm

Le rapport ciment eau est égal à 0,5, alors que le dosage en ciment est de 350 kg/m³ de béton. Les dosages en sable et laitier concassé sont d'un rapport volumique égal à G/S = 2 (en volume). L'affaissement au cône du béton est égal à 7 cm alors que la densité du béton est de l'ordre de 2,45. Pendant la préparation on a préconisé une vibration faible avec un piquage. Les éprouvettes ont été conservées dans un milieu frais

3. RÉSULTATS DES ESSAIS DE COMPRESSION

Les essais de compression ont été effectués sur des éprouvettes de dimensions (10 x 10 x 10) cm et ont donné les valeurs suivantes (Tableau 1).

Tableau 1 : Résistances de compression simple du béton

N°	Force (tonnes)	Contrainte (MPa)
1	28,70	28,70
2	20,00	20,00
3	20,20	20,20
4	29,10	29,10
5	25,70	25,70
6	24,80	24,80

3. 1. ESSAI TYPE DE COMPRESSION

La seule mesure prise est la charge de rupture. La charge est appliquée progressivement jusqu'à la rupture de l'éprouvette, où la charge correspondante est retenue.

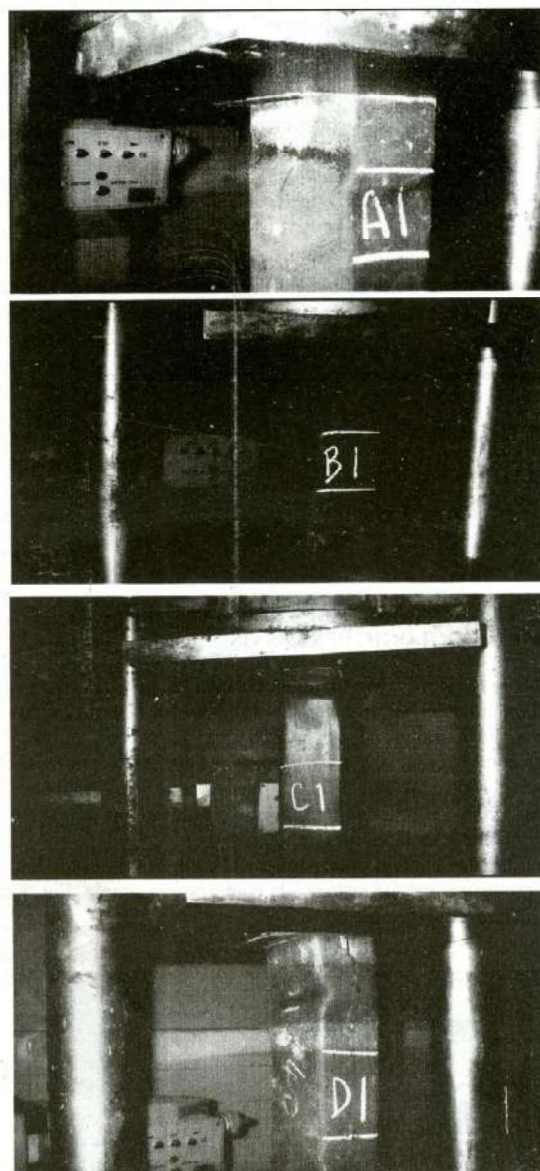
3. 2. COMPRESSION DIRECTE SUR TUBES VIDES

Les surfaces des échantillons ont été préparées de façon à éliminer les imperfections de surfaces. La vitesse de chargement est de 0.6 tf/s pour tous les échantillons. La charge de rupture est atteinte lorsqu'il n'y a plus possibilité de toute augmentation du chargement et que le mécanisme de rupture commence à prendre place. La charge de rupture est enregistrée sur le quadrant dont le comparateur principal commence à indiquer une diminution de la charge. Les charges de rupture sont données dans le Tableau.2

Tableau.2 Résultats des essais sur tubes vides

Eprouvette	Hauteur (mm)	B (mm)	e (mm)	L (mm)	Ptest (kN)
A1	99	75	2.50	197	150.
B1	99	74	2.50	300	145.
B2	101	71	2.50	300	140.
C1	99	76.5	3.00	400	135.
C2	100	75	2.50	400	131.
D1	104	70	2.50	495	97.
D2	99	74	2.50	495	108.

Le mode de rupture des tubes est un mode de rupture par flambement local. On constate une formation d'une cloque concave sur les grandes parois et une cloque convexe sur les petites parois. L'accentuation du cloquage diminue avec l'augmentation de la longueur, le taux de la résistance résiduelle est de 0.66 pour les tubes vides. (Figure 2).


Figure 2 : Modes de rupture des tubes vides

La chute de la résistance des tubes vides sous compression simple avec l'augmentation de l'élancement est bien représentée sur la Fig.3.

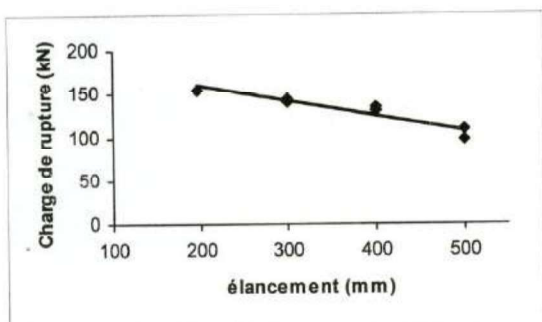


Figure 3 : Variation de la résistance-élancement

3.3.COMPRESSION DIRECTE SUR TUBES PLEINS

Les essais ont été conduits après 28 jours de durcissement. Le processus de chargement est le même que celui utilisé précédemment. Les résultats des essais sont donnés dans le tableau 3.

Tableau 3: Résultats des essais sur les tubes pleins

Eprouvette	Hauteur (mm)	B (mm)	e (mm)	L (mm)	P test (kN)
AP1	99	78	2.50	198	320.
BP1	101	72	2.50	300	240.
BP2	100	70	2.50	300	249.
CP1	98	72	3.00	400	220.
CP2	101	71	2.00	400	216.
DP1	102	71	2.00	500	150.
DP2	99	76	2.00	500	155.

Après déchargement, l'éprouvette est soumise à un deuxième cycle de chargement, pour obtenir la résistance résiduelle de l'éprouvette. Le rapport de la charge de rupture sur la résistance résiduelle a été d'une moyenne de 0.84.

Il y a lieu de souligner, comme pour les tubes vides, la diminution de la charge de rupture avec l'augmentation de l'élancement de l'éprouvette Figure 4.

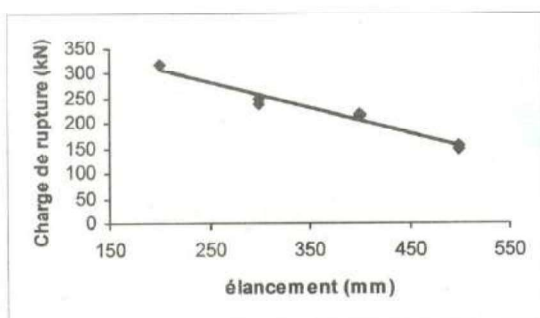


Fig.4 Variation de la résistance-élancement

Le rapport des charges de rupture (remplis/vides) indique un gain de résistance atteignant la valeur de 2 et décroît jusqu'à environ 1.50 avec l'augmentation de l'élancement de la pièce figure 5.

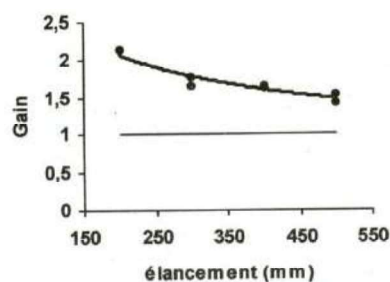


Figure 5 : Gain de résistance

Le mode de rupture des pièces remplies se manifeste par un gonflement des faces du tube vers l'extérieur, engendrant l'éclatement de quelques soudures et l'écrasement du béton. Le mode de rupture des pièces remplies reste le même avec l'augmentation de l'élancement de l'échantillons, mais avec une diminution de son accentuation (figure 6).

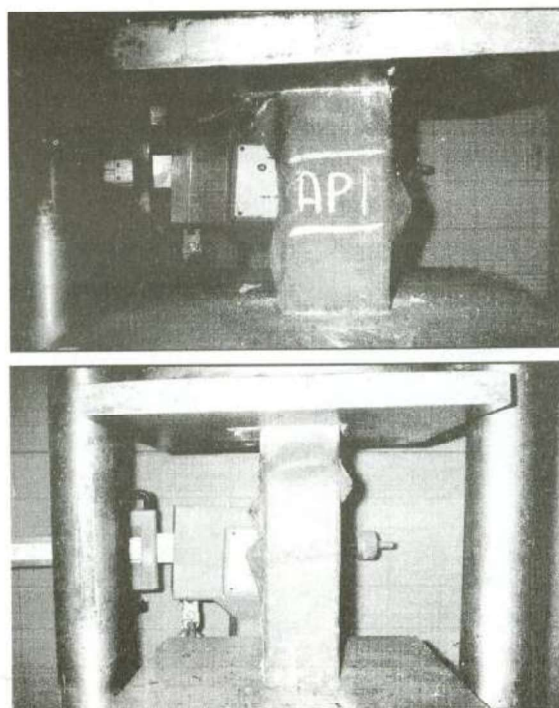


Figure 6 : Modes de rupture des tubes pleins

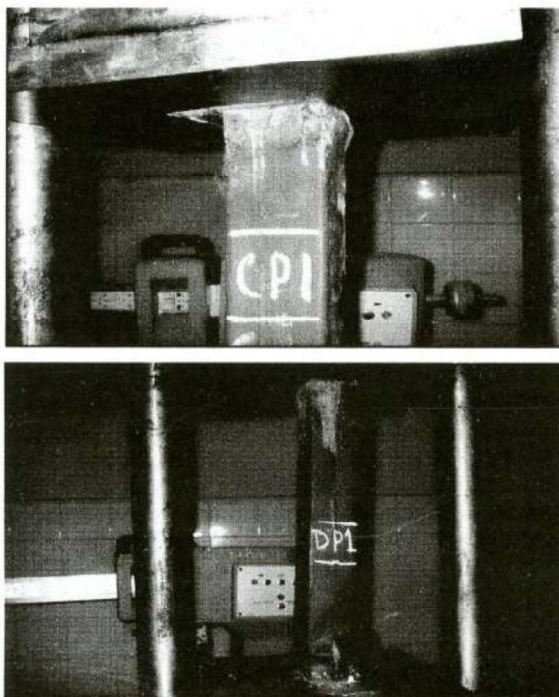


Figure 6 (bis) : Modes de rupture des tubes pleins

L'acier a été tronçonné pour avoir accès au béton logé dans le tube. Nous avons constaté que le béton a atteint sa résistance maximale et a subi des déformations importantes donnant un état d'éclatement par écrasement. Ainsi la forme déformée du béton est identique à celle de l'acier ce qui confirme le confinement du béton et une meilleure ductilité de la section composée (figure 7).



Figure 7 : État du béton après rupture du tube plein



Figure 7 (bis): État du béton après rupture du tube plein

4. CONCLUSIONS

Cette étude a permis de faire les conclusions suivantes :

Les phénomènes d'instabilité locale sont prédominant pour le cas de tube vides. Une réduction de la capacité portante de ces derniers est remarquable avec l'augmentation de l'élancement.

Le mode de rupture des tubes vides est un mode par cloquage dissymétrique où les faces larges deviennent concaves et les petites faces deviennent convexes. Ce mode devient moins accentué avec l'augmentation de l'élancement des pièces.

L'ajout d'un béton à base de laitier granulé apporte une amélioration nette de la capacité portante des tubes. Cependant, on remarque une réduction de la capacité portante avec l'augmentation de l'élancement des pièces.

Le taux de résistance résiduelle est de 0.66 pour les tubes vides et passe à 0.84 pour les tubes remplis après un cycle de chargement à la rupture.

Le gain de résistance atteint une valeur de 2 avec l'ajout du béton à base de laitier granulé et diminue avec l'augmentation de l'élancement des pièces pour atteindre une valeur minimale de 1.50.

5. RECOMMANDATIONS

Pour des futures études, il sera intéressant de voir l'apport du béton avec différentes sections, épaisseurs ainsi qu'une étude sur les poteaux avec des longueurs usuelles (3.00 – 4.00 et 5.00 m) sera très intéressante pour estimer la résistance de ces poteaux dans le cas d'éléments faisant partie d'une structure comme les bâtiments, ponts ...etc.

Il est recommandé d'étudier l'effet de l'excentricité de la charge sur le comportement et la résistance des tubes pleins.

l'utilisation de cette section comme élément de poutre nous poussera à étudier la flexion simple de cet élément sous charge concentrée ou répartie

Dans le but de comprendre le mécanisme de rupture, il sera intéressant de faire plusieurs cycles de chargement à la rupture et de voir la dégradation de la résistance et l'évolution des modes de ruptures.

6. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Zeghiche, J.: Concrete-filled composite columns, MSc thesis, University of Manchester, 1988
 2. Shakir-Khalil, H., and Zeghiche, J.: 'Experimental behaviour of concrete-filled rolled rectangular hollow-section columns', The structural Engineer, vol. 67, No. 19/3, 1989, pp 346-353
 3. Shakir-Khalil, H., and Mouli, M.: 'Further tests on concrete-filled rectangular hollow-section columns', The structural Engineer, 68, No. 20, 1990, pp 405-413
 4. Shanmugam, N.E., and Lakshmi, B.: 'State of the art report on steel-concrete composite columns' Journal of constructional steel research, 57, 2001, pp 1041-1080
 5. Ghasemian, M., and Schmidt, L.: 'Curved circular hollow (CHS) steel struts infilled with high-strength concrete', ACI Structural Journal, 1999, pp 275-281
 6. O'Shea, M., D. and Bridge, R., Q.: 'Design of circular thin-walled concrete filled steel tubes', Journal of Structural Engineering, 2000, pp 1295-1303
 7. Kilpatrick, A., E., and Rangan, B., V.: 'Tests on high-strength concrete-filled steel tubular columns', ACI Structural Journal, 1999, pp 268-274
 8. Wang, Y., C., and Moore, D., B.: 'A design method for concrete-filled, hollow section, composite columns', The Structural Engineer, vol. 75/No 21, 1997, pp 368-373
- Eurocode 4 : Design of composite steel and concrete structures, Part 1.1 : General rules and rules for buildings, Brussels, Commission of European Communities, March 1992