

# Protection-Incendie

CONSEIL CANADIEN DE LA CONSTRUCTION EN ACIER

201 Consumers Road, Suite 300  
Willowdale, Ontario, M2J 4G8

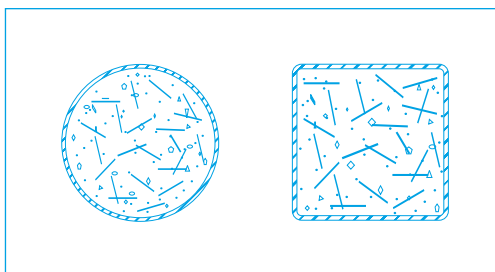
## RÉSISTANCE AU FEU DES POTEAUX TUBULAIRES EN ACIER REMPLIS DE BÉTON ARMÉ DE FIBRES D'ACIER

### INTRODUCTION

Le Conseil national de recherches Canada (CNRC), en collaboration avec le Conseil canadien de la construction en acier (CCCA), et avec le soutien de l'American Iron and Steel Institute (AISI) et IPSCO Inc., a complété récemment la troisième phase du programme de recherches sur la résistance au feu des poteaux tubulaires en acier (HSS) remplis de béton.

La première phase du projet a étudié le comportement des poteaux tubulaires à sections rondes et carrées remplis de béton ordinaire, soumis à des charges concentriques; les résultats ont fait l'objet du bulletin de Protection-Incendie No 21. Les formules et courbes de calcul ont été publiées par la suite dans l'Annexe D du Code national du bâtiment - Canada 1995, pour servir de guide de calcul du degré de résistance au feu des matériaux de construction. La seconde phase du projet a étudié le comportement des poteaux tubulaires à sections rondes et carrées remplis de béton avec barres d'armature, soumis à des charges concentriques; les résultats ont fait l'objet du bulletin de Protection-Incendie No 25.

La présente étude introduit les fibres d'armature en acier comme moyen d'augmenter la résistance en compression et la résistance au feu comparativement au béton ordinaire, sans le coût additionnel des barres d'armature. L'Institut de recherche en construction (IRC) a publié plusieurs rapports (1, 2, 3, 4, 5) décrivant les résultats.



### PROGRAMME D'ESSAIS

Les recherches sur les poteaux tubulaires remplis de béton armé de fibres d'acier, soumis à des charges concentriques, ont été complétées en 1996. Un article intitulé "Design Equations for Evaluating Fire Resistance of SFRC-Filled HSS Columns", par V.K.R. Kodur, a été publié en juin 1998 dans le Journal of Structural Engineering de l'ASCE (6). On a effectué des essais de chargement sur

treize poteaux à pleine échelle, conformément aux normes d'essais de résistance au feu ULC S101 (7) et ASTM E119 (8). Les fibres d'acier utilisées avaient une longueur de 50 mm et un diamètre de 0,9 mm. Selon les chercheurs, des fibres d'acier d'une longueur de 25 mm auraient donné des résultats semblables. Une teneur en fibres d'acier de 1,76% de la masse

constituerait une valeur optimale. Les données obtenues des essais de résistance au feu ont servi à valider un modèle numérique incorporant des relations contraintes-déformations réalistes et des propriétés thermiques de l'acier de charpente et du béton armé de fibres à température élevée. À l'aide de ce modèle, des essais de résistance au feu simulés par ordinateur ont été effectués pour déterminer l'influence de divers facteurs sur la résistance au feu. Les résultats de l'étude paramétrique ont servi à mettre au point une formule de calcul simplifiée pour la résistance au feu.

[suite à la page 4](#)



Acier Algoma Inc. • Dofasco Inc. • Ispat Sidbec Inc. • Stelco Inc. • Canadian Fasteners Institute  
Institut canadien de la construction en acier • Institut canadien de la tôle d'acier pour le bâtiment • Institut canadien des centres de service des produits métallurgiques • Institut pour tuyaux de tôle ondulée • Bureau canadien de soudage (Membre associé)

## FORMULE ET COURBES DE CALCUL

Les poteaux tubulaires en acier remplis de béton armé de fibres d'acier, soumis à des charges concentriques, fabriqués et montés selon les tolérances stipulées dans la norme CAN/CSA-S16.1, "Règles de calcul aux états limites des charpentes en acier", ont un degré de résistance au feu R, à condition que:

$$C \leq C_{max}$$

où

C = effort de compression axiale dû aux surcharges et aux charges permanentes sans coefficients de charge, kN,

$$C_{max} = \left( \frac{a (f'_c + 20) D^{2.5}}{R (KL - 1000)} \right)^2 \text{ mais ne doit pas dépasser}$$

1,1 fois la résistance pondérée à la compression du noyau de béton,  $C'_r$ , conformément à la norme CAN/CSA-S16.1,

a = constante (voir Tableau 1),

$f'_c$  = résistance à la compression prévue du béton conformément à la norme CSA-A23.3, "Calcul des ouvrages en béton", MPa,

D = diamètre extérieur d'un poteau rond ou largeur extérieure d'un poteau carré, mm,

R = degré de résistance au feu, min.,

KL = longueur efficace du poteau telle que définie dans la norme CAN/CSA-S16.1, mm;

sous réserve des limites suivantes:

$f'_c$  20 MPa à 55 MPa,

D 141 mm à 406 mm pour les poteaux ronds, 102 mm à 305 mm pour les poteaux carrés, les fibres d'acier ont une longueur de 25 à 50 mm et représentent au moins 1,75% de la masse du béton,

R ≤ 180 minutes,

KL 2000 mm à 4500 mm, et les profilés tubulaires en acier doivent être de classe 1, 2 ou 3 conformément à la norme CAN/CSA-S16.1.

Tableau 1 - Valeurs de a

Type de granulat*	Poteaux ronds	Poteaux carrés
S	0,075	0,065
N	0,085	0,075

\* Le béton de type S est composé de gros granulats siliceux; Le béton de type N est composé de gros granulats carbonés.

Les figures 1 à 6 indiquent la valeur de  $C_{max}$  pour des résistances de béton de 30 MPa et de 50 MPa, pour une sélection de profilés tubulaires produits au Canada.

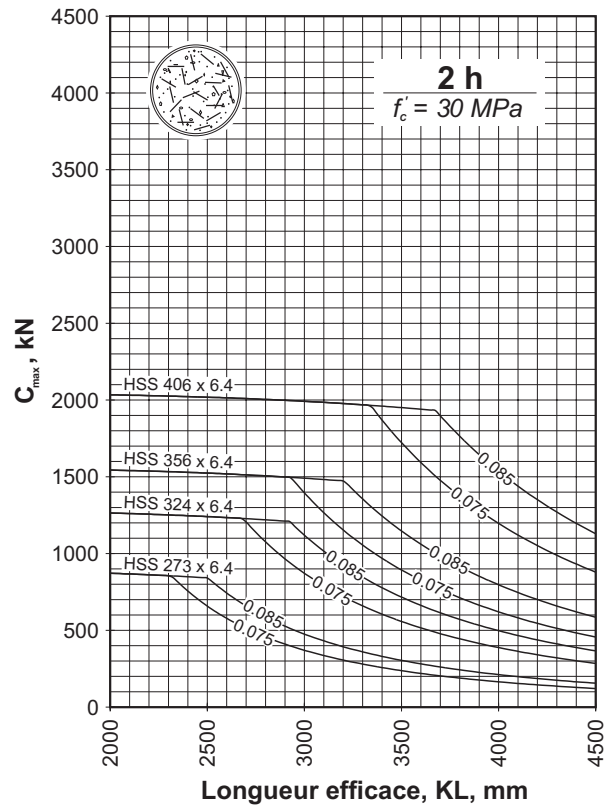


Figure 1: Poteaux tubulaires ronds en acier avec béton de 30 MPa et degré de résistance au feu de 2 h

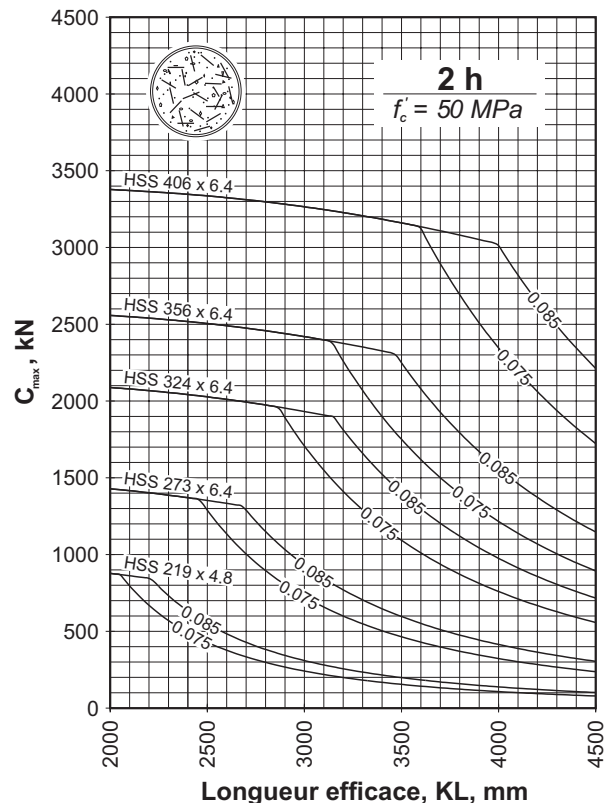


Figure 2: Poteaux tubulaires ronds en acier avec béton de 50 MPa et degré de résistance au feu de 2 h

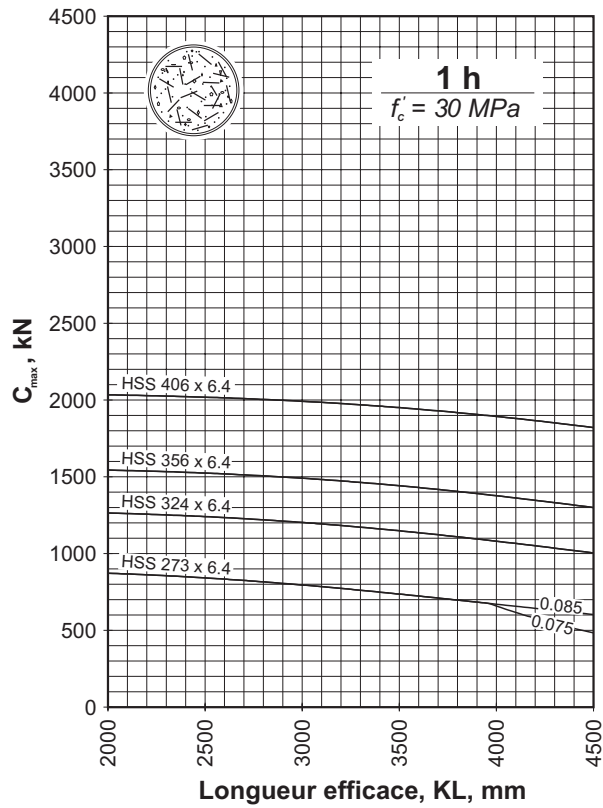


Figure 3: Poteaux tubulaires ronds en acier avec béton de 30 MPa et degré de résistance au feu de 1 h

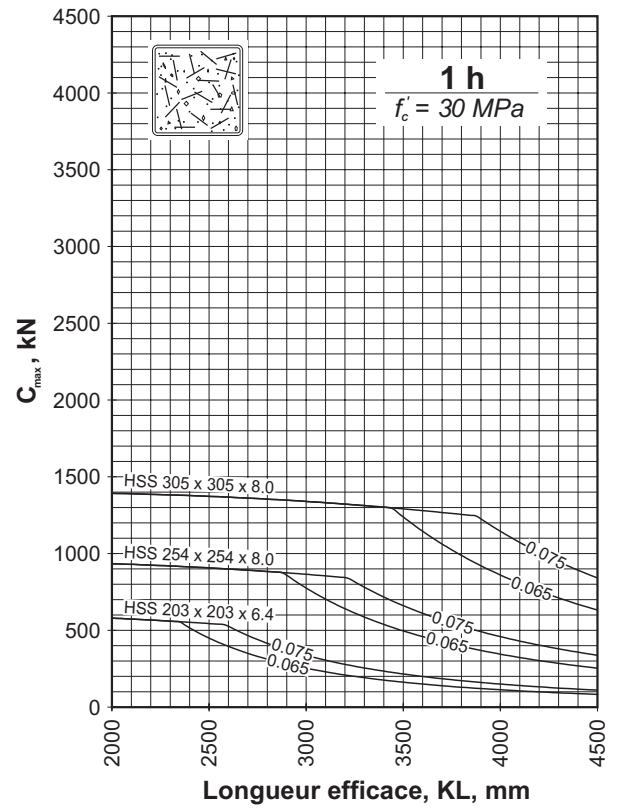


Figure 5: Poteaux tubulaires carrés en acier avec béton de 30 MPa et degré de résistance au feu de 1 h

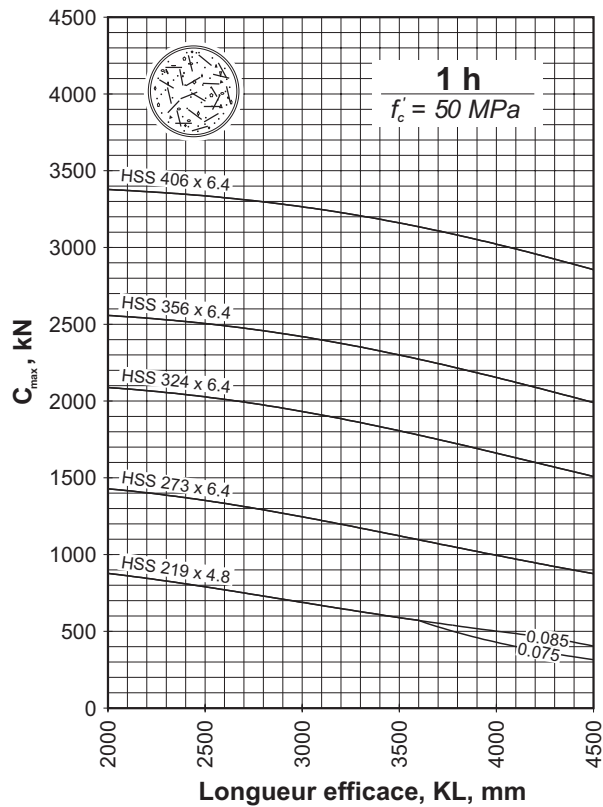


Figure 4: Poteaux tubulaires ronds en acier avec béton de 50 MPa et degré de résistance au feu de 1 h

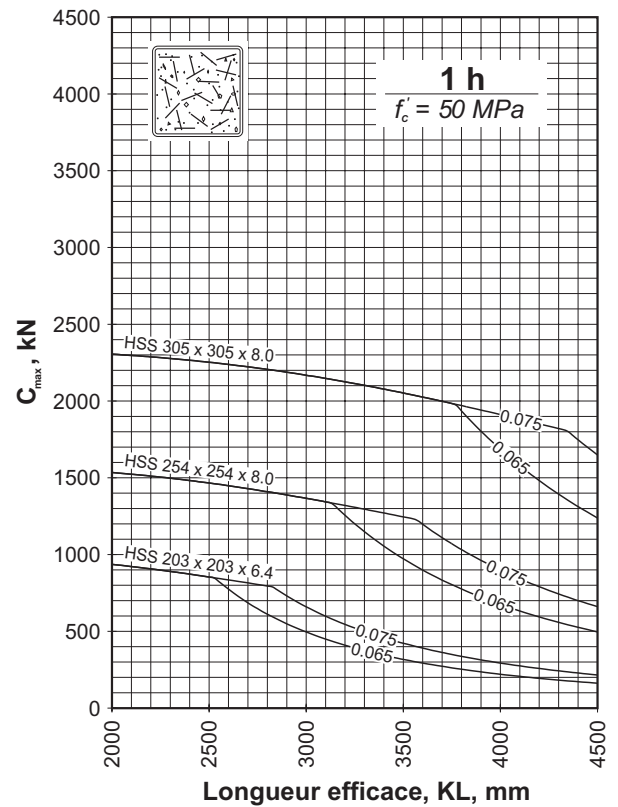


Figure 6: Poteaux tubulaires carrés en acier avec béton de 50 MPa et degré de résistance au feu de 1 h

## COMPORTEMENT DES POTEAUX

À la température ambiante, le noyau de béton et le profilé en acier résistent tous deux à l'effort axial dans un poteau. À température élevée, c'est principalement le noyau de béton qui résiste à l'effort axial, le profilé en acier exerçant alors un effet de retenue. Il est donc important de fournir un appui direct sur le dessus et le dessous du poteau (9).

Les facteurs qui influencent la résistance au feu et la résistance en compression des poteaux tubulaires remplis de béton ordinaire incluent les dimensions de la section, la longueur du poteau, la résistance du béton et son type de granulats. Le bulletin de Protection-Incendie No 21 présente une discussion générale du comportement.

Les fibres d'armature en acier permettent d'obtenir des degrés de résistance au feu atteignant 3 heures. Comme les barres d'armature dans l'étude précédente, les fibres d'acier retiennent le noyau de béton en résistant à la fissuration survenant lorsqu'il se détériore et atteint sa résistance en compression ultime.

Les essais (1, 2) et les comparaisons avec les résistances au feu calculées (5) ont démontré que la résistance au feu demeure prévisible et sans défaillance subite pour les charges atteignant jusqu'à 1,1 fois la résistance du noyau de béton sans armature,  $C'_r$ , et pour les longueurs efficaces de poteaux jusqu'à 4500 mm.

À température élevée, l'humidité présente dans le noyau de béton se transforme en vapeur. Il existe un risque d'explosion si la vapeur n'est pas libérée dans l'atmosphère. Afin de prévenir une défaillance catastrophique, des trous de ventilation doivent être fournis, tel que décrit à la note 3.

La référence 9 discute les assemblages passant au travers des profilés au niveau des planchers intermédiaires, les charges excentriques, l'épaisseur des parois des profilés tubulaires (HSS) et les méthodes de construction.

## FORMULE DE CALCUL

La formule de calcul simplifiée, exprimée en termes d'une charge limite appliquée au poteau pour un degré de résistance au feu prescrit, est donnée à la page 2. Le texte est fondé sur l'article D-2.6.6. du CNBC 1995 afin de représenter l'approche qui sera proposée pour la prochaine édition du CNBC. Les courbes de calcul données aux pages 2 et 3 ont été tracées à l'aide de la formule proposée, pour une série de profilés tubulaires à sections rondes et carrées. Les notes suivantes sont à considérer:

### Notes se référant aux figures 1 à 6:

(1)  $C'_r$  est calculé conformément à l'article 18.4 de la norme CAN/CSA S16.1-94 (10), en supposant un béton de densité normale et  $S/T=0,25$ , où S est la charge à court terme et T, la

charge totale appliquée sur le poteau. Les effets de retenue sont négligés en prescrivant  $\tau = \tau' = 1,0$ .

- (2) Les désignations et les dimensions des profilés tubulaires (HSS) sont conformes à la norme CAN/CSA-G312.3, et sont données dans le Handbook of Steel Construction de l'ICCA (11).
- (3) Deux trous de ventilation libres, chacun d'au moins 12,7 mm de diamètre, doivent être fournis aux extrémités opposées du poteau et à chaque plancher intermédiaire en vue de libérer la vapeur. Les trous doivent être situés à 150 mm d'une plaque d'assise, d'une plaque de transfert ou d'une dalle de béton. Les paires de trous doivent être orientées de sorte que les paires voisines soient perpendiculaires (9).

## RÉFÉRENCES

1. Kodur, V.K.R. et Lie, T.T., Experimental Studies on the Fire Resistance of Circular Hollow Steel Columns Filled with Steel-Fibre-Reinforced Concrete, IRC, rapport interne no 691, Conseil national de recherches Canada, Institut de recherche en construction, Ottawa, Ontario, 1995.
2. Kodur, V.K.R. et Lie, T.T., Experimental Studies on the Fire Resistance of Square Hollow Steel Columns Filled with Steel-Fibre-Reinforced Concrete, IRC, rapport interne no 662, Conseil national de recherches Canada, Institut de recherche en construction, Ottawa, Ontario, 1996.
3. Kodur, V.K.R., Factors Affecting the Fire Resistance of Square Hollow Steel Columns Filled with Steel-Fibre Reinforced Concrete, IRC, rapport interne no 590, Conseil national de recherches Canada, Institut de recherche en construction, Ottawa, Ontario, 1996.
4. Kodur, V.K.R., Factors Affecting the Fire Resistance of Circular Hollow Steel Columns Filled with Steel-Fibre Reinforced Concrete, IRC, rapport interne no 598, Conseil national de recherches Canada, Institut de recherche en construction, Ottawa, Ontario, 1996.
5. Kodur, V.K.R., Assessment of the Fire Resistance of Steel Hollow Structural Section Columns Filled with Steel Fibre Reinforced Concrete, IRC, rapport interne no 731, Conseil national de recherches Canada, Institut de recherche en construction, Ottawa, Ontario, 1996.
6. Kodur, V.K.R., Design Equations for Evaluating Fire Resistance of SFRC-Filled HSS Columns, Journal of Structural Engineering, ASCE, volume 124, no 6, juin 1998, pp. 671-677.
7. Laboratoires des assureurs du Canada, Standard Methods of Fire Endurance Tests of Building Construction and Materials, CAN/ULC-S101-M89, Scarborough, Ontario, octobre 1989.
8. American Society for Testing and Materials, Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials, ASTM E 119-88, West Conshohocken, Pennsylvanie, 1988.
9. Kodur, V.K.R. et MacKinnon, D.H., The Fire Endurance of Concrete-Filled Hollow Structural Steel Columns, Proceedings, AISC National Steel Construction Conference, avril 1998, pp. 22.1-22.21.
10. Association canadienne de normalisation, Règles de calcul aux états limites des charpentes en acier, CAN/CSA-S16.1-94, Rexdale, Ontario, 1994.
11. Institut canadien de la construction en acier, Handbook of Steel Construction, 7<sup>e</sup> édition, Willowdale, Ontario, 1997.