



## ICTAB S2-2008

### Critères d'essai pour dalles composites

Droit d'auteur © Octobre 2008. Tous droits réservés. Toute publication ou reproduction du présent document, en totalité ou en partie et sous quelque forme que ce soit, est interdite sans l'autorisation écrite de l'éditeur. ISBN 978-1-895535-74-7

#### Avant-propos

Un des principaux objectifs de l'ICTAB et de ses membres consiste à développer des normes afin de promouvoir la sécurité, la performance et les bonnes pratiques de construction. Ce bulletin a pour but d'aider les personnes qui effectuent des essais sur les dalles composites en leur fournissant les critères les plus récents à ce sujet.

La présente publication fournit au lecteur des informations générales. L'Institut canadien de la tôle d'acier pour le bâtiment et ses membres déclinent toute responsabilité quant à l'application de ces critères à tout usage d'ordre général ou particulier.

Cette publication remplace l'édition de novembre 1985 (revue et corrigée en janvier 2002).

#### Remerciements

L'Institut canadien de la tôle d'acier pour le bâtiment remercie les personnes suivantes qui, conjointement avec d'autres professionnels de l'industrie, ont contribué à la préparation du présent bulletin:

Prof. R.M. Schuster, P.Eng.  
University of Waterloo  
Waterloo, Ontario

Mr. T.W.J. Trestain  
T.W.J Trestain Structural Engineering  
Toronto, Ontario

## 1. INTRODUCTION

- 1.1 Le présent bulletin fournit les critères concernant les essais sur les dalles composites. Les critères de calcul pour les tabliers composites en acier agissant comme coffrage lors de la construction sont donnés dans la norme ICTAB 12M-08 *Norme pour les tabliers composites en acier*. Le bulletin ICTAB S3-2008 *Critères de calcul pour dalles composites* fournit les critères de calcul pour les dalles composites.
- 1.2 Le mécanisme de rupture le plus fréquent pour les dalles composites est la perte d'adhérence en cisaillement. La résistance ultime aux états limites de l'adhérence en cisaillement d'une section de dalle composite est calculée à l'aide des paramètres déterminés lors d'essais effectués

sur des échantillons de dalle de grandeur réelle. La résistance pondérée de l'adhérence en cisaillement ( $V_R$ ) d'une dalle composite est calculée comme suit:

$$V_R = \phi_V V_t$$

Où,

- $V_R$  = résistance pondérée de l'adhérence en cisaillement  
 $V_t$  = résistance de l'adhérence en cisaillement obtenue par essai  
 =  $P_t/2 + W/2$  (voir article 5.3)  
 $\phi_V$  = coefficient de tenue pour la rupture d'adhérence en cisaillement = 0,70

- 1.3 Lorsque des essais sont effectués sur trois épaisseurs de tablier ou plus, l'équation suivante s'applique:

$$V_t = bd [k_1 t / \ell' + k_2 / \ell' + k_3 t + k_4]$$

Où,

- $V_t$  = résistance de l'adhérence en cisaillement obtenue par essai, N/m de largeur de dalle  
 $b$  = unité de largeur de la dalle = 1000 mm  
 $d$  = épaisseur efficace de la dalle, mm  
 $\ell'$  = portée en cisaillement, mm  
 $t$  = épaisseur nominale de l'acier de base, mm

$k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$ , et  $k_4$  sont des coefficients d'adhérence en cisaillement obtenus d'une analyse de régression linéaire multiple des résultats d'essais pour trois épaisseurs de tablier ou plus.

- 1.4 Lorsque des essais sont effectués sur une ou deux épaisseurs de tablier, l'équation suivante s'applique:

$$V_t = bd [k_5 / \ell' + k_6]$$

Où,

$k_5$  et  $k_6$  sont des coefficients d'adhérence en cisaillement obtenus d'une analyse de régression linéaire des résultats d'essais pour chaque épaisseur de tablier.

- 1.5 La résistance à la flexion ultime aux états limites peut être déterminée par analyse conformément au calcul du béton armé conventionnel.

**2. ESSAIS D'ADHÉRENCE EN CISAILLEMENT**

- 2.1 La section 3 stipule le nombre d'essais requis pour déterminer les coefficients d'adhérence en cisaillement.
- 2.2 On doit effectuer des essais pour chaque profilé de tablier et modèle de bosselures pour lesquels on désire obtenir des valeurs de calcul.
- 2.3 On doit effectuer des essais pour chaque type d'enduit appliqué sur un profilé de tablier ou modèle de bosselures donné [par exemple, ZF75 (galvannealed) et Z275 (galvanisé)]. On peut déterminer les coefficients d'adhérence en cisaillement en utilisant l'enduit de tablier qui démontre la plus faible adhérence en cisaillement, à condition d'utiliser au moins deux essais comparatifs pour vérifier la plus faible résistance de l'adhérence en cisaillement de l'enduit.
- 2.4 On doit effectuer des essais pour chaque type de béton utilisé. On peut utiliser des échantillons d'essai composés de béton de faible ou de moyenne densité pour déterminer les valeurs du béton de densité normale, à condition qu'au moins deux essais comparatifs démontrent l'adhérence en cisaillement inférieure du béton de faible densité.

NOTE: Dans le présent bulletin, les termes suivants se définissent comme suit:

- (a) Béton de densité normale: béton dont la densité à l'état frais se situe entre 2150 et 2500 kg/m<sup>3</sup> tel que stipulé dans la norme CSA-A23.2.
- (b) Béton de construction de faible densité: béton ayant une résistance à la compression à 28 jours de plus de 15 MPa et une densité à l'état sec d'au plus 1850 kg/m<sup>3</sup> tel que stipulé dans la norme ASTM C567.
- (c) Béton de construction de densité moyenne: béton ayant une résistance à la compression à 28 jours de plus de 15 MPa et une densité à l'état sec entre 1850 et 2150 kg/m<sup>3</sup> tel que stipulé dans la norme ASTM C567

- 2.5 Puisque la portée en cisaillement,  $l'$ , et l'épaisseur du tablier,  $t$ , sont les paramètres les plus importants de l'équation de l'adhérence en cisaillement ( $l' = l/4$  pour une portée simple avec charge uniformément répartie), la portée en cisaillement contrôle les valeurs extrêmes de l'adhérence en cisaillement pour toute épaisseur donnée de tablier. La portée en cisaillement varie pour atteindre les résistances maximale et minimale de l'adhérence en cisaillement de tout

système de dalle composite. Le Tableau 1 peut servir de guide. Toutefois, il n'est pas nécessaire de faire des essais sur plus d'une épaisseur de dalle.

**Tableau 1: Résistances maximale et minimale de l'adhérence en cisaillement**

Adhérence en cisaillement	Portée en cisaillement, $l'$	Épaisseur de la dalle, $h$
Maximale	Portée la plus courte	Dalle la plus épaisse
Minimale	Portée la plus longue	Dalle la plus mince

**3. NOMBRE D'ESSAIS REQUIS POUR L'ADHÉRENCE EN CISAILLEMENT**

- 3.1 Lorsqu'on utilise trois épaisseurs de tablier ou plus dans un programme d'essais, on doit effectuer au moins deux essais pour chaque épaisseur de tablier. Pour chaque épaisseur de tablier, on doit effectuer un premier essai à l'adhérence maximale en cisaillement ( $l'$  la plus courte) et un deuxième essai à l'adhérence minimale en cisaillement ( $l'$  la plus longue) (c.-à-d. huit essais sont exigés pour quatre épaisseurs de tablier). Ceci permet de déterminer les coefficients  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$  et  $k_4$  de l'équation de la résistance de l'adhérence en cisaillement qui servira ensuite à calculer la résistance de l'adhérence en cisaillement de toutes les épaisseurs de tablier et portées en cisaillement à l'intérieur de la gamme d'épaisseurs d'essai.
- 3.2 Lorsqu'il existe plusieurs épaisseurs de tablier et qu'on utilise seulement l'épaisseur la plus mince dans le programme d'essais, on doit effectuer au moins quatre essais, deux à l'adhérence maximale en cisaillement et deux à l'adhérence minimale en cisaillement. Ceci permet de déterminer les coefficients d'adhérence  $k_5$  et  $k_6$  pour cette épaisseur de tablier donnée. On peut alors appliquer ces résultats de façon sécuritaire aux tabliers plus épais, à condition d'effectuer au moins deux autres essais sur le tablier le plus épais pour confirmer la sécurité des calculs.
- 3.3 Lorsqu'il existe plusieurs épaisseurs de tablier ( $t_1 \dots t_{(n-1)}$ ,  $t_n$ , où  $t_1$  est le plus mince et  $t_n$  le plus épais) et qu'on utilise seulement les épaisseurs de tablier  $t_1$  et  $t_{(n-1)}$  dans le programme d'essais, on doit effectuer au moins quatre essais pour chaque épaisseur de tablier. Pour chaque épaisseur de tablier mise à l'essai, on doit effectuer deux essais à l'adhérence

maximale en cisaillement et deux essais à l'adhérence minimale en cisaillement. Ceci permet de déterminer les coefficients d'adhérence  $k_5$  et  $k_6$  pour chaque épaisseur d'essai. On peut appliquer ces résultats aux épaisseurs de tablier entre  $t_1$  et  $t_{(n-1)}$  par interpolation linéaire des coefficients d'adhérence en cisaillement. On peut utiliser de façon sécuritaire les coefficients d'adhérence  $k_5$  et  $k_6$  de l'épaisseur de tablier  $t_{(n-1)}$  pour l'épaisseur de tablier  $t_n$ , à condition que la hauteur des bosselures du tablier  $t_n$  soit égale ou supérieure à la hauteur des bosselures du tablier  $t_{(n-1)}$ .

#### 4. PROCÉDURE D'ESSAI

##### 4.1 Préparation de l'échantillon

- 4.1.1 La condition de la surface de l'échantillon de tablier en acier doit être semblable à celle qui existe sur le chantier.
- 4.1.2 Le béton doit être préparé et séché conformément à la norme CSA-A23.1 *Béton - Constituants et exécution des travaux*.
- 4.1.3 Tous les échantillons doivent être complètement étayés lors du coulage et du durcissement du béton.

##### 4.2 Dimensions des échantillons composites

- 4.2.1 Les longueurs des échantillons de tablier doivent correspondre aux portées utilisées sur le chantier.
- 4.2.2 La largeur,  $b_d$ , de tous les échantillons de dalle doit être au moins égale à un panneau de tablier en acier, et ne doit pas être inférieure à 600 mm.
- 4.2.3 L'épaisseur minimale de la dalle au-dessus des nervures du tablier,  $h_c$ , est de 50 mm.
- 4.2.4 La longueur minimale de la portée en cisaillement,  $\ell'$ , est de 300 mm.
- 4.2.5 La résistance à la compression maximale du béton,  $f_c'$ , est de 35 MPa, et la résistance à la compression minimale du béton est de 20 MPa.

##### 4.3 Essais sur les échantillons composites

- 4.3.1 Les essais commencent après l'atteinte de la résistance à la compression spécifiée du béton et au moins sept jours après la coulée de la dalle. Sauf indication contraire, le béton de faible densité peut exiger une période de durcissement plus longue. Le béton précoce de haute résistance peut être soumis à l'essai plus tôt.
- 4.3.2 Les essais seront effectués avec des charges concentrées tel qu'illustré à la Figure 1. On peut également utiliser des charges uniformément réparties en considérant  $\ell'$  égal à  $\ell/4$ .
- 4.3.3 Les charges doivent être appliquées sans à-coups et continûment, à part des pauses nécessaires pour lire les instruments.

- 4.3.4 L'équipement de mesure des charges doit être étalonné entre +1 et -0 %.

##### 4.4 Enregistrement des résultats

- 4.4.1 On doit enregistrer et documenter les informations suivantes pour chaque échantillon d'essai.
- 4.4.2 Résultats d'essai: Le résultat le plus important à enregistrer est la charge de rupture ultime,  $P_t$ . De plus, on doit ajouter une brève description des événements importants survenus lors des essais et inscrire les détails concernant le mode de rupture. La date et le lieu des essais de même que le nom de l'ingénieur responsable doivent figurer sur le rapport.
- 4.4.3 Propriétés dimensionnelles
  - (a)  $b_d$  largeur de la dalle d'essai composite, mm
  - (b)  $h$  épaisseur hors tout de la dalle, mm (les mesures doivent être prises à une nervure intérieure aux rives de l'échantillon, au moins aux extrémités, au centre et aux points de charge)
  - (c)  $d_d$  profondeur hors tout du profilé de tablier en acier, mm
  - (d)  $\ell$  longueur de la portée, mm
  - (e)  $\ell'$  longueur de la portée en cisaillement, mm
  - (f)  $t$  épaisseur de l'acier de base en excluant l'enduit, mesurée sur les échantillons utilisés pour obtenir les propriétés mécaniques (dans le cas de tabliers cellulaires, on doit mesurer chaque tôle), mm
  - (g)  $h_t$  épaisseur hors tout de la dalle au point de rupture, mm
  - (h) longueur, largeur, hauteur et espacement des bosselures, et variation générale de ces dimensions, mm
  - (i) partie de la dalle en porte-à-faux aux appuis, mm
- 4.4.4 Propriétés mécaniques
  - (a)  $f_c'$  résistance à la compression du cylindre de béton au moment des essais, MPa (selon CSA-A23.1)
  - (b)  $F_y$  limite élastique mesurée de l'acier, MPa (selon ASTM A370)
  - (c)  $F_u$  résistance en traction mesurée de l'acier, MPa (selon ASTM A370)
  - (d) pourcentage d'étirement de l'échantillon d'acier (selon ASTM A370)
  - (e) norme et nuance de l'acier
- 4.4.5 Charges permanentes
  - (a)  $D_d$  charge permanente du tablier en acier, kPa
  - (b)  $D_c$  charge permanente du béton (incluant la charge due à la flèche du tablier, calculée ou pesée), kPa

- 4.4.6 Construction des échantillons
- type et condition de l'enduit protecteur de l'acier
  - étais
  - dosage du béton et date de coulée
  - type et emplacement du treillis métallique soudé, si compris dans les essais
  - méthode de séchage du béton
  - densité du béton séché à l'air (au moment des essais)

## 5. ANALYSE DES RÉSULTATS

- 5.1 Si on effectue des essais sur deux épaisseurs de tablier ou plus, on doit utiliser une analyse de régression linéaire multiple pour déterminer les coefficients d'adhérence en cisaillement  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$  et  $k_4$ . On doit comparer les résistances expérimentales et calculées de l'adhérence en cisaillement pour tous les résultats d'essai. Si les rapports sont moins de 0,85, les coefficients d'adhérence  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$  et  $k_4$  doivent être réduits de 5%. Cette réduction est nécessaire parce que le coefficient de tenue étalonné,  $\phi_v$ , est basé sur un écart limite de 15%.
- 5.2 Si on considère chaque épaisseur de tablier séparément, on doit utiliser une analyse de régression linéaire pour déterminer les coefficients d'adhérence en cisaillement  $k_5$  et  $k_6$  pour chaque épaisseur de tablier. Si les rapports entre les résistances expérimentales et calculées de l'adhérence en cisaillement sont moins de 0,85, les coefficients d'adhérence  $k_5$  et  $k_6$  doivent être réduits de 5%.
- 5.3 Dans le cas d'échantillons soumis à des charges concentrées, la résistance de l'adhérence en

cisaillement obtenue par essai est déterminée comme suit:

$$V_t = P_t/2 + W/2$$

Où:

$V_t$  = résistance de l'adhérence en cisaillement obtenue par essai, N/m de largeur de dalle

$P_t$  = charge de rupture ultime obtenue par essai, N/m de largeur de dalle

$W$  = poids de l'échantillon de dalle composite, N/m de largeur de dalle

## 6. ESSAIS EXISTANTS

On peut utiliser des résultats d'essais antérieurs si on les évalue conformément à la section 5 et si les essais ont été effectués sur des dalles composites pour lesquelles on recherche actuellement des valeurs de calcul. Ces essais antérieurs n'ont pas besoin d'être conformes aux régions indiquées au Tableau 1, mais ils doivent être approuvés par un ingénieur professionnel titulaire d'un permis. On peut utiliser les résultats antérieurs pour satisfaire le nombre d'essais requis, mais on doit avoir au moins un essai pour chacune des résistances maximale et minimale de l'adhérence en cisaillement conformément au Tableau 1.

## 7. CAS PARTICULIERS

Lorsque les dispositions du présent bulletin ne peuvent s'appliquer en raison de la configuration, des détails ou de l'usage particulier d'une dalle composite, on doit effectuer et évaluer les essais conformément aux exigences générales de la norme CSA A23.3 *Calcul des ouvrages en béton*.

FIGURE 1: Assemblage d'essai

