

Conception de glissières de béton renforcées
avec de l'armature en matériaux composites

Gérard Desgagné, ing. M. Sc.
Ministère des Transports du Québec

Brahim Benmokrane, ing. Ph. D.
Université de Sherbrooke

Exposé préparé pour la séance :

Ponts – Incidences des techniques d'ingénierie sur la société

du congrès annuel de 2003 de
l'Association des transports du Canada
à St. John's (Terre-Neuve et Labrador)

Résumé

Les glissières de ponts en béton armé sont exposées à des conditions environnementales très agressives qui accélèrent davantage le processus de corrosion de l'armature d'acier qui résulte en l'éclatement du béton. La corrosion de l'acier et l'éclatement du béton endommagent l'intégrité structurale des glissières, réduisent leur capacité à l'impact et leur durée de vie et engendrent des coûts de réparation et de remplacement très élevés. Pour éliminer ce problème, on propose l'utilisation d'une armature non-corrosive en matériaux composites. Le remplacement de l'armature par une armature en matériaux composites permet de concevoir des glissières très durables comparativement aux glissières conventionnelles. La conception et la sélection des glissières en béton sont basées sur un indice d'exposition qui dépend des conditions d'opération ainsi que de l'environnement de la structure. De plus, un niveau de performance (PL1, PL2, PL3) est requis par le nouveau Code canadien sur le calcul des ponts routiers (CCCPR) qui vient de rentrer en vigueur.

Dans ce contexte, et dans le cadre d'un projet de recherche amorcé par le ministère des Transports du Québec (Direction des structures) avec l'Université de Sherbrooke, un programme expérimental d'essais statiques et d'essais dynamiques sur des glissières de béton de types PL2 et PL3 renforcées avec de l'armature en matériaux composites, a été entrepris dans le but d'évaluer leur performance en comparaison avec les glissières conventionnelles en béton armé.

Le projet a démontré que les nouvelles glissières se comparent avantageusement aux glissières conventionnelles en termes de fissuration, d'absorption d'énergie et de

Introduction

Depuis le début des années 60, les critères de conception en matière de dispositifs de retenue sont presque demeurés inchangés. En 1998, la Direction des structures du ministère des Transports du Québec a amorcé la révision de la conception des glissières de pont pour satisfaire aux exigences de la nouvelle norme S6-00 « Code canadien sur le calcul des ponts routiers ». Chaque pont doit faire l'objet d'une analyse spécifique afin de déterminer le niveau de performance requis de la glissière correspondant à leur capacité à retenir les véhicules. Le niveau 1 représentant la capacité la plus faible alors que le niveau 3, la plus forte.

Parmi les dispositifs de retenue qualifiés, les glissières de béton renforcées avec de l'armature conventionnelle en acier pour un niveau de performance 2 ou 3 (PL2 ou PL3) sont très largement utilisés sur nos ouvrages. Ces glissières en béton armé sont s à des conditions environnementales très agressives qui accélèrent davantage le processus de corrosion de l'armature d'acier provoquant ainsi l'éclatement du béton. La corrosion de l'acier et l'éclatement du béton affectent l'intégrité structurale des glissières, réduisent leur capacité à l'impact et leur durée de vie et engendrent des coûts de réparation et de remplacement élevés. Dans le souci d'éliminer ce problème, la Direction des structures a entrepris en 1998, parallèlement à la révision des res, un projet de recherche consistant à utiliser une nouvelle armature non-corrosive en matériaux composites.

Ce projet de recherche, effectué en collaboration avec la Direction territoriale de l'Estrie, fut confié à une équipe de recherche du département de génie civil de l'Université de Sherbrooke en partenariat avec la compagnie Pultrall Inc. de Thetford Mines au Québec, fabricant des barres d'armatures de type ISOROD en matériaux composites constitués de fibres de verre avec résine de vinylester. Le b démontrer que les glissières en béton renforcées d'armature en matériaux composites ont un comportement au moins équivalent à celles renforcées d'armatures conventionnelles en acier et conçues selon les exigences de la nouvelle norme S6-00.

Le projet de recherche constituait essentiellement deux types d'essais soit : des essais statiques en laboratoire et des essais dynamiques sur un site extérieur.

Matériaux

Le béton utilisé est en béton de ciment de masse volumique normale de 35 MPa de résistance nominale.

Les barres d'armatures en polymères renforcés de fibre de verre (PRFV) sont % de fibre de verre de type E et de 25 % de résine vinylester.

Les propriétés des barres d'acier et de PRFV sont données au tableau 1.

Essais statiques (Phases I et II)

Le but des essais statiques était de valider en laboratoire différents dimensionnements de glissières en matériaux composites dont la phase I impliquait une armature de liaison glissière/dalle en acier et la phase II une armature de liaison glissière/dalle en

L'essai statique consiste à appliquer une charge sur la glissière de façon graduelle et ce, jusqu'à la rupture (photo 1).

armatures en matériaux composites (incluant l'armature de liaison glissière/dalle) ont un comportement comparable à celui observé pour les glissières équivalentes renforcées en acier. Les résultats obtenus ont aussi montré que les es sont équivalentes. Les glissières proposées (photos 2 et 3) ont donc été retenues pour la réalisation des essais dynamiques.

Essais dynamiques (Phase III)

Les spécifications de la nouvelle norme exigent que les glissières d'un pont doivent l'impact initial d'une collision et demeurer efficaces pour rediriger le véhicule dans sa trajectoire et recommande donc des essais de collision (Crash- Test). La forme déjà normalisée des nouvelles glissières (F-Shape) nous assure du bon comportement du véhicule en cas de collision; cependant, la résistance des glissières doit être testée à l'aide d'un essai d'impact. La comparaison des comportements des glissières renforcées d'armatures en matériaux composites et d'armatures en acier est rendue possible, compte tenu que la résistance des glissières originales à armatures d'acier a été validée au cours des années de service de dispositifs connus et utilisés encore

Il n'y a pas de spécification quant au déroulement d'un essai d'impact, il a do convenu de procéder à l'aide d'un pendule équivalent (procédure déjà utilisée en Ontario) et de tester les glissières à armatures composites et les glissières identiques à armatures d'acier dans les mêmes conditions en les sollicitant de façon maximale et en comparant les résultats.

L'essai d'impact par pendule équivalent s'est effectué à l'aide d'une grue et d'une boule tonnes. Le système d'impact est calibré de façon à ce que l'impact produit génère des dommages appréciables sur des glissières conventionnelles avec armatures d'acier nécessitant à la limite leur remplacement. On applique ensuite le même système sur les glissières avec armatures en matériaux composites et on

Huit glissières d'une longueur de dix mètres incorporées à une dalle de 1,5 m de large par 0,25 m d'épaisseur ont été construites au Centre de services de Sherbrooke en condition de chantier soit : quatre de chacun des deux types (PL2 et PL3) (photo 4). Pour chaque type, deux glissières à armature d'acier et deux autres à armatures composites ont été testées. L'essai a nécessité la fabrication d'un massif d'ancrage en m de longueur par 2,0 m de largeur et 1 m de profondeur sur lequel on pouvait fixer les glissières sur dalle à l'aide de barres à haute résistance. La hauteur de chute du pendule calibrée pour les types PL2 et PL3 fut respectivement de 3 m et 3,5 m en considérant un point d'impact constitué d'une plaque de répartition en acier la glissière en béton à une hauteur de 0,75 m pour le type PL2 et 0,9 m pour le type PL3 (photo 5). Des essais destructifs sur glissière sans plaque de répartition ont également été effectués.

Résultats

- Les essais avec plaque de répartition ont montré que le comportement des glissières à armatures composites est similaire à celui des glissières conventionnelles à armature d'acier.
- Le réseau de fissuration est cependant plus développé dans le cas des glissières en matériaux composites en raison du module d'élasticité du fibre de verre qui est 5 fois plus faible que celui de l'acier (photos 6 et 7). Sur les glissières de types PL2 et PL3, la largeur maximale des fissures représente respectivement 1,45 et 1,15 fois celles des glissières conventionnelles avec la suite de ces résultats, il a été décidé d'augmenter la quantité d'armature horizontale dans les glissières de type PL2.
- Le mode d'ancrage entre la glissière et la dalle n'a présenté aucune rupture.
- L'effet de rive fait en sorte que les dommages causés aux glissières lors d'un impact près de l'extrémité sont supérieurs à ceux causés au centre. Pour compenser cet effet, la quantité d'armature près des extrémités doit être doublée.
- Les essais destructifs sans plaque de répartition (photos 8 et 9) ont montré que l'armature d'acier s'est plastifiée localement alors que l'armature en matériaux composites a eu un comportement élastique sans rupture. Le comportement des deux glissières est toutefois similaire en terme de zone de poinçonnement, fissuration et éclatement du béton.

Références

El-Salakawy, E.F., Brière, F., Masmoudi, R., Tighiouart, B. et Benmokrane, B. « Conception de glissières de béton de types PL2 et PL3 renforcées avec de l'armature : essais d'impact », *Rapport technique final*, Phase III, ministère des Transports du Québec, Canada, août 2001, 75 p.

Masmoudi, R., Brière, F., Tighiouart, B. et Benmokrane, B. « Conception de glissières de béton de types PL2 et PL3 renforcées avec de l'armature en matériaux composites », *Rapport technique final*, Phase II, ministère des Transports du Québec, Canada, juin 2001, 52 p.

Masmoudi, R., Beaumier, E. et Benmokrane, B. « Conception de glissières de béton de types PL2 et PL3 renforcées avec de l'armature en matériaux composites », *Rapport technique final*, Phase I, ministère des Transports du Québec, Canada, février 2000, 39 p.

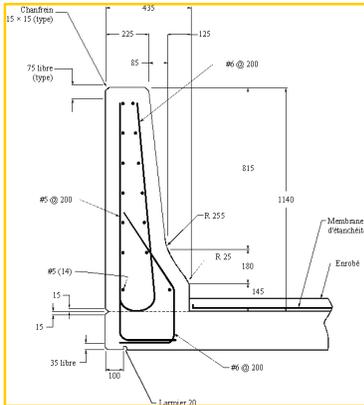


Photo 3 : Glissière en béton de type PL3



Photo 4 : Glissières de types PL2 et PL3 avec dalle d'essai



Photo 5 : Essai d'impact à l'aide d'un pendule équivalent



Photo 6 : Réseau de fissuration dans les glissières avec armatures en acier



Photo 7 : Réseau de fissuration dans les glissières avec armatures composites



Photo 8 : Essai destructif sans plaque de répartition (vue avant)



Photo 9 : Essai destructif sans plaque de répartition (vue arrière)