LE POINT EN RECHERCHE

Série technique 98-126

EFFICACITÉ D'UN SYSTÈME DE CONTRÔLE ACOUSTIQUE CONTINU POUR LES BÂTIMENTS EN BÉTON POST-CONTRAINT — RAPPORT D'ÉVALUATION

Introduction

L'évaluation des bâtiments en béton post-contraint pose un défi aux ingénieurs professionnels. Les éléments d'armature ne sont pas visibles et les signes de corrosion sont rarement évidents. La défaillance d'un élément peut être catastrophique; il est donc essentiel d'avoir des techniques non destructives qui permettent de déterminer sur place l'état de ces éléments. Par ailleurs, pour être en mesure de prendre des décisions rationnelles, à savoir s'il faut réparer ou reconstruire, et pouvoir établir les plans et les budgets de réparation, il faut aussi pouvoir compter sur des techniques qui déterminent la vitesse de détérioration. À cet égard, il serait très utile de disposer d'une technique qui permettrait de déceler et de localiser avec précision les points de rupture des câbles d'armature.

La Société canadienne d'hypothèques et de logement a demandé à l'Institut de recherche en construction d'étudier certaines des techniques les plus prometteuses pouvant servir à évaluer, réparer et protéger l'état des câbles d'acier non adhérents dans les bâtiments de béton post-contraint. Le présent rapport décrit l'évaluation d'un système breveté de contrôle acoustique destiné à détecter et à localiser les points de rupture d'un élément d'armature ou d'un ou de plusieurs câbles de l'armature.

La technique se fonde sur le principe selon lequel la rupture d'un élément d'armature sous contrainte libère une quantité substantielle d'énergie, créant ainsi une onde acoustique qui se répercute dans toutes les directions à l'intérieur de l'ouvrage en béton. Avec un système de contrôle en continu, la vibration causée dans le béton par la rupture d'un élément peut être repérée au moyen d'un réseau d'accéléromètres piézoélectriques attachés à la surface du profil de béton. Dans le but de réduire au minimum l'enregistrement d'épisodes insignifiants, la configuration du système comprend un mécanisme de « prédéclenchement » qui permet de filtrer les signaux et de n'accepter que ceux possédant certaines caractéristiques bien définies. Lorsqu'une onde acoustique dépasse le niveau seuil du mécanisme de prédéclenchement, le système d'acquisition de données est activé et il saisit les oscillogrammes provenant de tous les capteurs dans les dalles de béton pendant une période d'environ 150 millisecondes. Le système reste en activité durant au moins deux secondes, enregistrant et inscrivant dans un fichier informatique les données recueillies. Si d'autres épisodes se produisent pendant cet intervalle de grande activité, ils ne sont pas enregistrés.

SCHL CMHC

AU COEUR DE L'HABITATION

Canada

On détermine le niveau seuil du mécanisme de prédéclenchement en imposant à la dalle de béton certains impacts aux caractéristiques connues, ou encore, si la chose est possible, en rompant quelques câbles. Étant donné que le système capte aussi d'autres signaux acoustiques qui se retransmettent à l'intérieur de l'ouvrage et qui sont d'une amplitude comparable à celle d'une rupture d'élément d'armature, tous les épisodes enregistrés sont traités et analysés sur place par un programme informatique breveté, à l'aide d'un « réseau d'apprentissage artificiel », afin de détecter les ruptures effectives et de localiser les points de rupture à l'intérieur de l'ouvrage de béton. Les données recueillies par l'ordinateur sur place sont téléchargées périodiquement, par l'intermédiaire de lignes téléphoniques, vers un ordinateur central où elles sont traitées et triées par un autre programme informatique servant à trouver et localiser les points de rupture.

Programme de recherche

Le système a été installé dans un immeuble de Calgary, en Alberta. Pour déterminer les capacités et les limites du système de contrôle dans un laps de temps relativement court, la technique a été mise à l'essai en milieu conditionné au moyen d'épisodes provoqués artificiellement, par exemple en rompant intentionnellement des câbles d'armature, en frappant à coups de marteau sur l'ouvrage et en laissant tomber des objets lourds sur le plancher. Les éléments d'armature ont été sectionnés au moyen de meules manuelles bruyantes ou d'outils coupants à haute vitesse et relativement silencieux. On a utilisé un marteau ordinaire de deux kilos et un marteau expérimental de cinq kilos afin de vérifier la capacité du système à distinguer entre les signaux acoustiques produits par des objets frappant la dalle et ceux produits par la rupture d'un câble. Le promoteur du système n'était pas sur les lieux et n'avait pas été informé au préalable du moment des essais.

Le système a également fait l'objet d'un programme d'essais à long terme dans un autre immeuble de Calgary, puisque la preuve ultime de l'efficacité de la technique réside dans la vérification de sa capacité à signaler les ruptures spontanées, c'est-à-dire celles qui se produisent naturellement.

Résultats

On a étudié les ruptures soudaines de câble signalées par le système afin de déterminer si elles concordaient avec le moment et le lieu des ruptures provoquées. Sur douze éléments d'armature sectionnés, sept semblent avoir été détectés puisque le système de contrôle acoustique continu a signalé au moins une rupture soudaine de câble. Le système n'a pas détecté les cinq autres ruptures d'élément. Dans le cas de trois de ces ruptures, on a déterminé que le bruit de la meuleuse avait déclenché le mode enregistrement du système et avait ainsi empêché la détection des ruptures soudaines de câble qui se sont produites quelques moments plus tard. Dans les deux autres cas, à l'insu des ingénieurs du CNR et de l'IRC qui procédaient aux essais, le système avait été fermé pour le téléchargement des données. Quelques jours après le début du contrôle, la mise à l'essai sur place d'une autre technique d'évaluation a commencé dans le même immeuble. Ce chevauchement des activités d'essai a aidé à limiter les coûts globaux de l'évaluation, mais la deuxième technique consistait notamment à casser des morceaux de la dalle de béton, ce qui a déclenché à plusieurs reprises le système d'acquisition de données. En conséquence, il a fallu fermer le système plusieurs fois afin de télécharger de grandes quantités de données produites principalement par le cassage du béton.

Le système a signalé comme des ruptures soudaines de câble les deux premiers des quatre impacts de l'essai de choc 2; par contre, il ne l'a pas fait dans le cas des essais de choc 1, 3 ,4 et 6 et il était fermé pour cause de téléchargement de données pendant les essais 5 et 7. Dans sa localisation du point de rupture d'éléments d'armature, le système variait de 0,55 m à 2,59 m sur la longueur de l'élément, et de 0,03 m à 0,87 m sur l'axe perpendiculaire.

Dans le cadre de ce projet de recherche, la composante de contrôle à long terme se poursuit depuis septembre 1995. En mars 1997, le système avait signalé cinq ruptures spontanées de câble. Des examens directs indépendants effectués sur les éléments d'armature ont permis de confirmer les résultats; on a trouvé des câbles rompus à 750 mm ou moins des points de rupture signalés.

Plusieurs autres bâtiments au Canada et aux États-Unis font actuellement l'objet d'une surveillance, sur une base commerciale, au moyen du système de contrôle acoustique continu. Dans un de ces immeubles, le système a signalé 12 ruptures de câble, dont 10 ont pu être confirmées par une inspection visuelle. On a constaté la onzième rupture sur l'élément d'armature désigné, mais à 5 m de l'endroit indiqué. Quant à la douzième rupture signalée, il s'agissait d'un épisode sans aucun rapport. Le promoteur des essais fait état de résultats semblables concernant un autre immeuble.

Incidences pour l'industrie du logement

Le système de contrôle acoustique continu s'appuie sur des principes scientifiques solides. Les appareils utilisés sont fiables, perfectionnés et robustes. Les essais montrent que le système est capable de détecter des ruptures de câbles non adhérents dans des éléments d'armature de béton post-contraint et d'en signaler le moment et le lieu. Il est peu probable que le système ne saisisse pas une rupture de câble, mais il pourra lui arriver parfois de signaler erronément des épisodes sans pertinence. Il faut souligner cependant que la probabilité de tels rapports erronés semble faible. Le coût de la surveillance de bâtiments en béton post-contraint au moyen du système de contrôle acoustique dépend principalement de l'emplacement et de l'accessibilité de la dalle à contrôler, et aussi de la fréquence de production nécessaire de rapports de contrôle.

Selon les estimations, le coût de l'installation du système, en dollars de 1998, pourrait varier de 5 $ à 10 $ le mètre^2, et celui de la surveillance, de 0,60 $ à 0,90 $ le mètre^2 par an.

Installé dans un nouvel immeuble peu après la construction, le système de contrôle acoustique continu pourrait fournir les renseignements nécessaires à l'évaluation de la capacité résiduelle des profils de béton post-contraint. Ces renseignements pourraient ensuite servir à mesurer l'impact structural des ruptures d'élément et à déterminer les réparations nécessaires à n'importe quel moment du cycle de vie de l'immeuble. Dans les bâtiments existants contenant des éléments d'armature rompus antérieurement, un contrôle de plusieurs mois par le système aiderait à repérer les zones à problème où devraient se concentrer les activités d'inspection. Le contrôle pourrait même aider à déterminer les causes sous-jacentes du problème et permettre ainsi d'intervenir en temps voulu.

À l'heure actuelle, le système de contrôle acoustique continu tente de déterminer le nombre de câbles rompus pendant un épisode donné. Or, la perte de capacité de l'élément d'armature est directement proportionnelle au nombre de câbles rompus, et il n'est pas rare de voir se rompre simultanément plusieurs câbles d'un même élément. Par conséquent, il faudrait voir, autant que possible, à intégrer au système la fonction de détermination du nombre de câbles rompus, afin que les ingénieurs puissent évaluer avec une plus grande exactitude la perte de capacité de l'armature. Cette fonction complémentaire pourrait aussi réduire au minimum le besoin d'études in situ à caractère destructif. Une meilleure fiabilité de la localisation des points de rupture est également recommandée.

Directeur de projet : Silvio Plescia

Rapports de recherche : *Efficacité d'un système de contrôle acoustique continu pour les bâtiments en béton post-contraint — Rapport d'évaluation*

Consultants : Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches du Canada

On peut obtenir un rapport complet sur ce projet de recherche auprès du Centre canadien de documentation sur l'habitation à l'adresse indiquée ci-après.

Recherche sur le logement à la SCHL

Aux termes de la partie IX de la *Loi nationale sur l'habitation*, le gouvernement du Canada autorise la SCHL à consacrer des fonds à la recherche sur les aspects socio-économiques et techniques du logement et des domaines connexes, et à en publier et à en diffuser les résultats.

Le présent feuillet documentaire fait partie d'une série visant à vous informer sur la nature et la portée du programme de recherche de la SCHL.

Les feuillets documentaires de la série **Le point en recherche** comptent parmi les diverses publications sur le logement produites par la SCHL.

Pour recevoir la liste complète de la série **Le point en recherche**, ou pour obtenir des renseignements sur la recherche et l'information sur le logement de la SCHL, veuillez vous addresser au :

Centre canadien de documentation sur l'habitation
Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario) K1A 0P7

Téléphone : 1 800 668-2642
Télécopieur : 1 800 245-9274

NOTRE ADRESSE SUR LE WEB : www.cmhc-schl.gc.ca/Recherche

Cette publication contient les renseignements les plus à jour dont disposait la SCHL au moment de sa parution et ont été revus, par des experts du secteur de l'habitation. Toutefois, la SCHL n'assume aucune responsabilité pour les dommages, les blessures, les coûts et les pertes pouvant découler de l'utilisation de ces renseignements.