



Monitoring en temps réel : une avancée majeure dans l'amélioration des structures

Les nouvelles technologies jouent un rôle crucial dans l'amélioration de l'efficacité et de la sécurité des structures. C'est dans ce contexte qu'a été lancée une campagne de monitoring d'un pont en béton, dont les torons de précontrainte ont été altérés par la corrosion. À cette fin, un réseau de capteurs à fibres optiques a été mis en place afin d'analyser le comportement du pont et d'en assurer le monitoring en continu.

P. Van Itterbeeck, dr. ir.-arch, cheffe de projet principal, laboratoire 'Structures et systèmes de construction', Buildwise
R. Vrijdaghs, ancien collaborateur de Buildwise

Description du pont et des dommages

L'AWV (Agence flamande des routes et de la circulation) et le MOW (Département flamand de la mobilité et des travaux publics) ont choisi ce pont comme cas d'étude en vue de tirer les leçons nécessaires pour **mieux estimer la durée de vie restante et la capacité portante résiduelle des structures**, d'une part, et pour **optimiser les stratégies d'intervention et de rénovation** de l'autre. Construit en 1957, le pont supporte le trafic routier d'une autoroute à trois voies et compte trois travées. Les travées de rive (d'une portée de 9 m) sont constituées d'éléments en béton armé. La travée centrale, d'une portée de 23 m, est constituée, quant à elle, de 13 poutres en I en béton postcontraint. Le pont est soutenu par deux rangées de cinq colonnes.

La corrosion des torons a entraîné la formation de rouille et l'apparition de fissures sur l'axe principal des poutres (voir figure 1).

1

Détail de la fissuration le long d'un câble à fibres optiques.



Monitoring en temps réel par des capteurs à fibres optiques

La partie centrale du pont a été équipée de près de **300 capteurs de déformation et de température** (voir la figure 2 à la page suivante), répartis sur quelques poutres transversales et longitudinales postcontraintes et sur les 10 colonnes. Ce vaste réseau de capteurs permet de mesurer les changements de température et les déformations. Grâce à leur haute précision, leur grande flexibilité et leur longue durée de vie, ces capteurs nous permettent de surveiller le comportement global et local du pont en utilisation.

Le suivi s'opère par l'intermédiaire d'une **plateforme IoT intégrée**. Grâce aux capteurs et aux méthodes de collecte de données innovantes, toutes les parties prenantes peuvent obtenir, consulter et analyser les données en temps réel. Ces avancées offrent un potentiel inédit en matière de détection et d'identification précoces des problèmes structurels, d'optimisation des stratégies de maintenance ainsi que de prolongation de la durée de vie des structures endommagées.

Essais de mise en charge et étalonnage

Comme le pont était déjà en utilisation lors de l'installation des capteurs, il n'était pas possible de déterminer des valeurs de référence pour les mesures obtenues. Nous ne disposons donc pas de données sur le comportement du pont dans son état initial (c'est-à-dire sous une charge nulle). Pour y remédier, un **programme d'essais de mise en charge** a été lancé en collaboration avec l'AWV, le MOW et la KU Leuven. Les tests consistaient à mesurer le comportement du pont, fermé à la circulation, exposé à



2 Équipement du pont au moyen de capteurs de déformation et de température.

différentes charges, notamment en le soumettant au poids de camions dont la charge à l'essieu était connue. Les capteurs à fibres optiques mesuraient les déformations du pont de façon continue, aussi bien sous l'effet de charges quasi statiques que de charges dynamiques.

Grâce à leur étroite collaboration, les différentes parties prenantes ont également pu utiliser des fleximètres pour mesurer le fléchissement du pont à différents endroits et des capteurs d'émission acoustique pour détecter les dommages internes de façon continue. En outre, Buildwise a effectué des **balayages laser 3D** de la face inférieure du pont à des moments précis afin d'obtenir une image 3D détaillée de la structure du pont et d'explorer les possibilités de mesure des fléchissements au moyen de balayages laser.

Toutes ces initiatives ont généré de **nombreux résultats expérimentaux** qui donnent une image globale du comportement du pont. Ces résultats peuvent être utilisés pour étalonner le monitoring en temps réel à long terme du pont (caractérisation de l'état de référence sans charges et détermination de la valeur absolue du fléchissement et de la déformation sous l'effet de charges connues). Ils peuvent également être corrélés avec une structure existante ou étalonnés par rapport à cette dernière. Comme les mesures des capteurs se poursuivront encore quelques années, les essais de mise en charge permettront de déterminer l'état actuel du pont, d'expliquer les changements structurels survenus au fil des ans et d'estimer la durée de vie résiduelle de la structure.

Applications innovantes et perspectives

Outre les techniques de mesure avancées déjà opérationnelles, ce projet comprend également une **analyse struc-**

turelle approfondie des mesures obtenues dans le cadre du projet SBO (Strategisch Basis Onderzoek) LifeMacs, qui réunit l'UGent, la KU Leuven et Buildwise. Ce projet, mené en collaboration avec le MOW, explore les possibilités de mise en place d'un système d'alerte précoce qui déclenchera une alarme en cas de dépassement d'une limite définie (déformations ou fléchissements excessifs, résistance à la compression trop limitée). Les utilisateurs, les propriétaires et les superviseurs auront ainsi le temps de prendre les mesures appropriées. À cette fin, un modèle numérique du pont est en élaboration ; il sera étalonné sur la base d'essais de mise en charge.

Ce projet montre aux entrepreneurs, aux propriétaires et aux professionnels du secteur le potentiel des nouvelles technologies, telles que les techniques de mesure innovantes et couplées ou encore l'analyse avancée de données, dans la détermination et la prédiction du comportement structurel des ouvrages en béton.

Les entrepreneurs pourront bénéficier d'informations sur l'installation de la fibre optique et sur son potentiel pour le monitoring des structures. Un tel suivi en temps réel peut contribuer à **optimiser la sécurité, le coût et la durabilité** des structures en béton et permet de **connaître l'état des structures existantes endommagées** pour détecter rapidement des problèmes structurels éventuels. Cette avancée permettra d'améliorer les stratégies de maintenance, d'accroître la sécurité et de prolonger la durée de vie des ponts et autres structures en béton, donnant aux parties prenantes la possibilité de gérer le patrimoine en béton actuel et futur de **manière plus sûre, plus efficace et plus proactive.** 

Cet article a été rédigé dans le cadre du projet 'Strategisch Basis Onderzoek (SBO)' subsidié par le Fonds flamand pour la recherche scientifique.