

Réfection du passage inférieur Jarry/Querbes

Richard FAY, Marc-Olivier BESSETTE

BPR Groupe-conseil
Département Transports
Division ouvrages d'art

Richard MORIN

Ville de Montréal
Service de l'environnement, de la voirie et des réseaux
Direction voirie
Division du laboratoire

Résumé

Les méthodes conventionnelles de démolition engendrent des inconforts importants pour la population locale. Dans le cadre du projet de réfection du passage inférieur Jarry/Querbes, un procédé habituellement employé dans l'industrie minière, qui présente entre autres l'avantage d'être moins bruyant, a été retenu pour la démolition efficace et rapide des surfaces de béton des murs de soutènement.

Un problème rencontré dans la mise en œuvre de réparation de surface d'un élément de béton existant, est la formation de fissures. L'apparition de ces fissures est due à la restriction exercée sur le béton de réparation par l'élément existant qui ne permet pas au nouveau béton de se contracter librement afin de répondre aux contraintes internes. Dans un tel cadre, compte tenu de ses propriétés viscoplastiques bien particulières, l'utilisation d'un béton autoplaçant présente un avantage marqué puisqu'il permet de limiter l'apparition de ces fissures. Au cours du projet de réfection du passage inférieur Jarry/Querbes, 420 m³ de béton autoplaçant fibré a été employé pour la réparation de 1700 m² de surface (murs de soutènement, murs de culée et colonnes), ce qui constitue une première réparation d'importance au Québec avec ce type de matériau.

Cet article présente les méthodes avant-gardistes employées dans le cadre de la réfection du passage inférieur Jarry/Querbes situé en plein cœur de la ville de Montréal.

Introduction

De nombreux ouvrages routiers au Québec ont atteint un seuil de dégradation important et même, parfois, la fin de leur vie utile. Il est donc temps de les réhabiliter ou de les remplacer. Dans un tel contexte, il est important de considérer un plan d'intervention adapté aux conditions de bétonnage des différents éléments à réparer. À cette fin, avec la meilleure compréhension des phénomènes mis en jeu issue des travaux de recherches menés sur les réparations au cours des dernières années, notamment au Centre de recherche interuniversitaire sur le béton (CRIB), il est apparu sur le marché de nouveaux matériaux mieux adaptés aux nouvelles techniques de réparation. Toutefois, le succès de la mise en application de ces nouvelles techniques repose grandement sur leur adaptation au type de l'intervention et aux conditions du chantier. Il est donc primordial que leur choix et leur mise en œuvre se fassent en étroite collaboration avec les différents intervenants afin d'assurer leur succès.

Mise en contexte

Le passage inférieur Jarry/Querbes est situé à l'Est de l'intersection Jarry et Querbes dans l'arrondissement Villeray-St-Michel-Parc-Extension de la grande ville de Montréal. À cet endroit, le chemin de fer du CP enjambe les trottoirs et les quatre voies de la rue Jarry à l'aide d'un pont d'étagement. Le système structural du pont est constitué d'une dalle pleine reliant les deux culées et supportée en son centre par une pile. Afin de conserver le profil du chemin de fer, des murs de soutènement servent de support aux terres adjacentes pour permettre à la rue Jarry de passer sous la structure.

Les éléments de la structure du passage inférieur Jarry/Querbes ont été victimes de l'effet des éléments agressifs du milieu au cours des 50 dernières années. Compte tenu de l'état de dégradation avancé de l'ouvrage, une intervention majeure s'avérait nécessaire et de ce fait, l'élaboration d'un plan d'intervention visant le redressement de la situation devait être mise de l'avant.



Figure 1 : Passage inférieur Jarry/Querbes avant sa réfection

Le type d'intervention à apporter à un élément d'une structure est déterminé à partir du niveau de détérioration de l'élément et de la durée de vie visée par l'intervention. Donc, afin d'établir le plan d'intervention du passage inférieur Jarry/Querbes, il fallait d'abord réaliser l'inspection de la structure afin d'en évaluer l'état. Par la suite, à partir des données recueillies, différentes stratégies d'intervention ont été envisagées. Il est à noter que la reconstruction complète d'un élément d'une structure implique un investissement immédiat plus important, mais peut s'avérer un choix économique à long terme puisqu'elle permet d'éviter une intervention prématurée subséquente. Toutefois, les techniques modernes de réparation des éléments en béton permettent

de prolonger significativement la vie utile d'un ouvrage. C'est dans un tel cadre que le plan d'intervention optimal a été élaboré, plan qui consiste principalement en la reconstruction de la chaussée, des trottoirs sur sol, des trottoirs structuraux, du mail central et la réfection partielle des murs de soutènement, des murs de culées, de la pile, de l'intrados et des côtés extérieurs du tablier du pont. Un investissement de plus de 8 000 000 \$ aurait été nécessaire afin de reconstruire complètement la structure du passage inférieure Jarry/Querbes alors que le coût des travaux de réhabilitation se chiffrait à environ 3 000 000 \$.

Détails de conception

En plus de nuire aux opérations de démolition, le premier rang d'armature de la face d'un mur exposé d'une structure vieillissante est généralement corrodé dû à l'action des ions chlorures. Cette corrosion qui s'accompagne par le gonflement des armatures cause la fissuration et parfois la délamination du béton de surface. La réhabilitation d'une armature corrodée est longue, fastidieuse et le résultat présente des risques. Aussi, suite à l'étude de la résistance structurale des murs qui a révélé que la démolition de la surface jusqu'à une profondeur de 125 mm n'avait pas incidence sur l'intégrité de la structure, la décision de remplacer le premier rang d'armature des murs de soutènement et des murs de culées a été prise; il a alors été remplacé par de l'acier galvanisé, qui est plus résistant que l'acier noir aux attaques des ions chlorures. Également, le détail de reconstruction des réparations de surface prévoyait un recouvrement de béton des armatures plus important conférant ainsi à la réparation une durabilité accrue.

Méthode de démolition

Le passage inférieure Jarry/Querbes est situé dans un secteur habité de la ville de Montréal et le choix de la méthode de démolition devait donc être fait avec le souci de limiter les impacts sur la vie des citoyens. Les méthodes conventionnelles de démolition du béton au moyen de marteaux pneumatiques et hydrauliques ont le désavantage d'être très longues, d'être très bruyantes et d'émettre une quantité importante de poussière. Afin de pallier aux désagréments engendrés par les techniques conventionnelles, une méthode généralement employée dans l'industrie minière, soit un scarificateur rotatif, a été sélectionnée pour la démolition de la surface de béton des murs de soutènement.

Ce procédé a les avantages d'être beaucoup moins bruyant, de faciliter le contrôle des émissions de poussière et d'être plus rapide que les méthodes conventionnelles. Une production moyenne de 29 m²/heure pour une scarification réalisée sur une profondeur de 125 mm a été atteinte au cours des travaux de démolition des murs de soutènement. De plus, le procédé est une méthode de démolition contrôlée qui permet d'obtenir la profondeur de démolition désirée avec une précision inégalée. C'est une méthode moins dommageable pour le béton car la scarification génère moins d'impact que l'excavation au moyen de marteaux pneumatiques, ce qui limite l'apparition de fissures dans le substrat. Il en résulte une surface de réparation présentant toutes les caractéristiques requises pour permettre une adhérence adéquate du béton de réparation.



Figure 2 : Scarificateur rotatif

Tableau 1 : Avantages du scarificateur à béton

Avantages
<ul style="list-style-type: none">• Peu bruyant• Rapide• Produit une surface de réparation d'excellente qualité

Méthode de reconstruction

Dans le cadre de la réfection de cet ouvrage, étant donné la géométrie de l'ouvrage, il était impossible de diminuer les espaces réservés aux usagers, ce qui nous plaçait dans l'obligation de conserver les dimensions de l'ouvrage existant. Un obstacle rencontré dans la réalisation d'une réparation de faible épaisseur pour une surface de dimension appréciable est la mise en place du béton. C'est alors que l'utilisation du béton autoplaçant comme matériau de réparation des murs de soutènement s'avère avantageux. Le béton autoplaçant est très fluide, ce qui permet une excellente mise en place du béton, même dans les espaces de faible dimension, et cela sans effort. Au cours du projet de réfection du passage inférieur Jarry/Querbes, 420 m³ de béton autoplaçant a été employé pour la réparation de 1700 m² de surface (murs de soutènement, murs de culée et colonnes).

Un problème rencontré lorsque l'on effectue une réparation de surface d'un élément en béton existant, est la formation graduelle de fissures au cours de la première année suivant sa mise en oeuvre. Dans le cas d'une réparation de surface, la restriction exercée sur le béton de réparation par l'élément existant ne permet pas au nouveau béton de se contracter librement lors de son séchage ou de se dilater librement lorsque la température du béton en surface augmente plus rapidement que celle du béton situé plus en profondeur dans l'élément.

Ces situations créent donc des contraintes internes en tension ou en compression. Compte tenu de sa faible résistance en tension, le béton est plus vulnérable, évidemment à tous les phénomènes pouvant engendrer des contraintes en traction, lesquelles conduisent à sa fissuration dès qu'elles excèdent sa résistance en tension. Mentionnons d'ailleurs qu'une période critique est incontestablement les premières 24 à 36 heures suivant sa mise en place où la combinaison de plusieurs phénomènes peut amener des efforts en traction excédant la capacité du béton, résultant alors en la formation de fissures.

Pour un béton de réparation en condition de retrait restreint, on recherche un béton ayant des propriétés physiques bien différentes d'un béton employé pour une construction neuve. Pour la construction d'un nouvel élément le béton doit fluer au minimum. Pour la réparation d'un élément de béton, lorsque l'on est en condition de retrait empêché non structurale, on recherche un béton de réparation qui aura une aussi bonne capacité de fluage possible. Dans les deux cas, le béton doit avoir le moins de retrait de séchage possible.

C'est à cet égard, étant donné sa propension au fluage en tension au jeune âge, que l'utilisation d'un béton autoplaçant présente un avantage marqué. Sous les contraintes internes de tension, le béton autoplaçant flue, ce qui a pour effet de relaxer au fur et à mesure qu'elles se créent les efforts de tension causés principalement par le retrait du béton. Lorsque ce phénomène de relaxation permet au moment le plus critique d'avoir une résistance en tension du béton en tout temps supérieure aux contraintes internes en traction, il en résulte des surfaces exemptes de fissures.

Il est évidemment primordial d'éliminer l'apparition des fissures puisqu'elles constituent une porte d'entrée pour les agents agresseurs du milieu. Dans le cas du passage inférieur Jarry/Querbes, la réaction alcalis granulats et la corrosion des armatures dues à l'attaque aux ions chlorures étaient les principaux vecteurs de dégradation des éléments en béton armé de la structure. Il était donc primordial d'éviter l'apparition des fissures dans le béton de réparation afin de bloquer l'humidité responsable de la progression de la réaction alcalis granulats du béton existant et d'empêcher la pénétration au niveau des armatures des ions chlorures.

Tableau 2 : Avantages du béton autoplaçant

Avantages
<ul style="list-style-type: none">• Facilité de mise en place• Résulte en un fini uniforme et exempt de défauts• Limite l'apparition de fissures



Figure 3 : Mise en place du béton autoplaçant

Mise en œuvre

Contrairement à la démolition qui a été réalisée en continue pour chacun des murs, la reconstruction des murs de soutènement a été réalisée par section, de largeur constante et de hauteur variant entre 1 mètre et 5.5 mètres (figure 3). Chacune de ces sections était délimitée par des joints de dilatation.

À la suite du bétonnage des premières sections du mur de soutènement qui a été réalisé par temps chaud, lors du décoffrage réalisé 48 heures après la mise en place du béton, quelques fissures ont été observées à la surface du mur. En réaction à une cinétique de développement des résistances mécaniques bien supérieures au jeune âge à celles obtenues lors d'épreuves de préqualification réalisées quelques mois précédemment il est apparu, suite aux discussions tenues avec les représentants du cimentier, que la finesse de son mélange de ciment avait été augmentée. La rapidité avec laquelle la réaction d'hydratation s'est produite et conséquemment le retrait endogène, a excédé la capacité de relaxation que permet le fluage de ce béton. Des contraintes internes de tension trop élevées dans le nouveau béton expliqueraient alors l'apparition de fissures. Afin de corriger la situation, le superplastifiant à base de polycarboxylate a été remplacé par un autre à base de naphthalène, ce qui a eu pour effet de ralentir la cinétique de réaction. En condition de retrait restreint, on recherche donc un mélange de béton qui produit un développement de résistance lent afin de laisser le temps au fluage de prendre cours.

Lors de la mise en œuvre de la réfection du passage inférieur Jarry/Querbes, le suivi du développement des résistances mécaniques en temps réel en parallèle avec le suivi du développement de la température au sein de la masse de béton ont été effectués afin de déterminer à quel moment le béton des murs avait atteint une résistance suffisante pour permettre

le décoffrage. Une résistance de 10 MPa était amplement suffisante afin de permettre le décoffrage compte tenu que le béton de réparation n'était pas structural.

Pour le mûrissement du béton, l'approche de la Ville de Montréal pour les BHP (béton à haute performance) fut suivie. Celle-ci préconise, contrairement à ce qui est prescrit par certaines normes, le décoffrage du mur par temps chaud entre 12 heures et 20 heures après le bétonnage. Le décoffrage rapide des sections de murs a permis d'appliquer la cure humide rapidement. Cet apport d'eau le plus tôt possible dans le processus d'hydratation permet de réduire le retrait endogène et donc de diminuer la contrainte de tension au sein du béton de réparation. Cette façon de faire, utilisée sur plus d'une trentaine d'ouvrage d'art à la Ville a prouvé son efficacité pour prévenir la fissuration.

De plus, l'apport d'eau requis de façon ininterrompue pendant sept jours a pour effet de retarder le retrait de séchage. Durant ce répit, le développement des résistances mécaniques du béton continu à progresser. À la fin de la cure humide le béton a atteint une résistance suffisante pour résister aux efforts de tension engendrés par le retrait de séchage. Dépendamment de la nature des réparations, on note alors qu'il est possible d'échapper à la fissuration ou de la réduire considérablement.

Puisque la cinétique de réaction de l'hydratation du béton augmente avec la température, un changement de la température ambiante va directement influencer le développement des résistances mécaniques du béton. Dans le cadre du projet, le bétonnage des sections du mur de soutènement s'est étalé du mois de septembre au mois de décembre. En se référant au suivi du développement des résistances combiné avec le suivi du développement de température au sein des murs de soutènement, le mélange de béton a été modifié en fonction des conditions de température ambiante. Le superplastifiant employé dans la composition du mélange de béton des premières sections qui, par son effet d'accélération du développement des résistances mécaniques causait un problème, présente un avantage par temps froid puisqu'il contrebalance en partie l'effet de la température ambiante et permet ainsi de ne pas retarder l'avancement des travaux. Donc, en fonction des conditions de température ambiante, deux mélanges de béton ayant comme unique différence au niveau de leur composition le superplastifiant, ont été employés successivement par temps chaud et froid pour la réhabilitation des murs de soutènement.



Figure 4 : Construction par phase

Esthétique

Étant donné la proximité du parc Jarry, endroit où se tient annuellement les internationaux de Tennis de Montréal, un des objectifs visés par la ville de Montréal était d'apporter une amélioration esthétique à cet ouvrage afin de favoriser l'harmonisation de la structure au paysage environnant. Pour ce faire, des insertions de bandes en granite ont été ajoutées, des rainures verticales ont été intégrées au détail des murs et une uniformisation du modèle de garde-corps a été réalisée sur l'ensemble de l'ouvrage, ce qui n'était pas le cas auparavant.

En plus de leur contribution au plan de l'esthétisme, les bordures de granite mises en place au niveau des chasse-roues offrent une résistance très supérieure à l'abrasion des surfaces par les équipements de déneigement. Ce matériau est effectivement beaucoup plus résistant que le béton et présente la particularité de posséder une surface irrégulière issue de son mode de fabrication par fendage.



Figure 5 : Passage inférieur Jarry/Querbes tel que construit

Conclusions et recommandations

Grâce à la qualité de la démolition réalisée à l'aide du procédé avant-gardiste, combinée avec la décision de remplacer le premier rang d'armature et l'emploi de nouveaux matériaux, tel le béton autoplaçant, le but visé de la conservation de la géométrie de l'ouvrage a été atteint tout en livrant un produit durable.

Le succès de la mise en œuvre d'un matériau tel le béton autoplaçant repose sur son adaptation aux conditions de chantier. Pour ce faire, il est important de bien connaître ses propriétés et son comportement afin de contrôler adéquatement sa mise en place. De plus, un suivi rapproché avant, pendant et après sa mise en place permet d'assurer la qualité et la durabilité du produit fini.

RÉFÉRENCES

1. Cusson, D., L. Perette, W., (2000) *Early-Age Cracking in Reconstructed Concrete Bridge Barrier Walls*, ACI Materials Journal, 97(4), pp. 438-446.
2. Morin, R., Thibault, M., Bonneau, O., Khayat, K.H., (2003) *Le béton à haute performance, un standard à la ville de Montréal*, 10^e Colloque sur la progression de la recherche Québécoise sur les ouvrages d'art, Québec, Canada, mai 2003.