

Rapport technique / domaine du génie-civil

Contenu : Assainissement de pont - BFUP

Rédaction : Colomb Jeremy / étudiant ETC 3 / Rue pré de Monthey / 1955 Chamoson

Date : décembre 2013

Le Béton Fibré Ultra-hautes Performance

Description du chantier

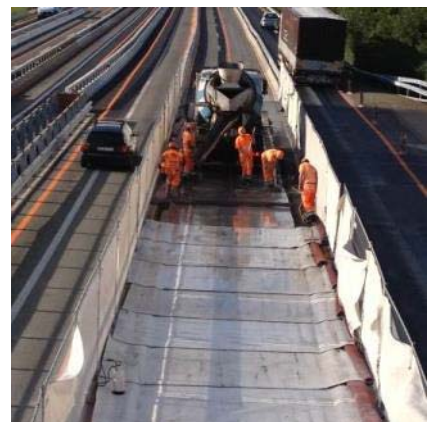
Le principal but de ces travaux était de remplacer l'étanchéité du tablier. Dans les documents de l'appel d'offre de l'OFROU, il était initialement prévu l'utilisation de l'asphalte coulé. De plus, il était conçu de garder uniquement une voie de circulation et de travailler sur deux voies simultanément. Une déviation aurait été nécessaire hors de l'autoroute.

Quatre jours avant le début des travaux, l'Etat de Vaud fait opposition à ce procédé et exigeait deux voies de circulation sur l'autoroute, et de ce fait d'abandonner la déviation. De plus, les bandes d'arrêt d'urgence n'étaient pas conçues pour le trafic des poids lourds.

La date de début de travaux étant agencée et les délais devant être respectés, il a fallu trouver une solution rapidement.

L'emploi de l'asphalte coulé n'était plus possible en raison de la largeur de travail qui fut restreinte. L'entreprise proposa une variante au moyen du BFUP. Celle-ci fût acceptée et les travaux ont pu débuter dans les temps.

Ceux-ci commença par le démontage de la berme centrale, ainsi que la pose d'un enrobé provisoire pour dévier le trafic. Par la suite, une opération de nuit fut nécessaire pour mettre en place la signalisation au moyen de glissières mobiles. Une seconde intervention de nuit permis le montage d'une passerelle pour accéder aux étapes centrales.



Description du BFUP

Pour ce chantier, l'entreprise décida d'utiliser un BFUP fabriqué en central. Elle voulut assurer un béton d'une qualité irréprochable. L'utilisation de ce type de béton permet d'atteindre des résistances mécaniques élevées, ainsi qu'une durabilité sensiblement meilleure. De plus, sa faible perméabilité permet de l'utiliser comme protection d'éléments fortement sollicités tels que tabliers, piles de pont contre l'eau et le gel, en présence de sels de déverglaçage, ainsi qu'une protection élevée contre la carbonatation.

Optimisation de la courbe granulométrique

La compacité de ce béton est obtenue par une optimisation de la granulométrie. Une grande quantité de fumée de silice est nécessaire pour remplir les plus petits interstices du squelette granulaire. De plus, cette addition produit un effet positif sur la consistance.

Réduction du rapport E/C

La quantité d'eau ajoutée à ce béton est semblable à celle d'un béton traditionnel, cependant le rapport E/C est plus bas en raison du dosage de ciment plus élevé. Il est raisonnable d'avoir un dosage de ciment de plus de 800 kg/m³. Le rapport e/c obtenu est inférieur à 0.25. De ce fait, le malaxage, ainsi que la consistance sont assurées par l'utilisation de fluidifiants à haute performance.

Additions de fibres

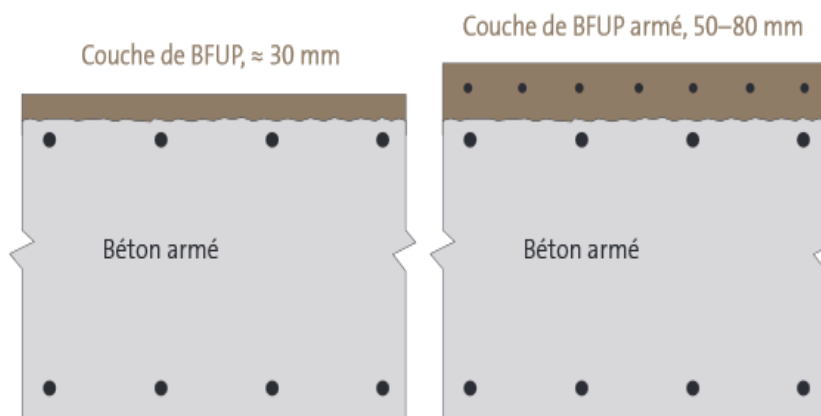
Lors de ce chantier, des fibres métalliques ont été additionnées à un dosage d'environ 3% pour améliorer la ductilité de ce béton fragile. A noter qu'il est aussi possible d'utiliser des fibres synthétiques.

Caractéristiques principales :

Résistance à la compression :	> 150 N/mm ²
Résistance à la traction :	8 à 12 N/mm ²
Diamètre max. des granulats :	< 1 mm
Rapport E/C :	0.15 à 0.25
Addition de fibre métallique :	~ 3% (du volume)
Prix :	~ 4250.- CHF/m ³ (départ centrale)

Utilisation du BFUP

Il est possible d'utiliser ce béton pour améliorer les caractéristiques de protection, ce qui a été le cas du pont de l'Avançon. Cependant, il est utile de savoir qu'il est possible de l'utiliser pour renforcer un élément existant, avec l'emploi d'armatures métalliques conventionnelles.



Planches d'essais

Des planches d'essais ont été exécutées, ce qui permet de prendre connaissance de divers problèmes. La texture de ce béton est considérée comme « Chewing-gum », ce qui ne s'est pas révélé aisé pour la mise en place.

Les planches d'essais ont été conçues avec un coffrage métallique horizontale, recouvert de dalles de jardin, pour simuler la présence du béton hydro-démoli.

Lors du premier essai, l'entreprise essaya la mise en place avec une règle vibrante posée sur guides. L'échantillon eut directement un traitement de cure adéquat, de plus la météorologie lors de cet essai fut idéale. Cependant, ils se sont aperçus que l'échantillon présentait des fissures non négligeables pour un revêtement étanche. L'entreprise pensa tout d'abord que les fissurations se situaient au joint des dalles de jardin. Après décoffrage, elle s'est vite aperçue que cela n'était pas le cas. L'essai fut découpé, et l'entreprise, ainsi qu'Holcim conclurent que l'utilisation de la règle vibrante n'était pas adéquate. Les fibres métalliques étaient disposées toutes dans le même sens.

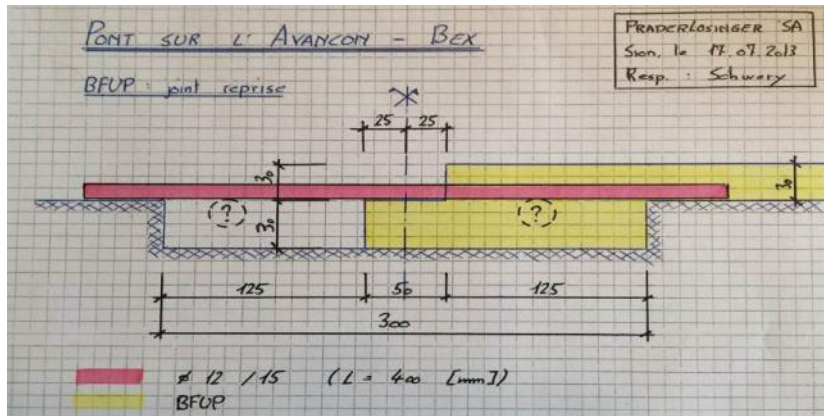


Lors du second essai, la mise en place s'est exécutée selon diverses méthodes. De nouveau avec une règle vibrante, ce qui a confirmé les résultats du premier essai. Avec un profilé métallique fixé sur le godet de talus d'une pelle sur pneu, ce procédé de mise en place ne fut pas convaincant. Au râteau, certes cela s'est montré moins aisé, mais le résultat obtenu fut optimal. Ce procédé de mise en place fut retenu. Cela prouve que la mise en place est primordiale, principalement lors de l'emploi d'un nouveau matériau.



Mise en place sur le chantier

La préparation du support consistait à une hydro-démolition de la surface sur une profondeur d'environ 8 millimètres, nettoyé et saturé d'eau avant le bétonnage. La mise en place sur chantier s'est effectuée en 7 étapes de 8 m³ pour une épaisseur de 3 centimètres. Pour relier ces différentes étapes, il fallut étudier un joint de reprise longitudinal. De plus, l'emploi de ce béton est limité à des supports présentant des pentes de 5% maximum. L'emploi d'une étanchéité traditionnelle fut nécessaire pour les dalles de transition



A noter que les camions-malaxeur étaient chargés uniquement à 2 m³, cela est principalement dû au temps de malaxage nécessaire, environ 40 minutes pour une gâchée d'un m³. De plus, la centrale fabricant du BFUP se situe à Puidoux/VD, à 42 kilomètres du chantier.

Après la mise en place au moyen de râteliers et de dames lissarde, le béton est directement protégé contre une dessiccation trop rapide.

Quatre tests de résistance à l'arrachement sur le béton mis en place furent exécutés par le Laboratoire de la Construction, à Martigny. Trois résultats révélèrent que le plan de rupture se situait à l'interface colle-BFUP. Sur le quatrième, cela est intervenu sous le BFUP, dans le béton traditionnel. De cela, nous pouvons conclure à une forte adhérence au support existant.



Traitement ultérieur

Pour garantir une étanchéité optimale dans les raccords critiques, tels que tablier/banquettes, grilles de route, ..., un sous-traitant est intervenu pour appliquer une résine époxy.



La pose du béton bitumineux peut s'effectuer après 7 à 8 jours. Avant cela, il a fallu appliquer sur la surface du béton un primaire d'accrochage de type Prodolaque. La pose de l'enrobée en elle-même est conventionnelle.

Conclusion

Le béton fibré à ultra haute performance n'est pas encore conventionnel dans le monde de la construction. C'est un nouveau produit qui commence seulement maintenant à faire ses preuves, c'est difficile de prendre confiance avec de nouveaux matériaux, et pas toujours facile de convaincre certains bureaux d'ingénieurs. A noter qu'un cahier technique, qui a pour but de réglementer l'emploi du BFUP est à ce jour en cours d'adoption par la Société Suisse des Ingénieurs et Architectes, ce qui révèle un certain attrait envers ce matériau.

Remerciements

Mr. Schwery Fabien / Conducteur de travaux / PraderLosinger SA
Mr. Bétrisey Rémy / Responsable département Génie Civil / PraderLosinger SA

Sources

Guides Holcim, Béton fibré à ultra-hautes performances, Produit et applications
Derniers développements en matière d'infrastructures routières en béton, Update 3/11, Bétonsuisse.ch
Béton fibré ultra-performant pour améliorer la durabilité des dalles de roulement de point, Prof. E. Brühwiler
Cahier technique, BFUP : Matériaux, dimensionnement et exécution, Etat au 10 avril 2013, SIA