REPARATIONS ET RENOVATIONS RAPIDES DE REVETEMENTS EN BETON

«Fast-track paving»

DOSSIER CIMENT

12
juin 1997

fast-track

revêtement de route
béton à durcissement rapide
réparation/rénovation

(94) Ef2 (W7)

BB/SfB

Aujourd'hui la construction routière concerne principalement l'entretien, la réparation ou la réfection de routes existantes. Etant donné l'utilisation intensive du réseau routier, il devient impensable de gêner le trafic durant de longues périodes pour procéder à des réfections.

Grâce à la nouvelle technique du béton à durcissement rapide, plus connue sous son appellation internationale «fast-track concrete paving», il est maintenant possible de réaliser des réparations dans des délais très courts. Les tronçons réparés à l'aide de la technique du «fast-track» peuvent être rouverts à la circulation normale moins de 3 jours après la mise en place du béton, au lieu de 5 à 14 jours dans le cas des réparations classiques. Cette technique est applicable tant pour des réparations locales que pour le renouvellement de tronçons routiers plus longs.

Ce bulletin reprend les derniers développements en matière de réparations et de rénovations rapides des revêtements routiers, dont les expériences menées sur la N26 Louvain-Malines et la N2 Bruxelles-Louvain (photo). Il formule également les lignes directrices pour l'élaboration des cahiers des charges.

Les revêtements en béton de nombreuses routes régionales ou secondaires atteignent souvent 20 voire 40 ans de service. Certaines de ces routes ne sont plus toujours sûres, elles présentent un confort de roulement trop faible et génèrent des nuisances sonores importantes. On estime d'ailleurs qu'il faudrait réparer ou rénover environ 500.000 m² de routes en béton chaque année.
A ce volume s'ajoute un grand nombre de revêtements souples, parfois moins anciens, mais très déformés par un trafic particulièrement lourd.
Comme les travaux de réparations importants entravent le trafic, ils sont souvent postposés et l'état des routes ne fait que s'aggraver.

Le *Département des Routes du Brabant flamand* gère plusieurs routes régionales importantes pourvues de revêtements en béton très anciens qui devraient être réparés.
En raison de la densité des habitations, il est souvent très difficile, voire impossible, d'effectuer des resurfacements.
D'autre part, la réalisation de travaux de reconstruction complète se heurte à des problèmes pratiques et financiers.
Pour ces raisons l'Administration essaie de ne rénover en profondeur que les tronçons les plus touchés. Dans la mesure du possible, elle privilégie de grandes sections ou des séries de dalles, favorisant une réparation mécanique.

La *N26 Louvain-Malines* est une de ces anciennes routes en béton fortement sollicitée par un trafic journalier de 18.000 véhicules. En 1996, 6.000 m² de dalles de béton ont été rénovées par la technique du «fast-track». L'épaisseur du nouveau revêtement est de 23 cm.

Une étude conjointe entre la *KULeuven (Département Construction Civile)*, le *Centre de Recherches de l'Industrie Cimentière (CRIC)*, le fournisseur du béton prêt à l'emploi, l'entrepreneur et la *Fédération de l'Industrie Cimentière Belge (FEBELCEM)* a permis de définir la composition idéale du béton.
Les réparations sur la N2 Bruxelles-Louvain, soit environ 8.000 m², étaient en cours lors de la préparation de ce bulletin.

N26 - Louvain-Malines

FONDATIONS EN BETON SEC COMPACTE A DURCISSEMENT RAPIDE

Le béton est mis en place avec un faible taux d'humidité et subit un compactage intense

photos LH/FEBELCEM

Joints espacés de maximum 5 m

Lors des travaux de réfection, le béton est souvent acheminé par camion roulant sur la fondation de la route à réparer. Cette dernière étant soumise rapidement au passage des charges, il s'avère donc souvent nécessaire de l'adapter.

Pour le renouvellement de la fondation de la N26 (et également de la N2), le choix s'est porté sur du béton sec compacté, à savoir BM 20, dont la résistance à la compression moyenne sur carottes est au minimum égale à 20 N/mm² après 90 jours. Ce béton a généralement une résistance supérieure à 10 N/mm² à 7 jours.

Le béton sec compacté est caractérisé par une composition de granulométrie appropriée, un calibre limité (0/20) et une teneur raisonnable en ciment (min. 200 kg/m³). Il offre l'avantage déterminant d'une mise en service presque immédiate après la mise en œuvre. Pour une telle fondation, qui, à l'instar du béton maigre, est mise en place avec un faible taux d'humidité et subit un compactage très intense, il y a lieu, pour éviter une fissuration irrégulière, d'entailler ou de scier des joints, dont l'entre-distance est de max. 5 m.

Comme pour toutes les autres fondations liées au ciment, il est nécessaire de protéger le béton compacté contre la dessiccation. Cela s'effectue par l'application d'une émulsion bitumineuse ou en maintenant la surface humide pendant un temps suffisamment long, jusqu'à ce qu'elle soit revêtue par la couche de roulement, par exemple.

On considère généralement que la circulation peut être autorisée lorsque la résistance à la compression mesurée sur carottes est au minimum de 35 à 40 N/mm². La limite à retenir dépend surtout de l'intensité du trafic. Les valeurs correspondantes sur des cubes d'essai de 20 cm de côté sont respectivement de 30 à 35 N/mm².

Le recours à des bétons spéciaux a permis, tant en Belgique qu'à l'étranger, d'obtenir des résistances satisfaisantes pour la réouverture au trafic un jour après la mise en place du nouveau revêtement. Cette technique s'avère, toutefois, coûteuse et pose des problèmes de disponibilité des matériaux particuliers dans les centrales à béton.

Pour la réfection de la N26 Louvain-Malines, des mélanges de béton relativement simples à base de matériaux courants, disponibles dans les centrales à béton, ont été mis au point.
Ces compositions permettent de rouvrir la circulation sur le revêtement 3 jours après le bétonnage, même lorsque la température ambiante moyenne est relativement faible (10°C). Le béton, coulé le vendredi, peut ainsi être mis en service dès le lundi matin.

Ciment

Pour les réparations rapides, les ciments CEM I 52,5 LA ou CEM I 42,5 LA sont régulièrement prescrits. Ces types de ciments ne sont pas souvent disponibles dans les centrales à béton en raison de leurs applications plutôt limitées. Les coûts peuvent donc augmenter sensiblement en cas d'utilisation obligatoire.

Des recherches ont été menées pour déterminer des compositions à base de ciments ordinaires, normalement disponibles, permettant d'obtenir la résistance imposée de min. 40 N/mm², mesurée sur des carottes après 3 jours.

Au terme d'essais préliminaires, le CEM III/A 42,5 LA (ciment de haut fourneau) a été retenu. Sa quantité a été portée à 450 kg par m³.

En raison des faibles températures (<15°C), environ 20% du ciment de haut fourneau a été remplacé par du ciment ordinaire CEM I 42,5 R (ciment Portland), tout en maintenant la teneur en alcalis dans les limites généralement imposées.

Granulats

Une granulométrie continue est utilisée avec 3 fractions de porphyre concassé: 2/7, 7/20 et 20/32.

Rapport Eau/Ciment

L'ajout d'une forte dose de superplastifiant (à base de mélamine) permet de maintenir le rapport E/C en dessous de 0,40. Ce faible rapport E/C a non seulement un effet positif sur le développement de la résistance, mais aussi sur la sensibilité à la fissuration de ce béton à teneur en ciment relativement élevée. Le superplastifiant (dosé à min. 1 % de la teneur en ciment) est incorporé partiellement en centrale à béton, le solde étant ajouté sur chantier dans les camions malaxeurs.

Résistance à la compression et maturité du béton

Outre la mesure de la résistance à la compression sur des cubes au jeune âge, des carottes sont prélevées dans le béton mis en place. La résistance à la compression après 3 jours de celles-ci est généralement supérieure à 45 N/mm², de sorte que l'exigence de 40 N/mm² est largement satisfaite. Sur plusieurs chantiers cette valeur a déjà été atteinte après 2 jours.

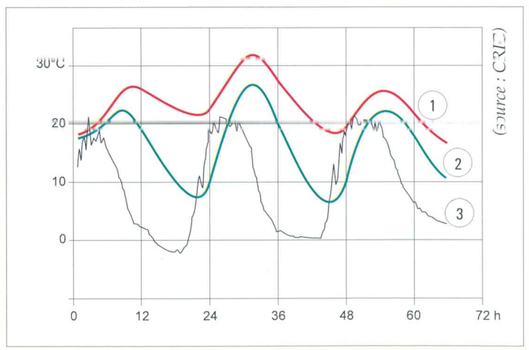
Le béton répond d'ailleurs à l'exigence d'une résistance moyenne supérieure à 70 N/mm² après 90 jours.

Dans le cas du béton à durcissement accéléré, on n'utilise généralement pas d'entraîneurs d'air parce que ces adjuvants diminuent la résistance.

Des thermocouples sont placés au cœur du béton pour suivre l'évolution des températures pendant les 3 jours qui suivent la mise en œuvre. Parallèlement on suit l'évolution des températures dans les cubes de béton fabriqués avec le même mélange et on mesure leur résistance à la compression à différents âges. On établit ainsi une relation entre l'évolution de la température au jeune âge du béton et le développement de sa résistance. Grâce à cette technique, il n'est plus toujours nécessaire de forer des carottes dans le béton mis en œuvre pour contrôler l'évolution de sa résistance.

A titre d'illustration un exemple des températures mesurées lors des travaux sur la N2 (pendant la période du 22 au 24 avril 1997):
① = température dans le béton du revêtement routier (non isolé) mesurée au milieu de la bande de roulement à mi-épaisseur de la dalle
② = température dans les cubes d'essai (non isolés) placés à côté de la route
③ = température de l'air mesurée à 1,50 m du sol sous abri.

Le graphique montre que le béton de revêtement durcit dans des conditions plus favorables que les cubes:
la température de durcissement du revêtement est plus élevée. La différence de température diurne et nocturne est plus faible.



Lorsque les cubes de béton atteignent la résistance à la compression voulue, le revêtement routier aura atteint, lui aussi, avec certitude, la résistance voulue.

NB: En plus des cubes, on coule parfois également des petites dalles (30x40x15 cm). Après 2 ou 3 jours six carottages sont effectués et soumis à des essais de compression.

Pour la réfection de longs tronçons l'utilisation d'une machine à coffrages glissants est tout indiquée. Pour les petits chantiers, on aura généralement recours à des coffrages fixes.

La plupart des anciennes routes ont été parachevées par un balayage transversal, cette méthode suffit donc généralement lors des réfections.

La cure contre la dessiccation revêt une importance primordiale. En général des produits de cure classiques sont utilisés (min. 200 g/m², de préférence 250 g/m²).
La pose de panneaux isolants influence favorablement l'évolution de la résistance du jeune béton. Cette méthode de cure est surtout indiquée pour les réparations locales, comme la réparation de défauts ponctuels dans le béton armé continu.

Lors de la mise en oeuvre d'un beton a durcissement rapide, les joints de retrait doivent être sciés plus rapidement que dans le cas d'une réalisation classique, à savoir entre 5 et 12 heures après la mise en place du béton.

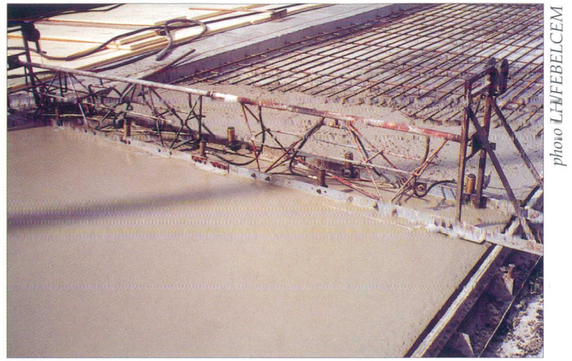


photo LIMEBELCEM

Coffrage fixe et poutre vibrante

Balayage de la surface du béton
Pulvérisation du produit de cure

Mise en œuvre avec machine à coffrages glissants
Sciage des joints de retrait

DIRECTIVES RELATIVES À L'ÉLABORATION DES CAHIERS DES CHARGES POUR LES FONDATIONS EN BÉTON SEC COMPACTÉ

Sur les routes principales, il convient souvent d'utiliser des fondations à durcissement accéléré pouvant être fréquentées par le charroi du chantier immédiatement après la pose.

1. Description

Par béton compacté, on entend une fondation mise en place pratiquement de la même manière que le béton maigre, mais ayant une teneur en ciment supérieure et un calibre de granulat relativement petit (0/20).

L'épaisseur de la couche atteint généralement 20 cm.

2. Matériaux

Les matériaux sont :
- sable pour béton maigre,
- pierraille ou gravier pour béton maigre (calibre max.: 20 mm),
- ciment de la classe 42,5 (NBN B 12-001),
- produits de cure pour fondation routière.

3. Composition du béton compacté

Le béton compacté se compose d'un mélange homogène de sable, de pierraille, d'eau de gâchage, de ciment et éventuellement d'adjuvants et/ou d'additions.

La quantité de ciment est de minimum 200 kg/m³ pour satisfaire aux exigences de résistance à la compression.

4. Mode de mise en œuvre

Le béton compacté est mis en œuvre à l'état humide en une seule couche. Le compactage s'effectue de manière intense, statique et par vibration avec du matériel approprié.

Ces opérations doivent être terminées au plus tard 2 heures après la préparation du mélange.

Des joints d'une profondeur minimale égale au tiers de l'épaisseur de la dalle et espacés de 5 m au maximum, sont entaillés ou sciés dans le béton compacté. On essayera de réaliser les joints aux mêmes endroits que les joints du béton du revêtement routier.

5. Résistance à la compression requise

La résistance à la compression mesurée sur des carottes après minimum 90 jours satisfait aux exigences ci-dessous :

Type de béton compacté	Résistance à la compression individuelle	Résistance à la compression moyenne
BM 20	≥ 15 N/mm²	≥ 20 N/mm²

La résistance à la compression mesurée après 3 jours sur des cubes de 15 cm de côté est de minimum 6 N/mm².

DIRECTIVES RELATIVES À L'ÉLABORATION DES CAHIERS DE CHARGES POUR LE BÉTON À DURCISSEMENT RAPIDE

La technique du "fast-track" s'applique principalement aux travaux d'entretien et de réfection des revêtements en béton. Ils comportent :
- le remplacement de dalles en béton et/ou de parties de dalles,
- le renouvellement de zones endommagées dans du béton armé continu (BAC).

Ces travaux sont souvent combinés à la mise en place ou au renouvellement de la fondation.

En général, les spécifications techniques du chapitre "Travaux d'entretien et de réparation" des cahiers des charges types généraux peuvent être suivies. Cependant, les adaptations suivantes doivent être prises en compte:

1. Matériaux et composition

Sable

Sable de rivière de type sable gros selon la NBN B11-101.

Gravier

La granulométrie doit être continue avec suffisamment de 2/7 (min. 350 kg/m³) et une fraction de 20/32 limitée (max. 600 kg/m³).

Pour les réparations relativement petites, la dimension nominale des granulats est de préférence limitée à 20 mm.

Ciments

Type et classe de résistance: CEM I 52,5 LA ou CEM I 42,5 LA. Lorsque l'Administration l'autorise, le CEM III/A 42,5 LA peut être utilisé, auquel on ajoutera du CEM I 42,5 R (20 à 25 %) par température ambiante faible (< 15°C). La teneur en laitier de ce mélange de ciments ne sera pas inférieure à 35 %; sa teneur en alcalis doit être limitée à maximum 0,9 %.

Teneur en ciment:

min. 450 kg par m³ de béton vibré. Lorsque du CEM I 52,5 LA ou du CEM I 42,5 LA sont utilisés seuls, la teneur en ciment est de min. 425 kg/m³.

Eau

Le rapport eau/ciment est < 0,40.

Adjuvants

L'utilisation d'un superplastifiant (fluidifiant hautement réducteur d'eau) est obligatoire. Cet adjuvant est ajouté tant à la centrale à béton que sur le chantier (par exemple: 2 x 2 % par rapport à la teneur en ciment).

Il est souhaitable que l'entrepreneur soumette une étude du béton à l'Administration au moins 10 jours avant le début de la mise en œuvre du béton. Cette étude fournira, notamment, des informations concernant les matériaux utilisés et la résistance à la compression obtenue après 2, 3 et 7 jours mesurée sur cubes ou sur carottes, conservés à température ambiante de respectivement 10°C et 20°C.

2. Transport du mélange

Sauf stipulation contraire dans les documents d'adjudication, le mélange est transporté dans des camions malaxeurs.

3. Mise en place du mélange

En fonction de la nature et de l'importance des réparations, le béton est mis en œuvre à l'aide d'une machine à coffrages glissants ou entre des coffrages fixes. Dans ce dernier cas, il est préférable d'utiliser une double poutre vibrante. Le béton de rive est compacté à l'aide d'aiguilles vibrantes.

4. Traitement de surface

La surface du nouveau béton doit avoir la même apparence que celle du béton initial (p.ex. balayée ou lavée).

5. Protection contre la dessiccation

La protection du béton frais est assurée par la pulvérisation d'un produit de cure, à raison de min. 200 g/m².

Si la température extérieure est inférieure à 10°C ou lorsque la zone est relativement petite et doit être rouverte rapidement à la circulation (p.ex. dans les 2 jours suivant la pose), une protection complémentaire de panneaux isolants de min. 4 cm d'épaisseur est recommandée.

6. Réouverture au trafic

La route peut être rouverte au trafic normal dès que la résistance à la compression mesurée sur cubes conservés sur le chantier a atteint les valeurs suivantes:

Catégorie	**20 x 20 x 20 cm**	**15 x 15 x 15 cm**
autoroutes ou routes régionales	35 N/mm²	37 N/mm²
routes secondaires	30 N/mm²	32 N/mm²

Si des carottes sont forées dans le revêtement, la résistance à la compression requise pour la mise en service doit être d'au moins 40 N/mm². Pour les routes secondaires, 35 N/mm² sont suffisants.

L'Administration peut imposer des exigences relatives à l'âge auquel cette résistance à la compression doit être atteinte, par exemple endéans les 3 jours qui suivent la pose. De même, un schéma de travail peut être proposé concernant l'exécution des différentes phases du chantier: démolition - fondation - béton de route.

FEBELCEM

ce bulletin est publié par :
FEBELCEM - Fédération de l'Industrie Cimentière Belge
rue Volta 8 - 1050 Bruxelles
tél. (02) 645 52 11
fax (02) 640 06 70
www.febelcem.be

auteur :
Ir L. Hendrikx

photos :
M.Gronemberger
sauf mention contraire

éditeur responsable :
J.P. Jacobs

dépôt légal :
D/2003/0280/09
(réimpression, novembre 2003)

N2 Louvain-Bruxelles

CONCLUSION

Comme le montrent ces chantiers de réfection, il est possible de fabriquer, au moyen de matériaux de base courants et de compositions simples mais adaptées, du béton routier à durcissement rapide pouvant déjà être ouvert au trafic 2 à 3 jours après la mise en place.
Dans un avenir proche, on essayera d'écourter le temps de durcissement à 1 ou 2 jours, sans recours à des matériaux spéciaux mais en portant les teneurs en ciment des mélanges à 450 voire 475 kg/m³.

La technologie "fast-track" permettra de réaliser à l'aide du béton des *overlays/inlays* durables de grande qualité sur des routes soumises à un trafic intense, même en agglomération. Des travaux de reconstruction complets peuvent également être effectués plus rapidement, ce qui limite de façon significative les entraves au trafic.

Le schéma de travail adopté pour les travaux déjà exécutés était souvent le suivant :
- mercredi: démolition,
- jeudi: mise en place de la fondation (béton sec compacté),
- vendredi: mise en place du béton de revêtement,
- samedi: découpe des joints de retrait et remplissage de ceux-ci,
- lundi matin, dès 7h00: réouverture de la route au trafic normal.

Grâce à ces bons résultats, le *Département des Routes du Brabant flamand* a choisi la technique du "fast track" pour la réfection d'autres routes régionales, dont la N9 Bruxelles-Alost.
Cette technique peut également s'adapter pour les routes secondaires en béton, et reprendre largement le schéma de travail déjà décrit en vue de limiter au maximum les entraves à la circulation lors des réparations.