

Une nappe de coffrage peut-elle prolonger la durée de vie d'une construction en béton ?

Le génie civil et, davantage encore, le secteur du nucléaire sont de plus en plus à l'affût de structures en béton durables et extrêmement résistantes à l'épreuve du temps. La solution des nappes de coffrage à perméabilité contrôlée, ou NCPC, répond peut-être partiellement à cette demande. Dans le cadre des activités de recherche et de développement consacrées à la mise en dépôt des déchets nucléaires de catégorie A ⁽¹⁾, une nappe de ce type a été testée par l'ONDRAF ⁽²⁾, en collaboration avec le CSTC, sur un bâtiment existant.

Fonctionnement des NCPC

Une NCPC est une membrane perméable sélective que l'on applique par fixation mécanique ou par collage sur la face intérieure d'un coffrage vertical. Le principe de fonctionnement de cette membrane synthétique de 1 à 2 mm d'épaisseur est basé sur le filtrage et le drainage : elle est perméable à l'eau et à l'air, mais retient les particules fines telles que le ciment. Ainsi, durant le coulage et le compactage du béton, l'air s'échappe plus rapidement et l'eau excédentaire peut être évacuée.

Grâce à cette technique, on obtient une surface en béton caractérisée par une quantité limitée de bulles d'air et une densité accrue du fait d'un rapport eau/ciment fortement réduit et d'une plus faible porosité. En outre, tant que le coffrage est maintenu en place, cette nappe de coffrage humide assure l'hydratation du ciment. Ces nombreux avantages ne peuvent toutefois être obtenus que si la membrane a été appliquée conformément aux instructions du fabricant.

Que sait-on aujourd'hui des NCPC ?

La littérature contient peu d'informations concernant l'impact des NCPC sur la durabilité (durée de vie) d'une construction en béton. Diverses études ont déjà été menées en laboratoire, principalement afin d'évaluer l'impact de ces nappes sur la pénétration des chlorures et sur la vitesse de carbonatation du béton. En revanche, très peu d'études ayant été réalisées afin de déterminer leur impact sur un bâtiment réel, il a été décidé de tester leur fonctionnement *in situ*. Une attention particulière a été apportée à l'influence de la nappe sur la vitesse de carbonatation et sur la résistance au gel/dégel dans des conditions réelles.

(1) Les déchets de catégorie A désignent les déchets radioactifs de faible ou moyenne activité et de courte durée de vie.

(2) L'ONDRAF est l'Organisme national des déchets radioactifs et des matières fissiles enrichies (www.ondraf.be).



1 | Panneau de coffrage partiellement muni d'une NCPC

Test de démonstration

A la demande de l'ONDRAF, un test de démonstration a été effectué sur diverses parties d'un module de dépôt nucléaire grandeur nature. La construction en béton sur laquelle a été appliquée (partiellement) la NCPC mesurait environ 13 m de longueur, 7 m de largeur et 2,5 m de hauteur. Les parois, de 70 à 85 cm d'épaisseur, ont été réalisées en béton armé, sans joints de reprise ou de structure.

Le béton est caractérisé par un rapport eau/poudre de 0,42 et par une teneur en poudre de 400 kg/m³ (360 kg/m³ de CEM I + 40 kg/m³ de filler calcaire). Un superplastifiant composé de naphthalène sulfonate a été ajouté afin d'améliorer l'ouvrabilité du béton. La résistance moyenne à 28 jours, mesurée sur cubes, s'élevait à environ 60 MPa.

Le coffrage extérieur (contreplaqué non absorbant) d'une des parois a été partiellement muni d'une NCPC.

Essais

Trois mois environ après le coulage, des échantillons ont été prélevés dans la paroi : deux groupes dans la partie munie d'une NCPC

et trois dans la partie réalisée sans NCPC. La figure 2 désigne les endroits de prélèvement.

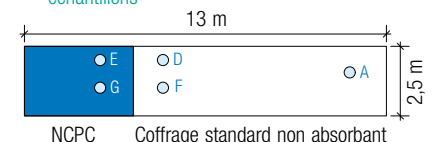
Les résistances du béton vis-à-vis de la carbonatation et du gel/dégel, autrement dit les mécanismes les plus susceptibles de dégrader l'ouvrage, ont été évaluées. Les groupes A, F et G ont été soumis à un test de carbonatation accéléré, selon les normes NBN EN 13295 et NBN EN 14630, tandis que les groupes D et E ont subi des cycles de gel/dégel, en l'absence de sels de déverglaçage, selon la méthode de référence (*slab test*) figurant dans la spécification technique CEN/TS 12390-9.

Les échantillons des groupes D et E, ainsi que des groupes F et G ont été prélevés en des endroits relativement proches les uns des autres afin de pouvoir imputer leurs différences à la NCPC uniquement.

Résultats

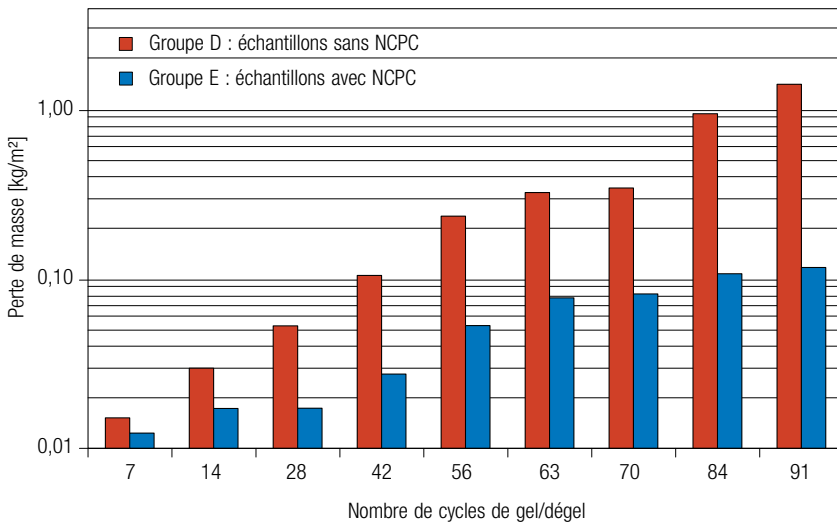
La figure 3 illustre les résultats des essais de gel/dégel des groupes D et E. Il s'agit des pertes de masse moyennes, mesu-

2 | Représentation schématique de l'extraction des échantillons





3 | Après 91 cycles de gel/dégel, la perte de masse mesurée est dix fois moindre avec une NCPC



Profondeur de carbonatation moyenne des échantillons

Jours d'essai	Profondeur de carbonatation [mm]		
	Groupe G	Groupe F	Groupe A
56	0	5	6
112	2	–	7
224	3,5	11	9

rées sur quatre échantillons après x cycles de gel/dégel, dues à un écaillage de la surface du béton. On constate clairement que les échantillons du groupe E (extraits dans la paroi avec NCPC) ont subi une perte de masse moins importante que ceux du groupe D (sans NCPC). Après 91 cycles de gel/dégel, elle a même décollé.

Le béton a également été soumis à un essai de carbonatation accéléré. Le tableau ci-dessus indique les profondeurs de carbonatation moyennes, mesurées sur deux échantillons à des moments différents. Au début de l'essai, la carbonatation du béton était quasi nulle vu le jeune âge de la construction. L'essai a été réalisé à une température de 20 °C, une humidité relative (HR) de 50 % et une concentration de 1 % en CO₂. Les résultats ont révélé que le groupe G, avec NCPC, résistait beaucoup mieux à ce mécanisme de dégradation que les groupes A et F, sans NCPC.

Si l'on souhaite extrapoler les résultats fi-

gurant dans ce tableau ⁽³⁾ en imaginant une construction classique avec un enrobage des armatures de 30 mm (très différent du module de dépôt nucléaire), on constate que la durée de vie escomptée vis-à-vis de la corrosion des armatures par carbonatation du béton est de 100 ans environ sans NCPC contre au moins 200 ans avec NCPC.

Mise en œuvre d'une NCPC

Comme mentionné au début de cet article, une NCPC doit être fixée à un panneau de coffrage. Cette manipulation n'est toutefois pas aisée et peut entraîner des défauts (ondulations, perte de laitance, ...). Lors de l'application de la nappe, il a été constaté à plusieurs reprises que celle-ci se détachait une fois le coffrage fermé, laissant ainsi une empreinte dans le béton (voir figure 4). Puis, durant la construction d'un autre ouvrage, aux parois plus hautes qu'un panneau de coffrage conventionnel, il a également été constaté que la NCPC restait partiellement noyée dans le béton au bord du panneau de coffrage.

Afin de prévenir la formation de plis, il importe de réaliser une mise en tension uniforme de la nappe lors de la fixation sur le panneau de coffrage, de préférence pendant les heures chaudes de la journée pour bénéficier de la contraction thermique qui s'en suivra. On veillera également à limiter le dé-

lai entre la mise en tension et le bétonnage (aucun agent de décoffrage ne doit être utilisé) et à s'assurer que le drainage dans le bas du coffrage ne soit pas entravé. En cas de réutilisation des nappes (certains produits s'y prêtent), il faudra vérifier l'état général de la NCPC. Un nettoyage au jet à haute pression permet d'éliminer les éventuelles traces de laitance pouvant s'accumuler à la surface de la membrane. Dans tous les cas, les meilleurs résultats seront obtenus en suivant les instructions du fournisseur.

Conclusion

Il ressort de cette étude qu'une NCPC peut fortement prolonger la durée de vie d'une construction en béton. Il convient toutefois de souligner que l'utilisation d'une telle nappe dans le processus de construction consomme de la main-d'œuvre et du temps et, de plus, peut entraîner des défauts. Ces inconvénients méritent d'être pris en compte avant de faire usage d'une NCPC, en particulier pour les travaux de grande envergure.

Pour de plus amples renseignements concernant le dépôt en surface de déchets radioactifs de catégorie A à Dessel (le projet cAt), rendez-vous à l'adresse suivante : www.ondraf-cat.be.



4 | Empreinte à la surface du béton dû au plissement de la nappe de coffrage

E. Coppens, ir., ingénieur de projet, ONDRAF

J. Piérard, ir., chef adjoint du laboratoire Technologie du béton, CSTC

V. Pollet, ir., chef adjoint du département Matériaux, technologie et enveloppe, CSTC

(3) Extrapolation selon Papadakis *et al.* (1991, 1992) et le modèle DuraCrete (2000).