

Protection des surfaces de béton (3) : imprégnations hydrophobes

Autor(en): **Hermann, Kurt / Jakob, Tobias**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin du ciment**

Band (Jahr): **65 (1997)**

Heft 10

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-146431>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Protection des surfaces de béton (3): imprégnations hydrophobes

Les imprégnations hydrophobes sont des imprégnations qui n'empêchent qu'à peine la diffusion de vapeur d'eau.

Parmi les protections de surface, ce sont celles qui exercent le moins d'influence sur l'aspect des surfaces de béton. On les compte parmi les imprégnations au même titre que les glacis [1]. Leur principal effet est d'empêcher ou de rendre plus difficile le mouillage de la surface, ainsi que de réduire l'absorption d'eau par capillarité. La tension superficielle de l'eau joue en l'occurrence un rôle important (voir encadré «De l'influence de la tension superficielle»).

Dans la 2e partie des «Richtlinien für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen» [2] du «Deutsche Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb)», les imprégnations hydrophobes figurent sous OS 1 en tant que système de protection de surface autonome [3]. Selon le DAfStb, les imprégnations hydrophobes s'utilisent pour les surfaces de béton verticales ou inclinées, exposées aux intempéries; elles sont inefficaces contre l'eau sous pression.

Principales utilisations des imprégnations hydrophobes

Les surfaces de béton traitées avec une imprégnation hydrophobe n'absorbent presque pas d'eau lorsqu'elles sont mouillées pendant quelques heures [4]. Et c'est dissoutes dans l'eau que les chlorures pé-

De l'influence de la tension superficielle

Les tensions superficielles (et autres effets tels que forces d'adhérence) ont pour effet que les liquides forment des surfaces spécifiques aussi petites que possible, et dans le cas idéal, des sphères. Les solides cherchent à réduire leur tension superficielle en attirant des corps étrangers. C'est pourquoi une surface de béton non traitée attire l'eau. L'angle de contact (angle de mouillage) Θ que forme l'eau avec le béton et l'air est petit. Autrement dit, cela signifie que l'eau se disperse sur la surface. Elle est en outre aspirée dans les capillaires (figure 1).

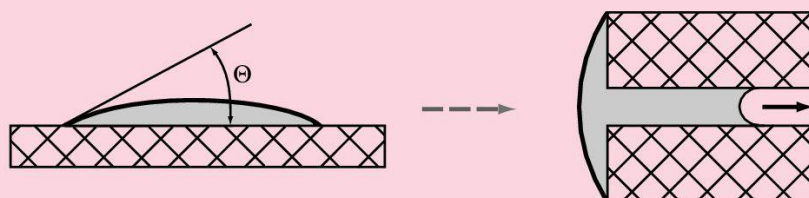


Fig. 1 Sur le béton non traité, l'eau se disperse, et elle est absorbée par les pores capillaires (selon [4]).

La tension superficielle du béton traité avec une imprégnation hydrophobe est beaucoup plus faible que celle du béton non traité. Le béton traité attire donc moins fortement l'eau, et l'angle de contact Θ s'en trouve agrandi. En conséquence, l'eau ne se disperse plus sur la surface de l'élément de construction, mais forme des gouttes, et les forces capillaires sont neutralisées (figure 2).

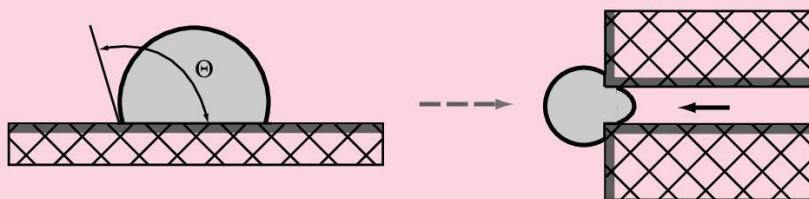


Fig. 2 Sur le béton traité avec une imprégnation hydrophobe, l'eau ne se disperse pas, et les pores capillaires ne l'absorbent pas (selon [4]).

Graphique: TFB / ZSD



Essais préalables sur une chaussée en béton pour le traitement par imprégnation hydrophobe: application du produit d'imprégnation au pistolet ou au rouleau.

Photo: Tobias Jakob, TFB

nètrent dans le béton. C'est pourquoi un béton exempt de fissures, doté d'une protection efficace contre l'absorption capillaire, est également protégé dans une large mesure contre la corrosion par les chlorures. Il est prouvé que les bétons traités avec une imprégnation hydrophobe résistent nettement mieux au gel. En ce qui concerne la résistance au gel et aux sels de déverglaçage, les résultats enregistrés sont parfois contradictoires. Lors d'une étude faite en Amérique, on a examiné les bordures de 37 ponts situés aux USA et en Allemagne. Mis à part deux exceptions en Allemagne, il n'a pas été trouvé de différences entre les bétons traités ou non traités avec une imprégnation hydrophobe, et cela indépendamment de ce que les bétons non traités témoignaient d'une résistance faible ou élevée au gel et aux sels de déverglaçage [5]. Des examens en laboratoire ont démontré que certains produits d'imprégnation améliorent considérablement la résistance au gel et aux sels de déverglaçage du béton instable, alors que d'autres n'ont pour ainsi dire aucun effet. Il semble qu'il est

en l'occurrence particulièrement important que les résines de silicone pénètrent aussi profondément que possible dans les capillaires [4, 6]. Autres effets des imprégnations hydrophobes:

- La perméabilité aux gaz et à la vapeur d'eau n'est réduite que de façon insignifiante.
- Les surfaces traitées avec une imprégnation hydrophobe se salissent moins facilement.
- Les surfaces ne changent pas d'aspect.

Les imprégnations hydrophobes n'exercent pas d'action positive sur la progression de la carbonatation; celle-ci peut même être un peu plus rapide que dans un béton non traité avec une imprégnation hydrophobe [4].

Un effet secondaire intéressant des imprégnations hydrophobes est l'amélioration des valeurs moyennes d'isolation thermique des murs extérieurs. D'une part, les pores remplis d'air sont beaucoup plus mauvais conducteurs de chaleur que les pores remplis d'eau, et d'autre part, il est consommé moins d'énergie pour l'évaporation de

l'eau y ayant pénétré [6, 7].

Les imprégnations hydrophobes sont parfois également partie intégrante d'autres genres de protections de surface. Les systèmes de protection contre les graffiti, dont il a été traité dans le «Bulletin du ciment», en sont un exemple [8].

Durée d'action

Les imprégnations hydrophobes constituent un système complexe, dont font partie le produit d'imprégnation, les propriétés du support, la technique d'application et les influences extérieures. De plus, les études systématiques font à ce sujet défaut. Il n'est donc pas étonnant que l'on ne puisse faire de pronostics fiables sur la durabilité d'une imprégnation hydrophobe [4].

Ce sont de toute façon les expériences faites en pratique qui sont déterminantes. Et les indications recueillies sont ici parfois contradictoires. Dans des ouvrages routiers, on a par exemple constaté une importante diminution de l'action des imprégnations hydrophobes dans des laps de temps variant de moins de 3 ans à plus de 14 ans [9]. Il est



Imprégnation hydrophobe d'une chaussée en béton.

Photo: Tobias Jakob, TFB

toutefois possible de traiter une nouvelle fois le béton qui n'est plus suffisamment protégé par une imprégnation hydrophobe.

Des durées d'action de plus de dix ans ont été constatées sur des façades en béton apparent, lorsque l'application a été faite sur un béton datant d'au moins six mois. Obtenir une efficacité de longue durée sur de jeunes surfaces de béton est considéré comme peu probable, car le processus d'hydratation du ciment n'étant pas encore terminé, de nouvelles surfaces non mouillées par les produits d'imprégnation peuvent constamment se former [4].

Les produits d'imprégnation hydrophobe

On a utilisé au début pour les imprégnations hydrophobes des substances aussi nombreuses que diverses, par exemple la paraffine ou les savons métalliques. Mais seuls les composés silico-organiques se sont imposés. En font partie:

- les silanes ou trialkoxyalkylsilanes
- les siloxanes oligomères
- les siloxanes polymères
- les résines silicones

Quel que soit le produit de base, les imprégnations hydrophobes engendrent toujours des résines silicones, qui sont liées au support en béton.

Les différentes classes de composés se différencient, entre autres, par la grandeur des molécules, la réactivité et la solubilité dans l'eau et dans les solvants organiques. Précédemment, on a parfois également utilisé des composés qui, n'étant pas suffisamment stables dans des conditions fortement basiques, donnaient de mauvais résultats.

En pratique, on utilise aujourd'hui généralement des silanes (trialkoxysilanes), des siloxanes oligomères ou des mélanges de ces deux classes de composés. Les trialkoxysilanes sont les plus petites molécules (diamètre de $1,0 \times 10^{-6}$ à $1,5 \times 10^{-6}$ mm). C'est pourquoi non seulement leur mobilité, mais également leur volatilité sont les plus grandes. Les siloxanes oligomères non volatils sont un peu plus volumineux (diamètre de $1,5 \times 10^{-6}$ à $7,5 \times 10^{-6}$ mm), et, du moins en partie, ils peuvent pénétrer facilement dans les pores capillaires (diamètre de 10^{-5} à 10^{-3} mm) [10]. Les résines de silicones sont déjà d'une grosseur ne leur permettant plus de revêtir correctement les pores étroits.

Ce sont les silanes exempts de solvant qui pénètrent le mieux dans le béton. Mais le produit d'imprégnation est le plus souvent utilisé en solution dans des alcools (éthanol,

isopropanol) ou du white-spirit, ou également dans des émulsions à base d'eau [2, 10].

Préparation pour l'application d'imprégnations hydrophobes

Il est conseillé de toujours effectuer préalablement des essais à des endroits caractéristiques de la surface à protéger. Il a déjà été traité des différentes possibilités de préparation du support pour les protections de surface dans le précédent numéro du «Bulletin du ciment» [11]. Les fabricants de produits d'imprégnation donnent généralement les directives nécessaires pour le pré-traitement des surfaces de béton. Il s'agit le plus souvent de traiter la surface au jet d'eau haute pression. L'eau de lavage ne doit en aucun cas contenir des substances détergentes. Les surfaces de béton anciennes doivent être nettoyées avec un soin particulier, afin de libérer les ouvertures conduisant à la structure capillaire. Si l'application de l'imprégnation suit immédiatement une période de mauvais temps (béton mouillé), l'agent actif risque de ne pas pénétrer suffisamment en profondeur. Les résines de silicone s'accumuleront plutôt à la surface. Le très net effet hydrorépulseur (formation de gouttelettes en surface)

qui en résulte laisse faussement croire que l'imprégnation hydrophobe est réussie [12].

Les solvants organiques tels que white-spirit ou hydrocarbures ali-

phatiques peuvent attaquer les masses de jointoyage ou les revêtements. C'est pourquoi ceux-ci doivent être protégés. Si l'on utilise des produits intégrés dans des sol-

vants, il faut recouvrir les arbres et la végétation en général, après les avoir arrosés avec de l'eau. Les applicateurs doivent porter des masques respiratoires, des lunettes de protection et des gants résistant aux produits chimiques. Les produits à base d'eau n'exigent pas le port de masques respiratoires, mais il est conseillé de porter un simple masque. À l'intérieur des bâtiments, seuls des appareils antidéflagrants peuvent être utilisés. Il faut en outre veiller à une aération suffisante [12].

Bibliographie

- [1] Directive SIA 162/5: «Conservation des structures en béton» (projet avril 1997).
- [2] «Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen», partie 2: «Bauplanung und Bauausführung», éditée par le Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb), 69 pages (1990).
- [3] Hermann, K., «Protection des surfaces de béton (1): généralités», Bulletin du ciment **65** [7/8], 3–11 (1997).
- [4] Sasse, H.R., «Hydrophobierungen» in «Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen unter Verwendung von Kunststoffen – Sachstandsbericht», Deutscher Ausschuss für Stahlbeton **443**, 145–163 (1994).
- [5] Perenchio, W.F., «Durability of concrete treated with silanes», Concrete International **10** [11], 34–40 (1988).
- [6] de Vries, J., et Polder, R.B., «Hydrophobic treatment of concrete», Internationale Zeitschrift für Bauinstandsetzen **2** [2], 145–160 (1996).
- [7] «Hydrofobieren», Betoniek **9** [29], 1–6 (1994).
- [8] Hermann, K., «Nettoyage des surfaces de béton (2)», Bulletin du ciment **65** [6], 3–11 (1997).
- [9] Haag, C., Gerdes, A., et Wittmann, F.H., «Hydrophobierung des Betons – Ökologische und ökonomische Aspekte», Internationale Zeitschrift für Bauinstandsetzen **3** [3], 293–314 (1997).
- [10] McGettigan, E., «Silicon-based weatherproofing materials», Concrete International **14** [6], 52–56 (1992).
- [11] Hermann, K., «Protection des surfaces de béton (2): préparation du support», Bulletin du ciment **65** [9], 3–11 (1997).
- [12] Halvorsen, G.T., «Applying penetrating sealers to concrete», Concrete Construction **37** [11], 819–823 (1992).
- [13] Rödder, K.-M., «Die Grundlagen der Hydrophobierung mineralischer Baustoffe» dans Weber, H., et al., «Fassadenschutz und Bausanierung», Expert Verlag, 4e édition, 578 pages, (1988) (Kontakt und Studium, tome 40).
- [14] Gerdes, A., et Wittmann, F.H., «Charakterisierung einer hydrophobierenden Massnahme durch Anwendung der FT-IR-Spektroskopie», Internationale Zeitschrift für Bauinstandsetzen **1** [2], 135–152 (1995).
- [15] ZTV-SIB 1990: «Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für Schutz- und Instandsetzung von Betonbauteilen», édité par le Bundesminister für Verkehr, Abteilung Straßenbau, Bonn (1990).

Application des imprégnations hydrophobes

Pour une imprégnation hydrophobe, le béton doit dater d'au moins 28 jours, mais de préférence, de plus longtemps encore. L'application ne doit pas être effectuée à de basses températures ou à des températures très élevées, ni en cas de taux d'humidité élevé de l'air et de l'élément de construction. Pour les résines silicones, le support doit être sec, et pour les silanes et les siloxanes, il peut être légèrement humide. Il faut ici également observer les directives du fabricant.

Il est généralement conseillé d'appliquer le produit d'imprégnation par arrosage. Les pistolets airless ont fait leurs preuves, mais on utilise également, entre autres, des

groupes moto-pulvérisateurs [13]. Quant à savoir s'il faut arroser les surfaces verticales de bas en haut ou de haut en bas, les gens de métier ne s'entendent pas. Ce qui est important, c'est d'appliquer suffisamment de produit d'imprégnation pour qu'il coule sur environ 30 à 50 cm avant d'être absorbé. On procède de même pour les surfaces horizontales en point bas. Pour les surfaces «au-dessus de la tête», l'application doit être faite très soigneusement à la main, au pinceau ou au pistolet [4].

Lorsque les imprégnations hydrophobes ne sont pas réussies, cela est souvent dû à ce que l'on n'a pas appliqué assez de produit. C'est appliqués frais sur frais au moins deux fois, à court intervalle, que les produits d'imprégnation agissent le plus efficacement. La réussite d'une imprégnation hydrophobe n'étant vérifiable qu'à grands frais, il faut absolument savoir exactement quelle quantité de produit l'on a appliqué. Le béton poreux absorbe plus facilement l'imprégnation que le béton compact, et exige une beaucoup plus grande quantité de produit. Pour un béton normalement absorbant, il faut utiliser environ 0,2 kg de substance active par m² (tenir compte de la dilution!). Des indications fiables ne sont tou-

tefois possibles qu'après des essais préalables effectués sur des surfaces caractéristiques.

Contrôles sur le chantier

Les rayons U.V. dégradent les produits d'imprégnation hydrophobe. C'est pourquoi, pour être pleinement efficaces, ces produits doivent pénétrer aussi loin que possible dans les pores capillaires. C'est à partir d'une profondeur d'env. 0,2 mm qu'ils sont protégés contre l'action des U.V. Le contrôle de la profondeur de pénétration d'un réactif hydrophobant est très coûteux. Font partie des procédés utilisés [14]:

- Profondeur de pénétration du mouillage. Quelque 20 à 30 minutes après l'application, on dégarnit un endroit sur environ 1 cm de profondeur. Les zones qui sont mouillées par le produit d'imprégnation ou le solvant apparaissent plus foncées.
- *Procédé avec colorant.* On ajoute un colorant au produit d'imprégnation. À une cassure, on détermine la profondeur de pénétration du colorant, laquelle équivaut à la profondeur de pénétration du produit d'imprégnation.
- *Profondeur d'imprégnation.* 14 jours après l'application, on dégarnit un endroit que l'on as-

perge avec de l'eau. La zone hydrophobe apparaît plus claire.

On utilise également des *tubes du Dr Karsten*, en particulier des tubes avec surfaces d'absorption agrandies. L'absorption d'eau du béton traité avec une imprégnation hydrophobe est de 0,02 à 0,2 kg/m²(h)^{1/2}. Un appareil simple, basé sur le transport de courant dans des solutions électrolytiques, est décrit dans l'annexe 5 des ZTV-SIB 1990 [15].

Contrôles en laboratoire

Ce qui concerne les contrôles sur le chantier, s'applique également aux contrôles en laboratoire: il n'existe pas de procédé simple permettant de calculer la durabilité d'une imprégnation hydrophobe. Ce sont les expériences faites en pratique qui restent le critère essentiel. La spectroscopie à infrarouge, qui permet de déterminer avec précision la profondeur de pénétration des composants du produit d'imprégnation, a récemment été présentée comme étant un contrôle en laboratoire fiable [14]. Mais il est plus simple de déterminer l'absorption d'eau par capillarité sur les tranches d'une carotte. Ce procédé permet d'établir un profil d'absorption, à partir duquel on peut déduire la profondeur de pénétration [14].

Tobias Jakob et Kurt Hermann, TFB