

Un risque méconnu: la détérioration du béton armé par la carbonisation

Autor(en): **Merminod, Charles**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **106 (1980)**

Heft 7

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-73939>

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.

Un risque méconnu: la détérioration du béton armé par la carbonatation

par Charles Merminod, Genève

Dans un ouvrage en béton armé, les armatures sont protégées contre l'oxydation par l'alcalinité du béton qui les enrobe. Même un béton très sec contient de l'humidité dans ses capillaires. Les éléments calcaires solubles provenant du ciment hydraté peuvent donc se dissoudre dans l'eau capillaire pour former une solution saturée alcaline au pH généralement supérieur à 12,5.

Un béton sec est perméable à l'air ambiant, et cet air contient au minimum 0,03 % de gaz carbonique (CO₂). Ce taux peut être un multiple de cette valeur en milieu pollué. Le gaz carbonique se combine avec la chaux soluble du béton pour former un carbonate de calcium insoluble — c'est le phénomène dit de *carbonatation* du béton. Cette carbonatation est très rapide à la surface du béton, mais diminue rapidement en fonction de la profondeur. Très schématiquement, on peut admettre une profondeur de carbonatation de 1 mm en trois mois, 1 cm en dix ans, 2 cm en trente ans. Dans un béton carbonaté, l'alcalinité diminue sensiblement et en dessous d'un pH de 9,5 les armatures ne sont plus protégées contre l'oxydation.

Du fait de son extrême lenteur théorique, la carbonatation est certainement le facteur le plus négligé dans la pratique du béton armé et les mises en garde alarmantes contre ses méfaits ne sont apparues que dans un passé récent.

L'expérience décrite ci-dessous démontre, une fois de plus, la nécessité d'un changement d'attitude envers ce phénomène naturel qui peut se révéler aussi bien insignifiant que mortel pour un ouvrage en béton armé.

Notre service « Recherches et applications » a été consulté par le département des travaux publics d'une ville de Suisse sur les possibilités de renforcement de trois ponts d'un axe routier à grand trafic.

Ces trois ponts, très proches les uns des autres, ont été construits simultanément en 1937 par des entrepreneurs différents. Avant de proposer un renforcement par la méthode des structures collées, nous

exigeons toujours une étude du béton de l'ouvrage. Notre proposition d'examiner préalablement l'épaisseur de la couverture des armatures existantes et la profondeur de carbonatation du béton fut acceptée, et cette étude menée de la manière suivante :

Sous chaque tablier de pont, l'armature portante fut détectée électroniquement à une vingtaine d'emplacements préalablement choisis. A chaque point, nous avons piqué le béton pour mettre à nu la face inférieure des armatures, permettant de mesurer l'épaisseur de la couverture en béton. Après une préparation adéquate du béton piqué, un réactif chimique est appliqué et met en évidence la zone alcaline du béton qui prend une teinte rouge, alors que les zones carbonatées gardent leur couleur naturelle. A chaque point nous avons mesuré la profondeur de carbonatation minimale et maximale.

L'exploitation et l'interprétation des résultats représentent pour chaque pont un dossier volumineux dont voici l'essentiel :

Comparaison des profondeurs de carbonatation des trois ponts (tableau I)

Chaque chiffre représente la moyenne de toutes les mesures.

Couverture des armatures portantes

Pont A :

L'épaisseur de béton recouvrant les armatures varie de 29 à 45 mm.

La profondeur de carbonatation moyenne de ce pont (10,2 mm) est extraordinairement faible et permet de calculer que les premiers fers portants seront atteints par la carbonatation dans plus de cinquante ans !

Pont B :

7 % des fers sont entièrement situés dans la zone de profondeur de carbonatation moyenne et ne sont donc plus protégés contre l'oxydation.

80 % des fers sont partiellement atteints par la carbonatation et sont donc exposés à un risque d'oxydation ponctuelle.

13 % des fers sont situés dans la zone alcaline.

Pour éviter une dégradation de ce pont dans les années à venir, un traitement stoppant la carbonatation est indispensable.

Pont C :

30 % des fers se trouvent dans la zone de profondeur de carbonatation minimale et sont oxydés ! A six emplacements, la couverture en béton a éclaté et les fers y sont détruits par l'oxydation (voir photos).

30 % des fers se trouvent entièrement dans la zone de profondeur de carbonatation moyenne. Tous les fers contrôlés à cette profondeur présentent un début d'oxydation. Deux fers ont provoqué l'éclatement de leur couverture de béton et sont pratiquement sectionnés par l'oxydation.

35 % des fers se trouvent dans la zone de profondeur de carbonatation maximale et sont donc exposés partiellement au risque d'oxydation.

5 % des fers sont dans la zone alcaline.

Les autorités compétentes ont pris des mesures préventives pour éviter une catastrophe. Une démolition partielle et le remplacement des armatures portantes est indispensable.

Une conclusion qui s'impose

Trois ponts routiers construits à la même date dans le même lieu et soumis au même trafic ont vieilli d'une manière très différente. Alors que le béton de l'un d'eux est pratiquement à l'état de neuf, un autre présente un sérieux risque d'effondrement sous une charge exceptionnelle.

Une prise de conscience de cette cause du vieillissement des ouvrages d'art en béton armé est certainement souhaitable. L'examen général des constructions antérieures à 1955 permettrait pour le moins de dresser un « bilan de santé » de chacun d'eux et de prévoir l'époque à laquelle chaque ouvrage sera exposé au risque d'oxydation de ses armatures. Les autorités de contrôle pourraient alors planifier à court, moyen et long terme les mesures préventives qui s'imposent et se mettre à l'abri des surprises telles que celles décrites dans cet article.

TABLEAU I : Profondeur de carbonatation

| | Pont A | Pont B | Pont C |
|--|---------|---------|---------|
| Profondeur minimale de carbonatation | 3 mm | 5,6 mm | 16 mm |
| Profondeur maximale de carbonatation | 17,4 mm | 31,4 mm | 35,4 mm |
| Profondeur moyenne de carbonatation | 10,2 mm | 18,5 mm | 25,7 mm |
| Profondeur maximale de carbonatation mesurée | 44 mm | 51 mm | 80 mm |

Adresse de l'auteur :

Charles Merminod,
SA Conrad Zschokke,
Service Recherches et Applications
Rue du XXXI Décembre 42
1207 Genève



Pont A. — Aucune trace de carbonatation à l'âge de 42 ans ! La liaison béton-acier est parfaite.

Brücke A. — Keine Spur von Karbonatisierung im Alter von 42 Jahren ! Der Verbund zwischen Stahleinlage und Beton ist gesund.



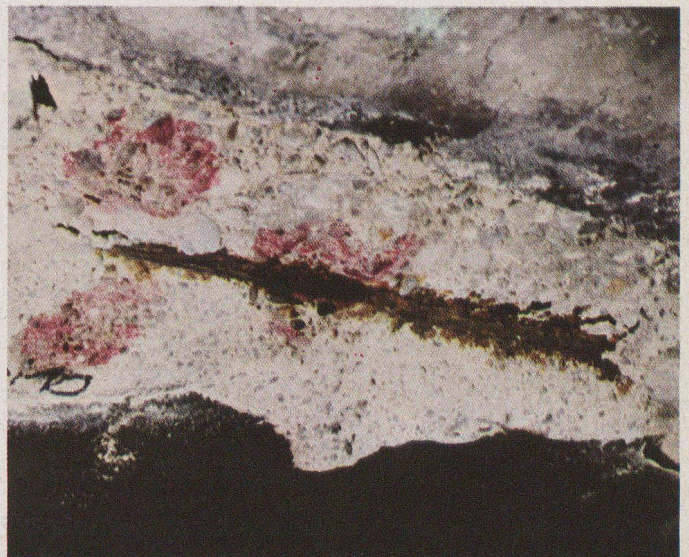
Pont C. — La différence d'aspect du fer de répartition dans la zone carbonatée (gauche) et la zone alcaline (droite) est significative. Dans quelques années, l'oxydation du fer portant fera éclater sa couverture en béton.

Brücke C. — Das unterschiedliche Aussehen des Verteileisens in der karbonatisierten Zone (links) und in der alkalischen Zone (rechts) ist bedeutungsvoll. Die Korrosion der Trageinlage wird in einigen Jahren die Betonüberdeckung absprennen.



Pont B. — Le béton alcalin enrobe encore entièrement cet acier comme en témoigne sa coloration rouge.

Brücke B. — Die rote Färbung von Beton und Eisen zeigt, dass die Stahleinlage noch vollständig in der alkalischen Zone des Bauwerkes liegt.



Pont C. — Quelques points d'adhérence résiduelle (zones rouges) étaient suffisants pour camoufler cette situation désastreuse.

Brücke C. — Die Resthaftung (rote Zone) dieser abgedrückten Betonüberdeckung war die Ursache, dass dieser Zustand bis zum Tage der Untersuchung unbekannt blieb.



Pont C. — Le tiers inférieur de cet acier est atteint par la carbonatation et l'oxydation l'a déjà désolidarisé de sa couverture de béton.

Brücke C. — Der untere Drittel dieses Armierungseisens wurde durch die Karbonatisierung erreicht und die beginnende Oxydation bewirkt bereits eine Trennung von Eisen und Beton.



Pont C. — L'acier de diamètre 30 mm s'est entièrement transformé en oxyde de fer !

Brücke C. — Die Stahleinlage von 30 mm Durchmesser besteht nur noch aus Eisenoxyd !