Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 98 (1980)
Heft: 24

Artikel: Die Gefahr der Betonkarbonatisation: Beispiele aus der Praxis
Autor: Merminod, Charles
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-74142

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 24.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Die Gefahr der Betonkarbonatisation

Beispiele aus der Praxis

Von Charles Merminod, Genf

Stahleinlagen in einem zementgebundenen Beton sind durch das alkalische Porenwasser gegen Korrosion geschützt. Bei der Zementhärtung entsteht auch wasserlösliches Kalziumhydroxid, das mit dem immer vorhandenen Porenwasser eine gesättigte alkalische Kalkmilch mit einem pH-Wert von etwa 12,5 bildet.

Beton ist luftdurchlässig, und Luft enthält normalerweise mindestens 0,04 Prozent Kohlensäure, in Industriegebieten sogar mehr. Durch die Reaktion zwischen Kalziumhydroxid und Kohlensäure entsteht nun ein unlösliches Kalziumkarbonat – Karbonatisation des Betons genannt – und das entsprechende alkalische Porenwasser wird allmählich neutralisiert. Bei einem pH-Wert des Porenwassers unterhalb 9 sind aber die Stahleinlagen nicht mehr gegen Korrosion geschützt – das Eisen kann rosten! Die Karbonatisationsgeschwindigkeit ist hoch an der Oberfläche des Betons und vermindert sich gewaltig mit zunehmender Tiefe. Als Faustregel wird mit einer Karbonatisationstiefe von 1 mm in drei Monaten, 1 cm in zehn Jahren und 2 cm in dreissig Jahren gerechnet.

Gerade die *niedrige Geschwindigkeit* des Karbonatisationsvorganges ist wahrscheinlich dafür massgebend, dass auch heute noch dieser Eigenschaft des Betons von Fachkreisen nur wenig oder keine Beachtung geschenkt wird. Zu der Tatsache, dass man der Karbonatisation eine weit grössere Aufmerksamkeit widmen muss, sollen die hier beschriebenen Untersuchungen und Erfahrungen beitragen.

Untersuchungen an drei Brücken

Zwecks einer geplanten Verstärkung von drei *stark befahrenen Strassenbrükken* wurde unsere Abteilung «Recherches & Applications» durch das Bauamt einer Schweizer Stadt mit der Untersuchung auf *Karbonatisationstiefe* und *Eisenüberdeckung* beauftragt. Die drei Brücken befinden sich am gleichen Ort, auf der gleichen Strassenachse und wurden *im Jahre 1937* gleichzeitig von verschiedenen Unternehmern gebaut.

Methode

Nachdem an zwanzig Stellen jeder Brückenunterseite die genaue Lage des Armierungseisens mit einem elektronischen Detektor genau festgelegt war, wurde die Betonüberdeckung an jeder Stelle keilförmig so angespitzt, dass die entsprechende Stahleinlage auf mindestens 5 cm Länge ersichtlich war.

Durch *Besprühen mit einem flüssigen Indikator* der fachgerecht vorbereiteten Betonfläche färbt sich alkalischer Beton rot, während die karbonatisierte Zone ihre Naturfarbe beibehält. An jeder Stelle wurde die maximale und minimale Karbonatisationstiefe sowie die Tiefenlage des Eisens gemessen und protokolliert.

Karbonatisationstiefe Überdeckung der tragenden Stahleinlagen

Brücke A

Sämtliche Einlagen befinden sich in einer Tiefe zwischen 29 mm und 45 mm.

Die Karbonatisationsgeschwindigkeit ist so niedrig, dass die ersten Eisen erst in mehr als 50 Jahren durch die Karbonatisation erreicht werden sollten.

Brücke B

7% der Eisen liegen innerhalb der durchschnittlichen Karbonatisationstiefe und sind somit nicht mehr gegen Korrosion geschützt.

80% der Eisen liegen innerhalb der maximalen Karbonatisationstiefe und sind somit teilweise oxidationsgefährdet.

13% der Eisen liegen noch in alkalischem Beton.

Durch eine fachgerechte Karbonatisationsbremse kann diese Brücke noch gegen zukünftige Beschädigungen geschützt werden.

Brücke C

30% der Eisen befinden sich innerhalb der minimalen Karbonatisationstiefe und sind korrodiert! An sechs Stellen wurde die Betonüberdekkung bereits gesprengt und die entsprechenden Eisen durch Oxidation vernichtet.

30% der Eisen liegen innerhalb der durchschnittlichen Karbonatisationstiefe. Sämtliche dieser Eisen sind wenig bis stark oxidiert. An zwei Stellen ist die Betonüberdekkung gesprengt und die darunterliegenden Stähle zerstört.

35% der Tragarmierung liegt innerhalb der maximalen Karbonatisationstiefe und ist somit teilweise gefährdet.

5% der Tragarmierung liegt noch in der alkalischen Zone.

Die zuständige Behörde sah sich zu unfallverhütenden Massnahmen gezwungen. Teilabbruch und Ersatz der Tragarmierung dieser Brücke sind unumgänglich.

Zusammenfassung

Drei gleichzeitig gebaute Brücken am gleichen Ort, mit derselben Verkehrsbelastung und Umwelt haben sich völlig unterschiedlich verhalten. Während die Tragfähigkeit der Brücke A als neuwertig zu bezeichnen ist, besteht bei einer anderen eine bedenkliche Bruchgefahr bei eventueller Überlastung.

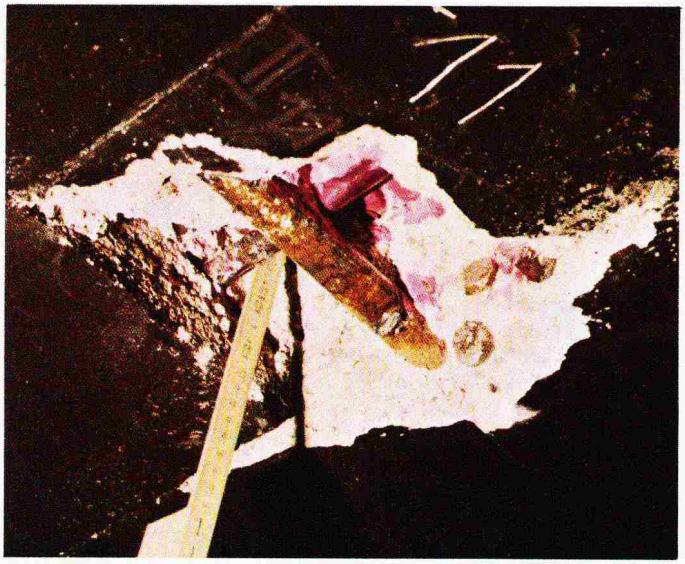
Eine allgemeine Beachtung der karbonatisationsbedingten Alterung von Stahlbetonbauten ist sicher erforderlich. Systematische Untersuchungen der vor dem letzten Weltkrieg gebauten Brücken hätte zum mindesten den Vorteil, für jedes Bauwerk den Zeitpunkt bestimmen zu können, an dem karbonatisationshemmende und korrosionsschützende Massnahmen zu treffen sind. Kostspielige, um nicht zu sagen gefährliche Überraschungen wie hier beschrieben, könnten dann vermieden werden.

Tabelle. Vergleich der Karbonatisationstiefen der drei Brücken. Jede Zahl ist als Mittelwert sämtlicher Messungen zu verstehen

	Brücke A	*Brücke B*	*Brücke C*
Minimale Karbonatisationstiefe	3 mm	5,6 mm	16 mm
Maximale Karbonatisationstiefe	17,4 mm	31,4 mm	35,4 mm
Durchschnittliche Karbonatisationstiefe	10,2 mm	18,5 mm	25,7 mm
Maximal gemessene Tiefe	44 mm	51 mm	80 mm

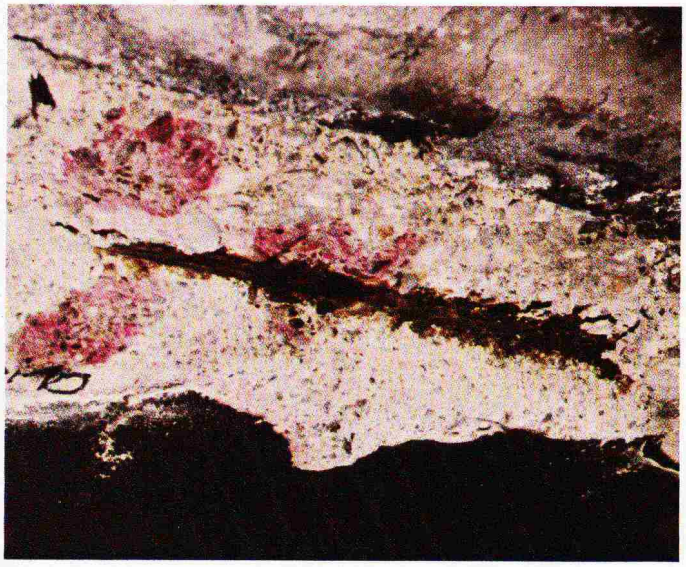
Adresse des Verfassers: *Charles Merminod*,
SA Conrad Zschokke,
Service Recherches et Applications,
Rue du XXXI Décembre 42,
1207 Genève.

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

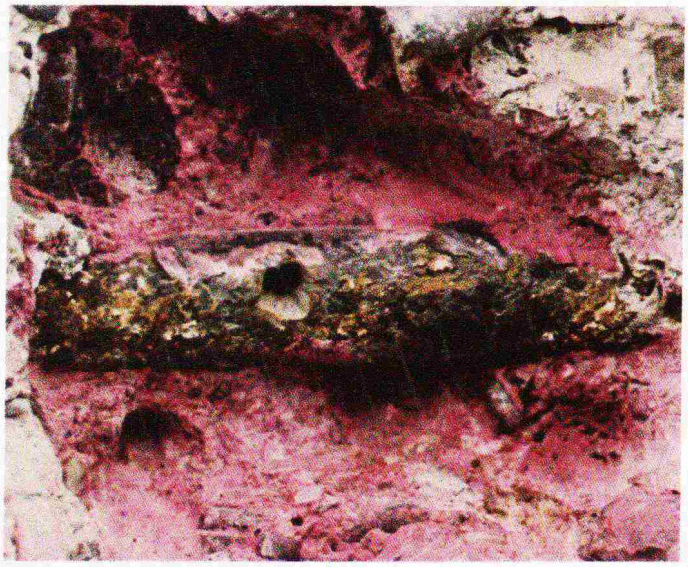


Brücke C. Das unterschiedliche Aussehen des Verteileisens in der karbonatisierten Zone (links) und in der alkalischen Zone (rechts) ist bedeutungsvoll. Die Korrosion der Trageinlage wird in einigen Jahren die Betonüberdeckung absprengen

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



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



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

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