

Monitoring von Bauwerken

Stahlbeton ist für Infrastrukturbauten ein kostengünstiges und dauerhaftes Baumaterial. Trotzdem weisen viele Bauwerke Korrosionsschäden an der Bewehrung oder Schäden am Beton auf. Nicht immer können solche Schädigungen rechtzeitig erkannt und instandgesetzt werden. Mit einer proaktiven Erhaltungsstrategie, die eine gezielte Überwachung und den Einsatz von Sensortechnik beinhaltet, können die hohen Kosten für die Einhaltung der geplanten Nutzungsdauer verringert werden.

1 Allgemeines

Es gibt verschiedene Gründe, weshalb schadhafte Stahlbetonbauten während längerer Zeit nicht instandgesetzt werden. Bei solchen Bauten kann eine messtechnische Überwachung der Zustandsentwicklung sinnvoll sein. Gleiches kann auch für die Erfolgskontrolle von Instandsetzungsmassnahmen, von nicht inspizierbaren Bauteilen oder für die Früherkennung von Schädigungsprozessen gelten.

Für Dauerhaftigkeitsüberwachungen sind heute verschiedene Arten von Sensoren und der zugehörigen Messtechnik auf dem Markt erhältlich. Bei Bedarf kann ein solches Messsystem mit zusätzlichen Sensoren wie Extensometern, faseroptischen Sensoren oder Kraftaufnehmern ergänzt werden (z.B. für das Monitoring von AAR-geschädigten Bauwerken). Bei Neubauten oder bestehenden Bauwerken erlauben moderne Sensoren die Messung wichtiger Kenngrössen der Dauerhaftigkeit wie z.B.: Korrosionsstrom, Korrosionspotential, elektrischer Betonwiderstand und Betontemperatur. Diese Parameter bilden die Grundlage für die Beurteilung des Korrosionszustandes der Bewehrung, des Schadenfortschritts und des Feuchtehaushaltes im Beton. Da diese Messgrössen aufgrund der klimatischen Bedingungen stark schwanken, braucht es ein geeignetes Mess- und Datenerfassungssystem, mit dem geeignete Messintervalle gewählt werden können. Diese Systeme sollten eine drahtlose Datenübermittlung erlauben (Funk, Mobilfunknetz).

2 Praxisbeispiele

A2 Viadukt Bolzbach Nord – Korrosionsmonitoring

Der Viadukt Bolzbach Nord vor dem Südportal des Seelisbergtunnels wurde in den Jahren 1976 – 1980 gebaut. Die 12-feldrige Zwillingsbrücke besteht feldweise aus je 4 vorgefertigten, vorgespannten Längsträgern (Abb. 1).

An der Fahrbahnplattenunterseite waren viele Nässestellen im Bereich von tropfenden Belagsentwässerungsröhrchen vorhanden. Das chloridhaltige Wasser von der Strasse hat an den Längsträgern zur Korrosion an der schlaffen Bewehrung und teilweise auch an den Spanngliedern geführt. Der Chloridgehalt im Beton war an den meisten Stellen hoch und tiefreichend (z.T. >1 M.%/Z. auf 60 mm Tiefe). Im Rahmen einer vorgezogenen Instandsetzung und zur Verlangsamung des Schadenfortschritts wurden die Belagsentlüftungsröhrchen auf der Oberseite entfernt und Korrosionsstellen an den Längsträgern auf Höhe der Spannglieder lokal instandgesetzt. Um die weitere Zustandsentwicklung der Träger im Bereich der



Abb. 1: A2 Viadukt Bolzbach Nord. Korrosion an Spanngliedern im äusseren Längsträger unterhalb von tropfenden Belagsentwässerungsröhrchen

ehemaligen Nässestellen nach diesen überbrückenden Massnahmen überwachen zu können, wurden an 4 ausgewählten Stellen CS-322 Sensoren der TFB Diagnostic Systems AG für ein Monitoring eingebaut. Dabei liegt die eine Hälfte des Sensors im Altbeton, welcher noch einen gewissen Restchloridgehalt aufweist, und die andere im chloridfreien Reprofiliermörtel. Das Messintervall beträgt 1 Stunde.

Abb. 2 zeigt den Verlauf des Korrosionsstroms, des Betonwiderstandes und der Betontemperatur im Altbeton von 2011 bis 2015. Die Betontemperatur zeigt den typischen saisonalen Verlauf. Die kleineren Peaks sind auf Tagesschwankungen zurückzuführen. Der elektrische Betonwiderstand (Mass für die Betonfeuchtigkeit) hat einen der Temperatur entgegengesetzten Verlauf. Über die Zeit ist ein Trend zu höheren Widerständen erkennbar, der auf die langsame Austrocknung des Altbetons zurückzuführen ist. Kurz nach der Instandsetzung wurde ein relativ hoher Korrosionsstrom gemessen, der aber nach kurzer Zeit auf unbedeutende Werte abgesunken ist. Bis zum heutigen Zeitpunkt ist die Korrosion nicht wieder angestiegen, was die Wirksamkeit der Instandsetzungsmassnahmen bestätigt.

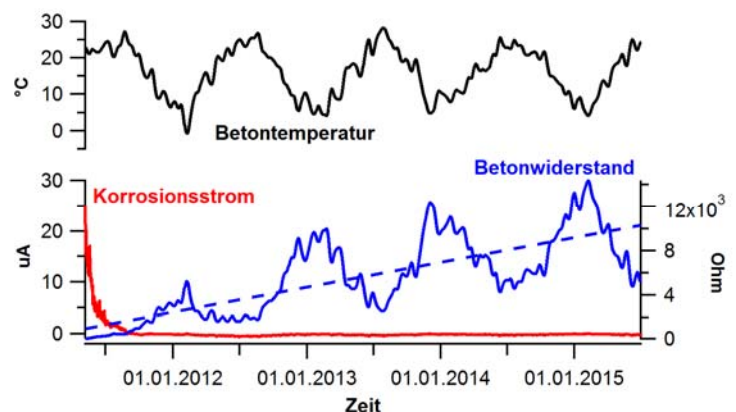


Abb. 2: Verlauf der Betontemperatur, des Korrosionsstroms und Betonwiderstandes im Altbeton, gemessen mit einem Sensor CS-322. Zwecks besserer Übersichtlichkeit wurden die Messkurven geglättet

A9 Simplon, Stützmauer Eisten – AAR Monitoring [1]

Die 1977 gebaute Stützmauer Eisten ist eine Schwergewichtsmauer und zeigt eine hohe Anzahl von feinen AAR-bedingten Rissen. Die Rissweiten waren zum Zeitpunkt des Projektstarts meist noch gering (um 0.1 mm). Die Ausdehnungsraten wurden auf 20 bis 40 $\mu\text{m}/\text{m}$ Jahr geschätzt.

Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurden Testfelder angelegt und mit automatischen Wegaufnehmern, sogenannten Extensometern der Solexperts AG bestückt. Testfeld T1 wurde mittels Wasserhochdruck gereinigt und hydrophobiert. Das Testfeld T2 blieb unbehandelt (Abb. 3). Um allfällige Veränderungen der Betonfeuchtigkeit zu erkennen und um die gemessenen Längenänderungen interpretieren zu können, wurden auf verschiedenen Mauerhöhen Temperatur und Widerstandssensoren CS-322 (vgl. Viadukt Bolzbach) eingebaut.

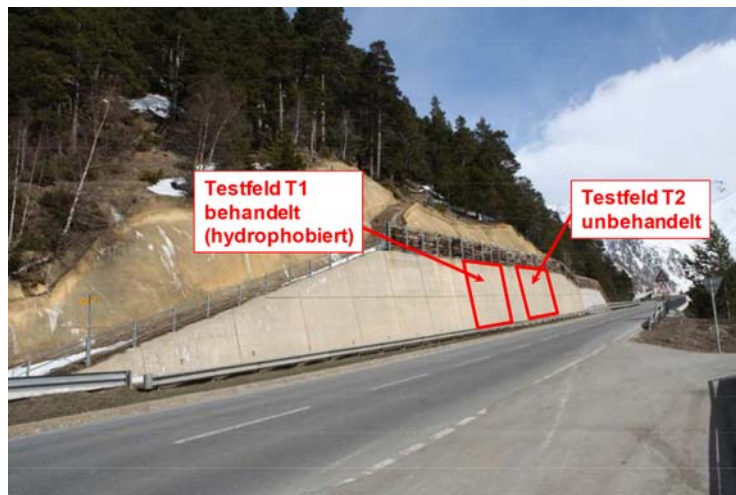


Fig. 3: mur de soutènement avec champs d'essais T1 et T2

Für die Analyse der Längenänderung wurden nur temperaturkompensierte Werte verwendet. Mit der Kompensation wird die temperaturbedingte Längenänderung des Sensors eliminiert. Die verbleibende Längenänderung ist auf die variable Betontemperatur und die AAR zurückzuführen. Die Differenz zwischen den gemessenen und berechneten temperaturbedingten Längenänderungen wird durch die AAR-bedingte Ausdehnung des Betons verursacht (Abb. 4). Diese beträgt ca. 0.15 mm/m Jahr und ist bei beiden Testfeldern praktisch gleich.

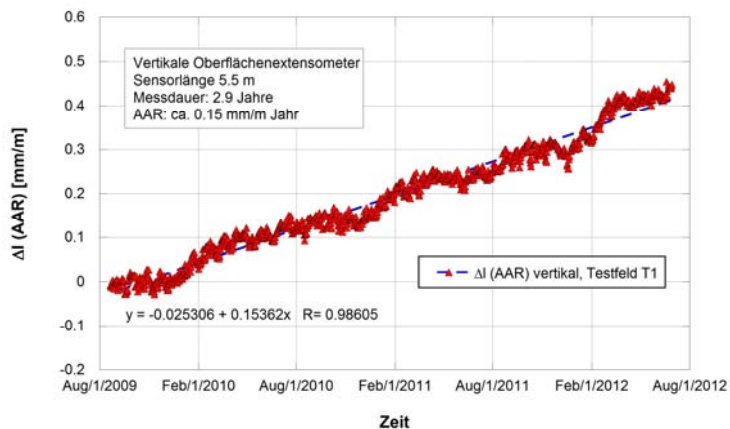


Abb. 4: AAR-bedingte Längenänderung beim vertikalen Extensometer im Testfeld T1

Daraus ist zu folgern, dass die Hydrophobierung zumindest bis Mitte Juni 2012, d.h. nach ca. 3 Jahren, noch keine erkennbare Wirkung entfalten konnte. Dies, obwohl mit den Betonwiderstandssensoren die wasserabweisende Wirkung der Hydrophobierung, d.h. eine Reduktion der Feuchtigkeit im oberflächennahen Beton nachgewiesen werden konnten.

Die kontinuierliche Bestimmung der Längenänderung mit Extensometern ist zielführend. Bei einer ausreichenden Messfrequenz erlaubt die Auswertung die Bestimmung des "scheinbaren" Wärmeausdehnungskoeffizienten. Damit ist es möglich, die Längenänderungen nachzurechnen und die AAR-bedingte Längenänderung zu ermitteln. Ein weiteres Hauptvorteil der kontinuierlichen Messungen besteht darin, dass eine erste Beurteilung der Entwicklung der AAR relativ rasch, d.h. bereits nach 1 bis 3 Jahren möglich ist, während bei periodischen Messungen normalerweise eine wesentlich längere Messdauer von mehreren Jahren notwendig ist.

Referenzen

- [1] [Instandsetzung und Monitoring von AAR-geschädigten Stützmauern und Brücken \(2013\)](#), Forschungsauftrag AGB2006/006, Dr. F. Hunkeler, Dr. P. Kronenberg, TFB AG; Dr. U. Püschner, TBA Kt. Basel-Landschaft (bis 30.4.2012 TFB AG)

Yves Schiegg

Weitere Informationen unter www.tfb-diagnostic.ch

WEITERBILDUNG BEI UNS IM HAUS



September 2015

- 08.09. Aktuelle Fragen und Entwicklungen im Brückenbau (ETH- Höggerberg)
- 22.09. Die revidierte Norm SIA 266 Mauerwerk

Oktober 2015

- 06.10. La norme SIA 266 « Maçonnerie » révisée

November 2015

- 03.11. Die SIA 118 in der Praxis
- 04.11. Versicherungen rund ums Bauwesen
- 05.11. Die SIA 112/2 - Nachhaltiges Bauen im Tief- und Infrastrukturbau
- 17.11. Betonstrassen - planen - konstruieren - ausführen - unterhalten
- 19.11. 5. Burgdorfer Wasserbautag 2015
- 24.11. Die revidierte Norm SIA 266 Mauerwerk

Dezember 2015

- 03.12. Die SIA 118 in der Praxis

Januar 2016

- 08.01.- Baustoffprüfer/in (Beton und Mörtel) – eine Notwendigkeit in unserer Zeit
- 09.04. Betontechnologie für Neueinsteiger in die Betonherstellung
- 18./19.01. Betontechnologie für Maschinisten
- 18.-20.01. Führen aber wie? (Grundmodul) (2 Tage)
- 21./22.01. Vertragsarten - Der Einfluss auf das Rapportwesen
- 26.01. Von der Zustandsuntersuchung bis zur Instandsetzung von Betonbauwerken (3 Tage)
- 27.01. -
- 06.04.

ANMELDUNG unter: Weiterbildungszentrum TFB AG, 062 887 72 77, schulung@tfb.ch, <http://www.bauundwissen.ch>

Impressum

TFB-Bulletin wird mehrmals jährlich elektronisch versandt. Herausgeber: TFB AG Technik und Forschung im Betonbau, Lindenstrasse 10, 5103 Wildegg, Tel. 062 887 72 72, E-Mail bulletin@tfb.ch; Redaktion: Dr. Veronika Klemm