

Teilprojekt A3 der DFG-Forschergruppe 537: Der spezifische Elektrolytwiderstand von Beton und Korrosion im gerissenen Beton

Wissenschaftlicher Kurzbericht Nr. 27 (2011)

Wei Tian, M.Sc, Dipl.-Ing. Kai Osterminski, Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Peter Schießl

AG 3, Stahl und Korrosion

1 Einleitung

Dieser Beitrag beinhaltet die Ergebnisse des Teilprojekts A3 der DFG-Forschergruppe 537 „Modellierung des Schadensfortschritts bei Korrosion von Stahl in Beton und Bemessung von Stahlbetonbauteilen auf Dauerhaftigkeit“. Die Aufgaben von Teilprojekt A3 gliedern sich in die zwei Themenbereiche:

- Der spezifische Elektrolytwiderstand von Beton und
- die Korrosion von Stahl in gerissenem Beton.

Die Aufgaben/Themenbereiche hatten das Ziel, die jeweiligen Mechanismen zu untersuchen und die Einflusskenngrößen auf die hier betrachteten Systemparameter des Schädigungsmodells der Forschergruppe zu quantifizieren.

2 Der spezifische Elektrolytwiderstand von Beton

Der Elektrolytwiderstand von erhärtetem Beton hängt maßgeblich von der Porenstruktur (Zementart, w/z-Wert), dem Feuchtegehalt, der Temperatur und der chemischen Zusammensetzung (Ionengehalt) der Porenlösung ab.

Die Zielsetzungen der Untersuchung des spezifischen Elektrolytwiderstands von Beton im Rahmen dieser Arbeit waren

- die Identifikation,
- die getrennte Quantifizierung und
- die Bestimmung von maßgebenden Korrelationen

bezüglich der wichtigsten Einflüsse.

Als Haupteinflussgröße auf Seite der Betonzusammensetzung konnte die verwendete Zementart identifiziert werden. Dies bestätigte die Erkenntnisse der Literatur. Ebenso hat sich die Feuchtigkeit auf der Seite der Umwelteinwirkungen als maßgebend herausgestellt. Aufgrund der hohen Anzahl an Probekörpern und Versuchen, konnten diese Ergebnisse erstmals auf einer statistisch sauberen Grundlage quantifiziert werden.

3 Korrosion im gerissenen Beton

Das Ziel dieses Forschungsprojekts ist, den Korrosionsmechanismus in gerissenem Beton zu quantifizieren. Dabei wurden Parameter, welche maßgeblichen Einfluss auf die Korrosion in gerissenem Beton haben identifiziert. Die Untersuchungen bilden einen speziellen, baupraktischen Fall ab und vervollständigen somit die Datenbasis für die Entwicklung des Ingenieurmodells zur Berechnung der Bewehrungskorrosion.

Um den Korrosionsmechanismus in gerissenem Beton zu klären, wurden Laborversuche an Betonbalken mit zentralen Rissen durchgeführt, in welchen ein Korrosionssystem mit einer Anode und mehreren Kathoden eingebaut wurden. Die Balken wurden einem Chloridzyklus oder einem Wasserzyklus (beide mit trocken-nass Wechsel) und natürlichen Beanspruchungen (Auslagerungsversuche) unterworfen. Dabei wurden vereinzelte Probekörper zuvor für einen Monat einer erhöhten CO₂-Konzentration von 2.0 Vol.-% ausgesetzt. Korrosionsströme und Potential wurden als Basisuntersuchungsparameter gemessen. Daten aus täglichen Messungen über nahezu drei Jahre hinweg wurden gesammelt und analysiert. Die Effekte der Rissgeometrie, der Betonqualität und der Beanspruchungsbedingungen wurden untersucht. Die Probekörper waren Balken mit den Abmessungen 500/200/150 mm³. Ein vordefinierter einzelner Riss (w = 0,30 mm) genau in der Mitte wurde hergestellt, Abbildung 1.

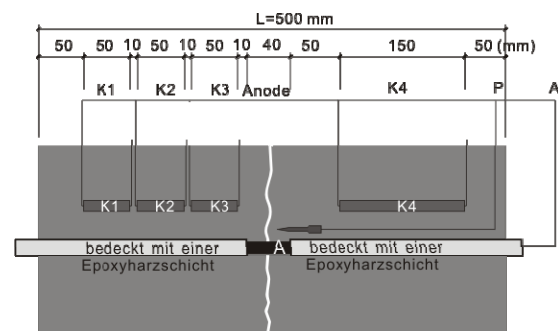


Abbildung 1: Probekörperaufbau

Der Korrosionsstrom und das Potential der Anode wurden täglich einmal gemessen. Die visuelle Prüfung der Bewehrungsstaboberfläche erfolgte nach dem Ausbau der Stähle. Nach diesem zerstörenden Versuch wurden die aktuelle Anodenfläche und die Lochfraßtiefe gemessen.

Abbildung 2 enthält die Ergebnisse der Ströme der Makrozellenkorrosion (oben) und die anodischen Korrosionspotentiale (unten) von ausgewählten, aktiven Anoden aus der Chloridbeaufschlagung. Die drei Kurven gehören zu den Korrosionssystemen aus CEM I – Beton, w/z 0,5, Chloridzyklus; CEM III – Beton, w/z 0,5, Chloridzyklus und CEM III – Beton, w/z 0,4, Chloridzyklus.

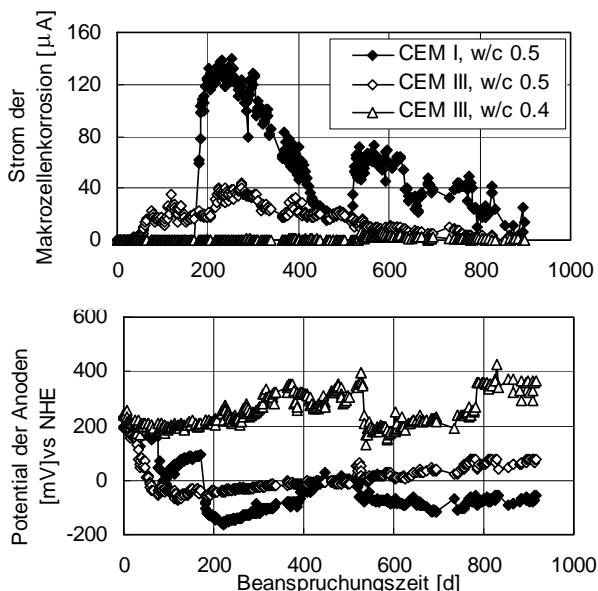


Abbildung 2: Korrosionsstrom (oben), Potential (unten), Chloridzyklus, Betondeckung 50 mm

Am Anfang betragen die Korrosionsströme ca. 0 μA , was Passivität anzeigt. Nach einigen Tagen der Beanspruchung steigt der Korrosionsstrom beim CEM I – Beton steil an, was deutlich den Beginn der Korrosion darstellt. Verglichen mit CEM I – Beton ist die Korrosion in CEM III – Beton nicht so intensiv. Der Korrosionsstrom steigt nach der Depassivierung an und sinkt dann leicht ab. Währenddessen zeigt die Entwicklung des Potentials über die Zeit eine gute Übereinstimmung mit dem Strom der Makrozellenkorrosion. Ein signifikantes Absinken des Anodenpotentials zeigt sich nach einer Beanspruchung von einigen Tagen, begleitet von einem steilen Anstieg des Korrosionsstroms. Der Strom der Makrozellenkorrosion von CEM III – Beton mit w/z 0,4 beträgt ca. 0 μA und sein A-

nodenpotential bleibt auf einem hohen Niveau während der ganzen Beanspruchungszeit.

Lochfraßkorrosion wurde bei den Anoden im Chloridzyklus beobachtet, speziell bei den Proben, welche dem kombinierten Effekt von Chloriden und Carbonatisierung unterworfen waren. Eine maximale Lochtiefe von 1,5 mm wurde bei CEM I – Beton mit einer Überdeckung von 50 mm aus dem Chloridzyklus beobachtet.

4 Zusammenfassung

Für die Untersuchungen zum Themenbereich „spezifischer Elektrolytwiderstand von Beton“ wurden umfangreiche Untersuchungen durchgeführt. Dabei wurde ein Versuchsprinzip entwickelt, welches die Beurteilung der untersuchten Einflüsse ohne Überlagerung mit anderen Einflüssen ermöglichte. Dazu gehören das Probekörperdesign, die Probekörperlagerung und die Entwicklung von Messstrategien und Messtechnik.

Die Ergebnisse belegen den aus der Literatur bekannten Wissensstand. Der hier durchgeführte Untersuchungsaufwand von insgesamt mehr als 500 Probekörpern erlaubt eine statistische Analyse der unterschiedlichen Einflüsse für eine Modellierung des spezifischen Elektrolytwiderstands.

Nach einer Lagerung von ungefähr drei Jahren sind die gerissenen Probekörper aus dem Wasserzyklus und der Auslagerung draußen meistens passiv oder nur sehr leicht korrodiert, während die meisten gerissenen Balken im Chloridzyklus ausgeprägte Korrosion zeigten. Dies bestätigt, dass eine Umgebung mit zyklischem Chloridangriff die stärkste Beanspruchung für Betonbauwerke mit Rissen ist.

Bei der Korrosion, verursacht durch Chlorid, in gerissenem Beton konnte die Makrozellenkorrosion als der Hauptkorrosionsmechanismus betrachtet werden, was anzeigt, dass, mit dem Beton als Transportmedium für die Ströme, der Betonwiderstand der beherrschende Faktor ist, der die Korrosionsstärke bestimmt. Faktoren, die die Porenstruktur des Betons beeinflussen (Zementart, w/z-Wert, mineralische Zusätze, etc.) oder die Ionenaktivität (z. B. die Temperatur), beeinflussen den Prozess der Makrozellenkorrosion grundlegend durch die Beeinflussung des Betonwiderstandes.

Weitere Informationen zur DFG-Forscherguppe können <http://for537.cbm.bv.tum.de> entnommen werden.