

Schriftenreihe des Instituts für Konstruktiven Ingenieurbau

Herausgeber:
Geschäftsführender Direktor des
Instituts für Konstruktiven Ingenieurbau
Ruhr-Universität Bochum

Heft 2010-2

Björn Siebert

**Betonkorrosion infolge kombinierten
Säure-Sulfat-Angriffs bei Oxidation von
Eisendisulfiden im Baugrund**

Shaker Verlag
Aachen 2010

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Bochum, Univ., Diss., 2009

Copyright Shaker Verlag 2010

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-8997-3

ISSN 1614-4384

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Betonkorrosion infolge kombinierten Säure-Sulfat-Angriffs bei Oxidation von Eisendisulfiden im Baugrund

Bei Eisendisulfidoxidation im Baugrund können erdberührte Betonbauteile durch die aggressiven Oxidationsprodukte Schwefelsäure und Eisensulfat angegriffen werden. Ziel dieser Arbeit war es, die Schädigungsmechanismen, die infolge eines solchen kombinierten Säure-Sulfat-Angriffs im Beton auftreten, in Abhängigkeit von Parametern auf der Angriffsseite (pH-Wert, SO_4^{2-} -Konzentration) und der Widerstandsseite (Bindemittelart und -gehalt, Wasserzementwert, Vorlagerungsbedingung) zu eruieren. Ebenso sollte überprüft werden, ob sich die Angriffsbedingungen in-situ auch in Prüflösungen mit Schwefelsäure und Eisensulfat simulieren lassen.

Zu diesem Zweck wurden herkömmliche Betone über einen Zeitraum von 2,5 Jahren in verschiedene oxidierende eisendisulfidhaltige Böden mit nahezu konstanten pH-Werten von 2,2 bis 2,5 und Sulfatkonzentrationen von rd. 8.300 bis 40.000 mg/l – je nach Eisendisulfidgehalt im Boden – ausgesetzt. Parallel wurde der Angriff der Oxidationsprodukte auch in Prüflösungen mit Schwefelsäure und Eisensulfat simuliert.

Neben makroskopischen Methoden (Masseänderung, Säureeindringtiefe, Druckfestigkeitsverlust) wurden auch mikroskopische und phasenanalytische Untersuchungen an Festkörpern sowie chemische Untersuchungen an Prüflösungen durchgeführt.

Die Ergebnisse der Untersuchungen werden wie folgt zusammengefasst:

- Unabhängig von den untersuchten Angriffspotentialen und der Betonzusammensetzung bildeten sich unter den stationären Bedingungen in den Böden **charakteristische Korrosionszonen** in der Betonrandzone aus. Unter einer Deckschicht aus Eisenhydroxiden wurde die Zementsteinmatrix infolge eines lösenden Angriffs vollständig zu Gips und amorphem SiO_2 umgewandelt. Neben diesem lösenden Angriff im oberflächennahen Bereich waren jenseits der Säureeindringfront mit zunehmender Dauer und Sulfatkonzentration im Boden Sulfatanreicherungen in tiefer liegenden, alkalischen Bereichen festzustellen, die zur Bildung sekundärer Sulfatphasen wie Gips und Ettringit führten. Dabei schritt eine Zone mit ausschließlich sekundärer Ettringitbildung ins Betoninnere voran. Ein Einfluss der daraus resultierenden sulfat-induzierten Gefügeschädigungen auf den Fortschritt der Säureeindringfront war nicht zu erkennen.
- Die Betone unterlagen in den quasi-stationären **Prüflösungen** tendenziell den gleichen Schädigungsmechanismen wie in den oxidierenden eisendisulfidhaltigen Böden. In letzteren erfolgte der Korrosionsfortschritt der Betone bei pH-Werten und SO_4^{2-} -Konzentrationen im nahezu gleichen Bereich allerdings langsamer.
- Im Hinblick auf die untersuchten **Bindemittel** wiesen HS-Zemente mit geringem Klinkeranteil (Hochofenzement oder CEM I-HS/Flugasche-Gemisch) den höchsten Widerstand gegenüber der kombinierten Säure-Sulfat-Einwirkung auf. Beton mit ausschließlich CEM I-HS-Zement wurde hingegen aufgrund des hohen $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Gehalts massiv durch Gipsbildung geschädigt. Für die Gesamt-Schädigungsentwicklung unter stationären Bedingungen in Böden erwies sich die Säureneutralisationskapazität des Betons von geringerer Bedeutung als der Sulfatwiderstand. Betone mit herkömmlichem Portlandzement oder Portlandkalksteinzement sind aufgrund massiver Ettringit- und Thaumasilbildung als gänzlich ungeeignet für den Einsatz in eisendisulfidhaltigem Baugrund zu bewerten.
- Die Untersuchungen weiterer Betonparameter ergaben, dass sich erwartungsgemäß mit höherem **Wasserzementwert** der Korrosionsprozess bzw. Festigkeitsverlust unabhängig von der verwendeten Zementart beschleunigt.
- Weiterhin stellte sich eine Carbonatisierung der Betonrandzone während der **Vorlagerung** als vorteilhaft für die Ausbildung stabiler Restschichten bei späterem Säure-Sulfat-Angriff heraus.

Abschließend konnte in dieser Arbeit gezeigt werden, dass Betonbauwerke in oxidierendem eisendisulfidhaltigen Baugrund mit Hilfe rein betontechnologischer Maßnahmen, wie z.B. Opferbeton, vor einem kombinierten Säure-Sulfatangriff dauerhaft geschützt werden können.