

Sulfatwiderstand und Phasen- Zusammensetzung von modernem Spritzbeton

Projektdauer
Projektteam

April 2016 – Oktober 2018
A. Leemann, EMPA

Spritzbeton steht oft in direktem Kontakt mit sulfathaltigem Grundwasser. Im vorliegenden Projekt wurden moderne Spritzbetone mit nicht alkalihaltigen, aluminatischen Beschleunigern in Kombination mit (in der Schweiz) neuen Zementarten (CEM II, CEM III) hergestellt und hinsichtlich deren Widerstand gegen einen Sulfatangriff untersucht. Dabei wurden zudem die Mikrostruktur und Phasenzusammensetzung analysiert und die Untersuchungen durch thermodynamische Modellierungen ergänzt. Dieser Ansatz erlaubt eine umfassende Beurteilung des Sulfatwiderstandes von Spritzbeton mit der Identifikation der massgebenden physikalischen und chemischen Einflussfaktoren.

Wie beim Normalbeton sind auch beim Spritzbeton die Zementart und der Wasser/Bindemittelwert w/b massgebend für den Sulfatwiderstand. Einerseits weisen Kapillarporosität und Diffusionskoeffizient zementspezifische Unterschiede auf, entsprechend differieren auch die Sulfatlösungsaufnahme und das Schwefelprofil im Prüfkörper mit Zementart und w/b. Andererseits definiert die Zementart über ihre Zusammensetzung das Potential für die Ettringitbildung und damit die Schädigung des Betons. Die Sulfatdehnung erfolgt durch die Umwandlung von Monocarbonat/Hemicarbonat/Monosulfat (AFm-Phasen) in Ettringit. So ist zum Beispiel bei einem Beton aus CEM I oder CEM II/A-LL bei ähnlicher Sulfatlösungsaufnahme wie bei einem Beton aus CEM II/B-M oder CEM III/B die resultierende Sulfatdehnung allgemein grösser als bei den letztgenannten Betonen. Die vorliegenden Untersuchungen haben Erfahrungen aus der Praxis bestätigt, wonach die Verwendung von kompaktiertem Silikastaub als Zusatzstoff und/oder eine unzureichende Dispergierung des zudosierten Silikastaubs zu einer Leistungsreduktion (geringere Verdichtung der Mikrostruktur) und grossen Sulfatdehnungen aufgrund einer zusätzlichen Alkali-Aggregat-Reaktion führen kann. Die Herstellung sulfatwiderstandsfähiger Spritzbetone kann nicht nur über die Verwendung von SR-Zementen (sulfatwiderstandsfähige Zemente nach EN 197-1) erfolgen. Deren Verwendung minimiert aber das Schadenspotential.

Die zurzeit in der Praxis verwendeten, nicht alkalihaltigen Beschleuniger haben in der untersuchten Dosierung keinen direkten, nachteiligen Einfluss auf den Sulfatwiderstand und verhalten sich in dieser Hinsicht auch vorteilhafter als die früher verwendeten alkalihaltigen Beschleuniger. Der Grund dafür ist, dass erstere keinen nachteiligen Einfluss auf die Zusammensetzung der Hydratphasen haben, wie die Untersuchungen der Phasenzusammensetzung und die thermodynamischen Modellierungen zeigen. Die Beschleuniger beeinflussen den Sulfatwiderstand aber indirekt durch die höhere Porosität und Permeabilität und somit durch eine erhöhte Sulfatlösungsaufnahme des Spritzbetons.

In der Sulfatwiderstandsprüfung nach SIA 262/1, Anhang D (2013) treten beim Spritzbeton wegen des höheren Zementsteinvolumens und des kleineren Grösstkorns erst bei einer höheren Sulfatdehnung im Vergleich zum Normalbeton Schäden auf, welche sich als Abfall des dynamischen E-Moduls äussern. Eine Anpassung des Grenzwertes der Sulfatdehnung für Spritzbeton macht aber aus zwei Gründen keinen Sinn. Erstens können am Bauwerk in Abhängigkeit des spezifischen Behinderungsgrades auch

schon bei Dehnungen unter dem Grenzwert Schäden auftreten. Zweitens ist die Wahrscheinlichkeit von Inhomogenitäten und dem Auftreten von entsprechenden Schwachstellen bei einer Spritzbetonapplikation grösser als bei Normalbeton. Folglich muss das Vorhaltemass bei der Beurteilung des Sulfatwiderstandes in der Prüfung auch grösser sein und der Grenzwert soll auf dem tieferen Wert belassen werden.

Ein im Rahmen des Projektes entwickeltes neues Verfahren erlaubt es, Betone mit einer Spritzbetonrezeptur im Labor ohne eine Applikation von Hochdruck (Spritzen) herzustellen und äquivalente Ergebnisse zu gespritzten Proben zu erzielen.