

Bewertung von Performance-Prüfverfahren auf AKR bei Einsatz von SFA in Beton

Heinz, D., Schmidt, K.

Es wurden flugaschehaltige Normalbetone und selbstverdichtende Betone über einen Zeitraum von 12 Monaten mit dem in Anhang B der Alkali-Richtlinie des DAfStb [1] beschriebenen Betonversuch bei 60°C über Wasser auf ihre Alkaliempfindlichkeit geprüft. Als reaktive Gesteinskörnungen wurden ein Kies mit Opalsandstein/Flint der Alkaliempfindlichkeitsklasse EIII-OF, als poröse, schnell reagierende Gesteinskörnung eine Grauwacke und ein Kies aus dem Oberrheingraben als dichte, langsam reagierende Gesteinskörnungen, eingesetzt. Die Ergebnisse aus der 60°C-Lagerung können mit Ergebnissen von Betonen, die bis zu 3 Jahre in der 40°C-Nebelkammer und bei Lagerung im Freien geprüft wurden, verglichen werden. Parallel zu den Betonversuchen zur Ermittlung des Dehnungsverhaltens und der Rissbreitenentwicklung wurde aus konservierend gelagerten Betonproben, d.h. kein Austausch mit der Umgebungsfeuchte, in einem Alter von 28, 90 und 365 Tagen die Porenlösung unter Druck ausgepresst und deren chemische Zusammensetzung analysiert.

Streng genommen gelten die im Folgenden vorgestellten Schlussfolgerungen nur für Betone mit den hier untersuchten Gesteinskörnungen. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass sie auch für andere Gesteinskörnungen gültig sind. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Mit der Prüfung in der 40°C-Nebelkammer ist eine Differenzierung hinsichtlich Beginn und Verlauf einer Schädigung von Betonen, die mit dichten Gesteinskörnungen hergestellt werden, möglich. Dazu ist eine Lagerungszeit von bis zu 3 Jahren erforderlich. Es müssen sowohl die Dehnung am Balken - 500/100/100 mm³ - als auch die Rissbildung am Würfel mit 300 mm Kantenlänge berücksichtigt werden. Beurteilungskriterien, wie sie bei der Beurteilung der Alkaliempfindlichkeit von Gesteinskörnungen verwendet werden - Dehnung am Balken $\leq 0,6$ mm/m bzw. Rissbreite am Würfel $\leq 0,2$ mm nach 9 Monaten Lagerungsdauer - können dabei nicht festgelegt werden. Es ist eine Prüfung im Einzelfall erforderlich. Dabei werden der Dehnungsverlauf und die Rissbreitenentwicklung berücksichtigt. Zusätzlich wird eine mögliche, wenn auch äußerlich vielleicht nicht signifikant aufgetretene Gefügeschädigung der Betone an Dünnschliffen lichtmikroskopisch festgestellt.

Die Bewertung von Betonen mit einer porösen, schnell reagierenden Gesteinskörnung ist in der 40°C-Nebelkammer nicht möglich. Bereits geringe Abweichungen von der Grundrezeptur mit 500 kg/m³ Portlandzement mit hohem Alkaliäquivalent und einem w/z-Wert von 0,5 führt dazu, dass keine Dehnungen am Balken und keine Rissbildung am Würfel mehr auftritt. Die Gründe hierfür sind noch nicht geklärt. Für die Beurteilung der Betone mit Kies mit Opalsandstein/Flint sind die Ergebnisse am Würfel mit 300 mm Kantenlänge bei freier Bewitterung abzuwarten.

Der 60°C-Betonversuch über Wasser liefert zur Beurteilung der Alkaliempfindlichkeit der in dieser Arbeit geprüften Gesteinskörnungen gleiche Ergebnisse wie die 40°C-Nebelkammer.

Der 60°C-Betonversuch, angewandt zur Bewertung der Alkaliempfindlichkeit von Betonzusammensetzungen, liefert im Vergleich zur 40°C-Nebelkammer und zum Freilager (soweit diese Ergebnisse schon vorhanden sind) im Prüfzeitraum von 12 Monaten allerdings keine gute Übereinstimmung. Sowohl bei Verwendung der porösen Gesteinskörnung als auch bei Verwendung der dichten Gesteinskörnungen treten bereits bei geringen Flugaschegehalten keine bzw. nur sehr geringe Dehnungen an den Prismen - 280/75/75 mm³ - auf. Dies ist aber nicht nur auf die Verwendung von Flugasche zurückzuführen. So wird auch ein selbstverdichtender Beton mit Kalksteinmehl als Betonzusatzstoff im 60°C-Betonversuch zu günstig bewertet. Bei diesem Beton ist in der 40°C-Nebelkammer zwar auch keine auf AKR zurückzuführende Balkendeckung mehr zu erkennen, allerdings tritt am Würfel mit 300 mm Kantenlänge eine erhebliche Rissbildung auf. Eine ausreichende Trennschärfe der Ergebnisse, bei gleichzeitig gegenüber der 40°C Nebelkammer verkürzter Prüfdauer, ist nicht zu finden. Wenn beim 60°C-Betonversuch Lagerungsdauern von 3 bis 5 Jahren nötig werden [2], entfällt der gegenüber der 40°C-Nebelkammer angestrebte Vorteil einer verkürzten Lagerungsdauer.

Auf Grundlage der hier ermittelten Ergebnisse kann nach der Prüfvorschrift des 60°C-Betonversuchs, wie sie für die Bewertung der Alkaliempfindlichkeit von Gesteinskörnungen verwendet wird, die Leistungsfähigkeit von Betonen mit Flugasche nicht geprüft werden. Es deutet sich an, dass dies allerdings nicht nur speziell für Betone mit Flugasche im Bindemittel gilt, sondern allgemein für Betone mit Bindemittelzusammensetzungen mittlerer Basizität. Ein Grund dafür ist die Verschiebung des OH⁻/SO₄⁻-Gleichgewichtes in der Porenlösung bei höheren Temperaturen und höherer Basizität zu Ungunsten der OH⁻-Konzentration. Damit wird der chemische Angriff auf das Gestein erheblich verringert. Aber auch die Veränderung der mechanischen Eigenschaften und eine Abhängigkeit des äußeren Schadensbildes von der Probekörpergröße wirken sich auf das Verhalten der Betone aus.

Bislang werden die Betone bereits 24 Stunden nach Herstellung in die 60°C-Truhe eingelagert. Dies hat aber extreme Auswirkungen auf die Ausbildung des Zementsteingefüges und die Porenlösungschemie. Es ist davon auszugehen, dass gerade für die langsamere puzzolanische Reaktion der Flugasche, die ersten 90 Tagen für die Ausbildung des Betongefüges wichtig sind. Auch der erste chemische Angriff auf der Oberfläche der reaktiven Gesteinskörnungen kann bei verlängerter Lagerung bei 20°C praxisnah ablaufen. Daher wurden weitere Versuche mit einer 28 und 90 Tage dauernden 20°C-Vorlagerung der Betone durchgeführt. Es wird erwartet, dass eine spätere Erhöhung der Lagerungstemperatur auf 60°C eine weit geringere Verzerrung der Reaktionsmechanismen bewirkt. Die Alkalireaktionen werden beschleunigt bei einem weiterhin realitätsnahen Verhalten der Betone. Die Ergebnisse werden bis Ende 2008 vorliegen.

- [1] DAfStb-Richtlinie: „Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton (Alkali-Richtlinie); Februar 2007.
- [2] A. Play, et al.: Long-Term Effectiveness of Fly Ash to Reduce Alkali-Silica Reaction in Concrete - Influence of Fly Ash Alkali Content and Aggregates Reaction Kinetics. 15th Int. ACAA Symposium on Management and Use of CCP's, 01/2003, St. Petersburg.