

Innere Nachbehandlung von hochfesten Betonen mittels rezyklierter Gesteinskörnung

Wissenschaftlicher Kurzbericht Nr. 9 (2006)

Dipl.-Ing. Miriam Stefan, Dipl.-Ing. Jürgen Huber

Arbeitsgruppe 2: Beton

1 Einleitung und Problemstellung

Hochfeste Betone zeichnen sich im Vergleich zu normalfesten Betonen vor allem durch ihre hohe Festigkeit und Dichtigkeit aus. Diese Eigenschaften können durch die vergleichsweise hohe Rissgefahr, welche aus der Betonzusammensetzung resultiert, beeinträchtigt werden.

Verantwortlich hierfür ist die aufgrund der niedrigen w/z-Werte (< 0,40) stattfindende Selbst-austrocknung, welche zu Unterdrücken und Kapillarzugspannungen im Porensystem und damit zu einer makroskopischen Volumenminderung, dem sog. autogenen Schwinden führt. Werden solche Verformungen behindert, entstehen Spannungen, die beim Überschreiten der aufnehmbaren Zugfestigkeit zu Rissen führen.

Eine Nachbehandlung des Betons von der Oberfläche aus kann das autogene Schwinden nicht reduzieren, da das dichte Gefüge den Wassertransport in das Innere eines Bauteils begrenzt. Es muss ein internes Wasserreservoir zur Verfügung gestellt werden, welches eine „innere Nachbehandlung“, das heißt eine zeitabhängige Wasserabgabe ermöglicht.

Wurden bisher vor allem Leichtgesteinskörnungen verwendet, kam in den hier durchgeführten Untersuchungen rezyklierte Gesteinskörnung zum Einsatz. Diese besitzen zwar eine geringere Wasseraufnahmekapazität (nur der anhaftende Zementstein kann Wasser aufnehmen), bieten aber die Möglichkeit, einen Beton mit hoher Festigkeit herzustellen.

Eine implizierte Fragestellung war die Anrechenbarkeit des Wassers, welches für das vorgeschriebene Vornässen der rezyklierten Gesteinskörnung (Saugwasser) verwendet wird.

2 Untersuchungen

Um den Einfluss der rezyklierten Gesteinskörnung auf die freie autogene Verformung des Betons bestimmen zu können, wurde diese an abgedichteten, waagrecht gelagerten Probekörpern gemessen. In einem passiven Reißrahmen

wurden die auf Grund von behinderter autogener Verformung entstandenen Zwangsspannungen ermittelt. Diese wurden den zu verschiedenen Zeitpunkten bestimmten Spaltzugfestigkeiten gegenüber gestellt, wodurch die Rissempfindlichkeit (Einwirkung - Widerstand) des Betons beurteilt werden konnte.

Parallel wurde der Einfluss der rezyklierten Gesteinskörnung auf die Druckfestigkeit der hochfesten Betone geprüft.

In Abbildung 1 ist die verwendete Stoffmatrix (Ausgangsstoffe, Betonzusammensetzungen) dargestellt.

M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
CEM						
SF						
NGK	RCGK 8 SW	NGK RCGK8	RCGK 8	RCGK 16 SW	LGK SW	NGK
		SW				SW
ZW						
CEM	Zement		490 kg/m ³			
SF	Silikastaub		8 M.-% v.B.		Basaltsplitt	
NGK	normale Gesteinskörnung					
RCGK	rezyklierte Gesteinskörnung					
8, bzw. 16	Größtkorn in [mm]		8mm, bzw. 16mm			
LGK	leichte Gesteinskörnung				Liapor	
SW	Saugwasser (10 Min.)				der porösen GK	
ZW	Zugabewasser				für w/b-Wert 0,35	

Abbildung 1: Stoffmatrix

Der Bindemittelgehalt (490 kg/m³ CEM I 42,5R, 8 M.-% v.Z. Silikastaub) war bei den untersuchten sieben Betonen konstant.

Im Vergleich zum Referenzbeton M1 wurde bei der Betonrezeptur M2 100 % und bei der Betonrezeptur M3 50 % der normalen Gesteinskörnung durch rezyklierte Gesteinskörnung (4-8mm) ersetzt. Der Beton M7 entsprach der Referenzmischung M1, hier wurde jedoch die Menge an Saugwasser, die die rezyklierte Gesteinskörnung der Betonrezeptur M2 aufnahm, zusätzlich mit dem Zugabewasser zugegeben. Bei Beton M4 wurde die rezyklierte Gesteinskörnung ohne Vornässen zugegeben. Weiterhin wurden Betone mit RC-Gesteinskörnung 16 mm sowie Liapor (LGK) untersucht.

3 Ergebnisse

Druckfestigkeit

Die ermittelten Druckfestigkeiten sind in Abbildung 2 dargestellt.

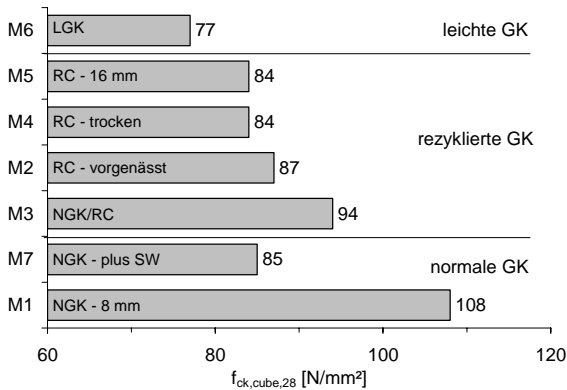


Abbildung 2: Druckfestigkeiten nach 28d

Der Einfluss des w/z-Wertes auf die Druckfestigkeit ist deutlich zu erkennen. Die Festigkeit des Betons M7, welcher einen höheren w/z-Wert als der Beton M1 besitzt, weist eine niedrigere Druckfestigkeit auf. Der Beton M7 erreichte nahezu dieselbe Druckfestigkeit wie Beton M2. Dieses Ergebnis lässt vermuten, dass bei Anrechnung des Saugwassers der rezyklierten Gesteinskörnung auf den w/b-Wert, selbst bei 100%igem Ersatz der Gesteinskörnung durch rezyklierte Gesteinskörnung, die Druckfestigkeit des Betons nicht reduziert wird.

Autogenes Schwinden / Rissempfindlichkeit

Abbildung 3 zeigt die freie autogene Verformung der Betone M1, M2, M3 und M7.

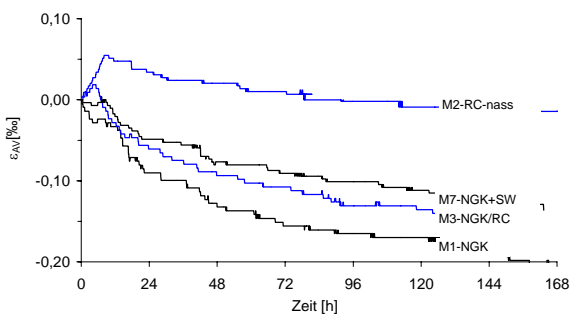


Abbildung 3: Freie autogene Verformung

Die hochfesten Betone mit normaler Gesteinskörnung zeigten von Beginn der Erstarrung autogenes Schwinden, wohingegen die Betone mit rezyklierter Gesteinskörnung zunächst quellen. Das anfängliche Quellen ist als indirekter Nachweis für den Wassertransport des Saugwassers in die erhärtende Zementmatrix zu verstehen.

Die treibende Kraft für diesen Wassertransport ist der in der Zementmatrix wirkende Hydratationsog. Die anfängliche autogene Quellverformung ist umso höher, je größer die Ersatzrate an Gesteinskörnung ist.

Abbildung 4 zeigt schematisch die Volumenänderungen.

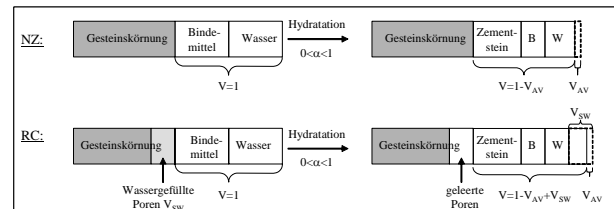


Abbildung 4: Volumenänderungen RC / NGK

Über den Quotienten von der im Reißrahmen gemessenen Zwangsspannung infolge behinderter autogener Verformung zu der parallel an Spaltzugprobekörpern ermittelten zentrischen Zugfestigkeit des Betons lässt sich der Auslastungsgrad definieren. Dieser betrug nach sechs Tagen für die Beton M1 und Beton M7 60%, für Beton M3 40% und für Beton M2 25%. Das bedeutet, dass der Auslastungsgrad bei 50%igem Ersatz der normalen Gesteinskörnung durch rezyklierte Gesteinskörnung um 25% und bei 100%igem Ersatz um 50% reduziert wird. Als Ursache ist das anfängliche Quellen der hochfesten Betone mit rezyklierter Gesteinskörnung zu nennen.

4 Zusammenfassung

Durch die Messung der freien autogenen Verformung von hochfesten Betonen mit rezyklierter Gesteinskörnung konnte ein indirekter Nachweis für die innere Nachbehandlung des hochfesten Betons mit rezyklierter Gesteinskörnung erbracht werden. Im Gegensatz zu Betonen mit normaler Gesteinskörnung wird ab Erstarrungsbeginn das autogene Schwinden zunächst durch ein Quellen überlagert. Es findet also ein Wassertransport von der rezyklierten Gesteinskörnung in die Zementmatrix statt. Die treibende Kraft ist dabei der im Inneren der Zementmatrix wirkende Hydratationsog. Durch die Verwendung von rezyklierter Gesteinskörnung kann die Reißneigung um bis zu 50% reduziert werden. Bei Anrechnung des Saugwasseranteils der rezyklierten Gesteinskörnung zu dem w/z-Wert konnte im Vergleich zu einem hochfesten Beton mit normaler Gesteinskörnung und gleichem w/z-Wert keine Minderung der Druckfestigkeit festgestellt werden.

Eine Anrechnung des Saugwassers auf den w/z-Wert wird daher empfohlen.