

Schleuderbetonstützen aus ultra-hochfestem Beton und hochfester Längsbewehrung SAS 670

Spun Concrete Columns Made of Ultra-high Performance Concrete and High-strength Reinforcement SAS 670

Empelmann, Martin; Müller, Corinna

Abstract

Within a ZIM (Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand) research project, funded by the BMWi, the concrete construction department of the iBMB at the Technische Universität of Braunschweig and the companies Eurocoles GmbH & Co. KG and Stahlwerk Annahütte investigated an innovative concrete column construction for very slender columns, which is based on the special production process of the spun concrete. The use of cost-optimized ultra-high performance spun concrete (UHPC) and high-strength reinforcement SAS 670 results in a technically and economically comparable alternative to steel-composite columns.

1 Einführung

Innerhalb eines vom BMWi geförderten ZIM (Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand) Forschungsvorhabens wurde am Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB), Fachgebiet Massivbau, der TU Braunschweig in Kooperation mit Eurocoles GmbH & Co. KG und dem Stahlwerk Annahütte eine innovative Bauweise für schlanke Stützen (Bild 1) aus ultra-hochfesten Schleuderbeton (UHPC) und hochfester Längsbewehrung SAS 670 experimentell und theoretisch untersucht.



BILD 1 Beispiele für schlanke Schleuderbetonstützen Eurocoles GmbH & Co. KG (links: IKEA, Dresden; rechts: Auswärtiges Amt, Berlin) /1/

Wesentliches Ziel des Forschungsvorhabens waren die Erarbeitung und Bereitstellung von wesentlichen Grundlagen für die Herstellung, Bemessung und Anwendung von Schleuderbetonstützen aus UHPC und hochfester Längsbewehrung SAS 670, da für die eingesetzten Materialien derzeit keine normative Grundlage besteht.

2 Herstellverfahren von Schleuderbetonstützen

Die Herstellung von Schleuderbetonstützen erfolgt durch die Rotation einer kreisförmigen Stahlschalung mit einer Geschwindigkeit von bis zu 600 Umdrehungen pro Minute um ihre Längsachse (Bild 2). Die induzierten radialen Beschleunigungskräfte drücken die Frischbetonmasse mit einer Zentrifugalkraft von 20 G gegen die Schalungswand, wodurch der Beton extrem verdichtet wird. Die Ergebnisse dieses speziellen Herstellungsverfahrens sind sehr glatte Betonoberflächen, ein dichtes Betongefüge sowie hohe Betondruckfestigkeiten. Schleuderbetonstützen sind mit kleinen Querschnittsabmessungen (≥ 25 cm) als auch hohe Längsbewehrungsgraden (bis zu 16 %) produzierbar /2/.

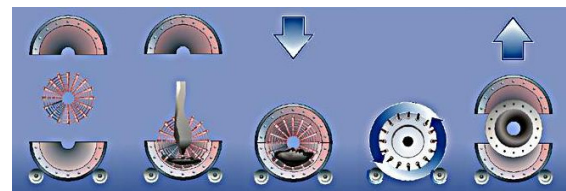


BILD 2 Herstellprinzip von Schleuderbetonstützen /1/

3 Materialeigenschaften des UHPC

Als Grundlage für die Beurteilung der durchgeführten großmaßstäblichen Bauteilversuche wurde das Materialverhalten des UHPC untersucht. Zur Bestimmung der Kurzzeit-Materialeigenschaften wurden Bohrkern ($\varnothing 55$ mm, Schlankheitsgrad $h/\varnothing \geq 2$) einem unbewehrten Schleuderbetonbauteil entnommen.

Um den Einfluss des Herstellverfahrens auf die Materialkennwerte (Druck-, Zugfestigkeit, E-Modul) festzustellen, wurden zusätzlich Untersuchungen an Bohrkernen, die dem herkömmlich verdichteten UHPC entnommen wor-

den sind, durchgeführt. Tabelle 1 und 2 enthalten einen Auszug der experimentellen Ergebnisse.

TABELLE 1 Materialeigenschaften des herkömmlich verdichteten UHFB (Betonalter: 28d ± 1d)

Betonage-Nr.	f_{cm} [N/mm ²]	f_{ctm} [N/mm ²]	E_{cm} [N/mm ²]
1 (03/08/11)	141.5	7.9	57 800
2 (18/08/11)	141.4	-	-
3 (25/08/11)	140.8	-	54 100

TABELLE 2 Materialeigenschaften des UHFSB (Betonalter: 28d ± 1d)

Betonage-Nr.	f_{cm} [N/mm ²]	f_{ctm} [N/mm ²]	E_{cm} [N/mm ²]
1 (03/08/11)	143.1	8.7	59 600
2 (18/08/11)	156.3	-	68 700
3 (25/08/11)	151.9	-	56 700

Die charakteristische Druckfestigkeit (5 % Quantile bei einer Normalverteilung) des UHFB ergibt sich zu ca. 130 N/mm², die des UHFSB zu ca. 140 N/mm². Demnach beträgt der Erhöhungseinfluss des Herstellerfahrens auf die Druckfestigkeit ca. 8 %.

Neben den Kurzzeit-Materialeigenschaften wurde auch das Dauerstandverhalten unter einaxialer Druckbeanspruchung untersucht. Die Entwicklung der Stauchung des UHFSB für ein Belastungsniveau von ca. 90 % der mittleren Druckfestigkeit ist in Bild 3 dargestellt.

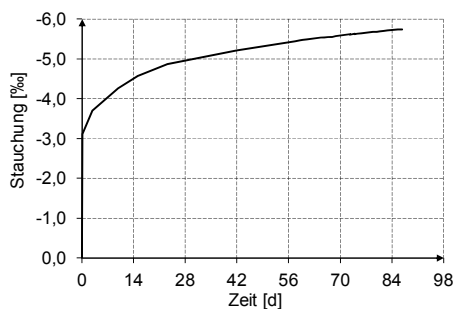


BILD 3 Entwicklung der Stauchung des UHFSB (21°C, 50 % RH, $f_c = 0.9 \cdot f_{cm}$)

Ein vergleichbares Materialverhalten von UHFB unter hoher Druckbeanspruchung wird in /3/ vorgestellt.

4 Großmaßstäbliche Bauteilversuche

Insgesamt wurden 16 Bauteilversuche an Schleuderbetonstützen unter exzentrischer Normalkraftbelastung durchgeführt. Variiert wurden der äußeren Stützendurchmesser, die Stützenlänge, die Anfangsexzentrizität

der Normalkraftbeanspruchung, die Betonfestigkeit und die Güte der Längsbewehrung sowie der Längs- und Querbewehrungsgrad.

In Bild 4 sind der Versuchsaufbau und ein Versuchskörper nach Beendigung des Bauteilversuchs dargestellt.

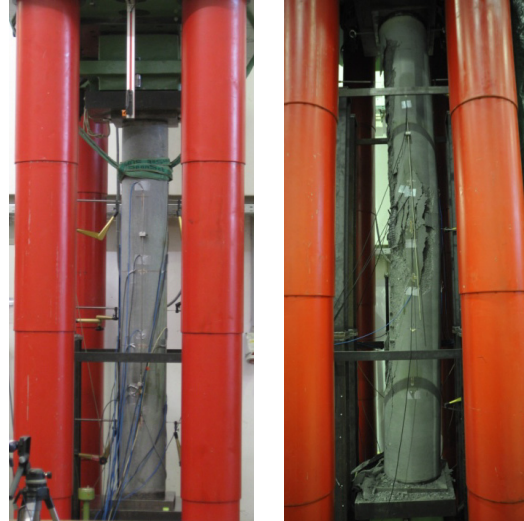


BILD 4 10 MN-Maschine (iBMB - MPA Braunschweig)

Ein Auszug der experimentellen Ergebnisse der großmaßstäblichen Bauteilversuche ist in /1/ zusammengefasst.

5 Zusammenfassung

Auf Basis der durchgeführten experimentellen und theoretischen Untersuchungen konnten Bemessungsempfehlungen und Konstruktionsregeln erarbeitet werden, die erste baupraktische Anwendungen der Schleuderbetonstützen aus UHFSB und hochfester Längsbewehrung mit behördlicher Zustimmung im Einzelfall ermöglichen bzw. erleichtern.

6 Literatur

- /1/ MÜLLER, C.; EMPELMANN, M.; LIEB, H; HUDE, F.: ULTRA-HIGH PERFORMANCE SPUN CONCRETE COLUMNS WITH HIGH-STRENGTH REINFORCEMENT, ANGENOMMENE VERÖFFENTLICHUNG HIPERMAT 2012.
- /2/ Z-15.13-257: ALLGEMEINE BAUAUFSICHTLICHE ZULASSUNG, MASTE, STÜTZEN UND BALKEN AUS SCHLEUDERBETON, PFLEIDERER EUROPOLES GMBH & Co. KG, DIBT, 2010.
- /3/ SCHMIDT, M. ET AL.: ULTAHOCHFESTER BETON – SACHSTANDSBERICHT. DASTB HEFT 561, BERLIN, 2008.