

Schleuderbetonmasten aus Hochleistungswerkstoffen – Teil 1: Materialverhalten des UHPSC

Ultra-High Performance Spun Concrete Poles – Part 1: Material Behaviour of the UHPSC

Remitz, J.; Wichert, M.; Empelmann, M.

Abstract

The expansion of renewable energies requires an adjustment of the electricity grid infrastructure in Germany. The objective of the research project "Compact Extra High Voltage Poles and Cross Arms", supported by the BMWi, was to develop an environmentally and resource friendly construction of Extra High Voltage Poles made of ultra-high performance spun concrete, that contributes to an innovative and economically alternative to steel lattice masts due to an optimized design /1/. Within the project the iBMB, Division of Concrete Construction carried out investigations on the long- and short-term material behaviour of ultra-high performance spun concrete (UHPSC).

1. Einführung und Motivation

Der Ausbau der erneuerbaren Energien erfordert eine Anpassung der Stromnetzinfrastruktur in Deutschland. Im Rahmen des Verbundforschungsvorhabens „Kompakthöchstspannungsmasten und -Traversen (KoHöMaT)“, gefördert durch das BMWi, sollten umwelt- und ressourcenschonende Freileitungsmasten für Höchstspannungsleitungen aus ultrahochfestem Schleuderbeton entwickelt werden, die durch ihr optimiertes Mastdesign eine innovative und wirtschaftliche Alternative zu Stahlgittermasten darstellen /1/. Innerhalb eines Teilprojekts wurde am iBMB, Fachgebiet Massivbau das Kurz- und Langzeitmaterialverhalten des ultrahochfesten Schleuderbetons (UHPSC) untersucht.

2. Kurzzeitmaterialverhalten UHPSC

Zur Steigerung der Tragfähigkeit von Schleuderbetonmasten ist der Einsatz von ultrahochfesten Betonen eine sinnvolle Möglichkeit. Im Rahmen des Forschungsvorhabens sollte der Einsatz eines von der Firma Europoles GmbH & Co. KG entwickelten Betons in Schleuderbetonmasten untersucht werden (vgl. auch Teil 2 und 3). Hierzu wurden am iBMB, Fachgebiet Massivbau experimentelle Untersuchungen zu den Kurzzeiteigenschaften, d. h. Spannungs-Stauchungs-Beziehung, Druck- und Zugfestigkeit, E-Modul sowie Verbundverhalten, an aus

einem Schleuderbetonbauteil entnommenen Bohrkernen durchgeführt (Bild 1).

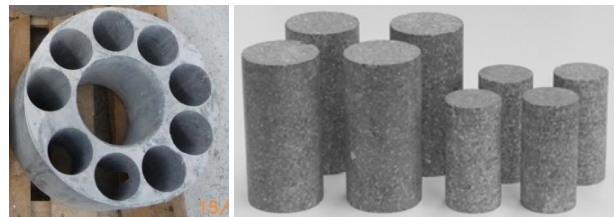


Bild 1: Schleuderbetonbauteil (links) und entnommene Bohrkern (rechts)

In Bild 2 sind Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfungen zur Bestimmung der Spannungs-Stauchungs-Beziehung exemplarisch dargestellt. Grundsätzlich konnten Druckfestigkeiten von etwa 140 N/mm² (Bohrkerne Ø55/110 mm) erreicht werden. Zudem konnte festgestellt werden, dass durch das Schleuderverfahren die Druckfestigkeit (analog zu /2/) um etwa 7 % und die Spaltzugfestigkeit sowie der E-Modul um etwa 8 % im Vergleich zum Rüttelverfahren erhöht werden.

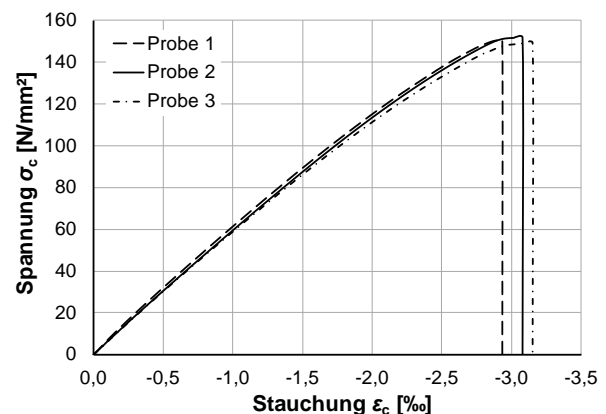


Bild 2: Spannungs-Stauchungs-Beziehung UHPSC

3. Langzeitmaterialverhalten

Die Untersuchungen zum Langzeitmaterialverhalten des UHPSC umfassten Versuche zum Kriech- und Schwindverhalten, zum Ermüdungsverhalten unter Druckschwell-

belastung und zum Verbundverhalten unter Ermüdungsbeanspruchung.

Für die Bestimmung des Kriech- und Schwindverhaltens wurden die Schleuderbetonbohrkerne in Kriechstände eingebaut (Bild 3).



Bild 3: Kriechstände mit UHPSC-Bohrkernen

Durch die definierte Lagerung im Klimaraum und die Abdichtung einiger Bohrkerns konnte der Einfluss des Trocknungsschwindens identifiziert werden. Anhand von vergleichenden Untersuchungen mit Rüttelbetonproben wurde festgestellt, dass durch das Schleuderverfahren die Kriech- und Schwinddehnungen des UHPSC in Abhängigkeit des Betonalters zum Belastungszeitpunkt (2 Tage bzw. 28 Tage) und der Belastungshöhe (25 % bzw. 45 % der erwarteten mittleren Betondruckfestigkeit) reduziert wurden (Bild 4). Die Kriech- und Schwinddehnungen sowohl der Schleuderbeton- als auch der Rüttelbetonproben waren zudem geringer als die gerechneten Werte nach EC2+NA /3/ bzw. DAfStb-Heft 561 /4/.

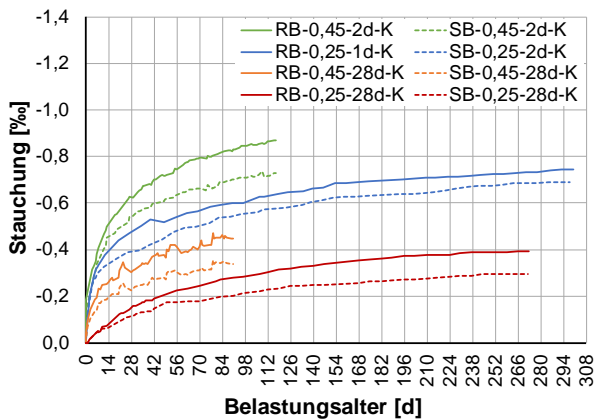


Bild 4: Kriechverhalten der Schleuderbetonproben (SB) und der Rüttelbetonproben (RB)

Die Ergebnisse der Ermüdungsversuche unter zyklischer Druckschwellbelastung in Bild 5 zeigen, dass die Ermüdungsfestigkeit des UHPSC von den Wöhlerlinien nach EC2+NA /3/ bzw. MC10 /5/ überwiegend auf der sicheren Seite erfasst wird und vergleichbar mit Normalbeton ist.

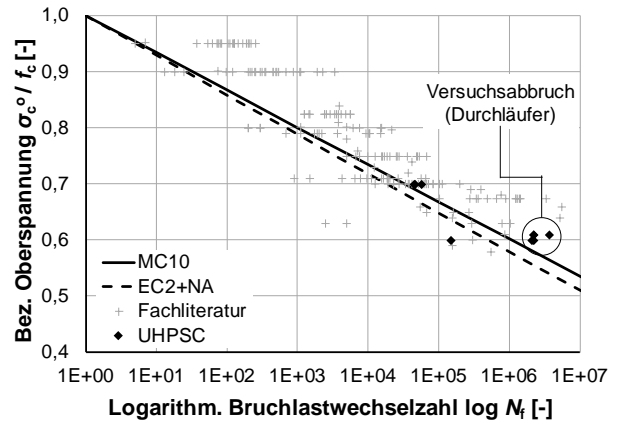


Bild 5: Ergebnisse der Dauerschwingversuche (vgl. /1/)

Bei den Verbundversuchen unter zyklischer Belastung, die mit Betonstahl B500 und SAS670 sowie mit 0,5"- und 0,62"-Spannstahlitzen (St1660/1860) durchgeführt wurden, konnte eine Lastwechselzahl von $2 \cdot 10^6$ für eine Oberlast nachgewiesen werden, die 35 % der maximalen statischen Prüflast entsprach. Ein Abfall der statischen Verbundfestigkeit nach einer zyklischen Belastung konnte nicht festgestellt werden.

4. Zusammenfassung

Anhand der durchgeführten Untersuchungen konnten wesentliche Eigenschaften des ultrahochfesten Schleuderbetons sowohl unter Kurzzeit- als auch unter Langzeitbeanspruchung festgestellt werden, die für die Bemessung und konstruktive Durchbildung von Schleuderbetonmasten von Bedeutung sind.

5. Literatur

- /1/ Empelmann, M.; Remitz, J.; Wichert, M.; Kim, S.: Kompakthöchstspannungsmasten und -Traversen (KoHöMaT). Schlussbericht Nr. P02-18 des BMWi-Forschungsvorhabens 03ET7516D, iBMB, TU Braunschweig, 2016.
- /2/ Müller, C.; Empelmann, M.; Lieb, H.; Hude, F.: Ultra-High Performance Spun Concrete Columns with High-Strength Reinforcement. Proceedings of Hipermat 2012, S. 733-740, 2012.
- /3/ DIN EN 1992-1-1 inklusive des nationalen Anhangs für Deutschland, Ausgabe Januar 2012.
- /4/ DAfStb-Heft 561: Sachstandsbericht Ultrahochfester Beton, 2008.
- /5/ fib Model Code 2010, Ausgabe September 2011.