

Dünnwandige Kreisringprofile aus ultra-hochfestem Beton

Thin-walled circular hollow building members made of ultra-high performance concrete

Empelmann, Martin; Müller, Corinna

Abstract

Within the third funding period of the priority program SPP 1182 of the German Research Society (DFG) the load bearing and deformation behavior of circular hollow building members was experimental and theoretical analyzed at the concrete construction department of the iBMB at the Technische Universität of Braunschweig. The experimental tests were carried out under centrally and eccentrically normal force as well as under a combination of axial normal force, shear force and bending moment. Besides the loading the tests specimens were varied in regard to longitudinal and stirrup reinforcement, steel grade and slenderness. Additionally, theoretical investigations were carried out for the interpretation and description of the experimental results.

1 Einführung

Innerhalb der 3. Förderperiode des Schwerpunktprogramms SPP 1182 „Nachhaltiges Bauen mit ultra-hochfestem Beton“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) wurden das Last-Verformungsverhalten dünnwandige Kreisringprofile aus ultra-hochfestem Beton (UHFB) und hochfester Längsbewehrung am Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB), Fachgebiet Massivbau, der TU Braunschweig untersucht.



BILD 1 Mögliche Anwendungsbereiche der dünnwandigen Rohrprofile aus UHFB

Entsprechend der möglichen Anwendungsbereiche dieser Bauteile, wie z. B. Schäfte von On- und Off-Shore Windenergieanlagen, Maste von Hochspannungselektroenergieleitungen oder auch Tiefgründungen (Bild 1), und dem daraus

resultierenden Belastungsspektrum (Bild 2) wurden das Tragverhalten unter zentrischer (V1) und exzentrischer Normalkraftbeanspruchung (E1 und E2) sowie der kombinierten Beanspruchung aus Normalkraft, Biegung und Querkraft (B2 und B3) untersucht.

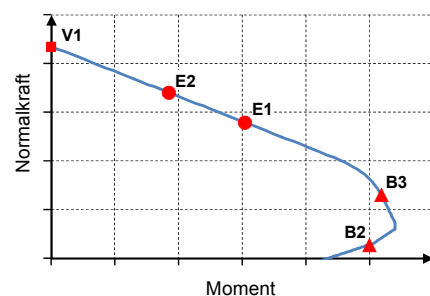


BILD 2 Experimentell untersuchte Belastungsspektren (Momenten-Normalkraft-Interaktionsdiagramm)

2 Experimentelle Untersuchungen

Die Wandstärke der untersuchten Versuchskörper beträgt 5 cm bei einem Außendurchmesser von 30 cm (Bild 3). Innerhalb der experimentellen Untersuchungen wurden der Stahlfasergehalt (0 – 2,5 Vol.-%), der Längsbewehrungsgrad (0,8 – 7,8 %), die Längsbewehrungsgüte (BSt 500S, SAS 670) sowie der Querbewehrungsgrad (0,6 – 2,4 %) variiert.



BILD 3 Bewehrungskörbe und betonierter Versuchskörper

In Bild 4 ist der Versuchsaufbau der zentrischen bzw. exzentrischen normalkraftbeanspruchten Bauteilversuche, in Bild 5 der Versuchsaufbau der Bauteilversuche unter der kombinierten Beanspruchung aus Normalkraft, Biegung und Querkraft dargestellt.



BILD 4 Stützenversuche in 10-MN-Prüfmaschine

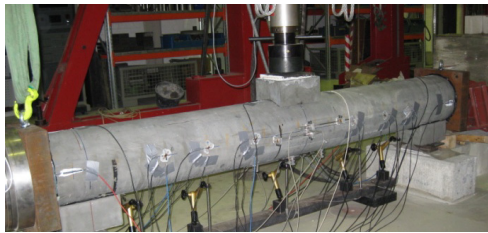


BILD 5 Biegeversuche im Prüfportal

Die experimentellen Last-Verformungskurven der Versuchskörper unter exzentrischer Normalkraftbeanspruchung und der kombinierten Beanspruchung sind in Bild 6 dargestellt.

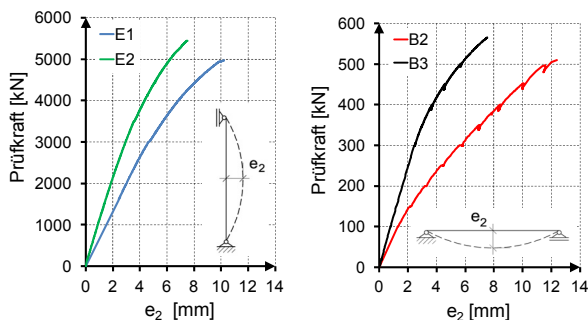


BILD 6 Experimentelle Last-Verformungskurven

Beide Versuchskörper unter exzentrischer Normalkraftbeanspruchung verblieben bis zum Erreichen der Traglast im ungerissenen Zustand. Der Versuchskörper E1 zeigt bis ca. 45 %, der Versuchskörper E2 bis ca. 35 % der Traglast ein lineares Last-Verformungsverhalten, oberhalb dieser Lastniveaus nimmt die Systemverformung nichtlinear zu.

Die Versuchskörper unter der kombinierten Beanspruchung B2 und B3 weisen bis ca. 20 % bzw. ca. 45 % der Traglast ein lineares Verformungsverhalten auf. Dieses Lastniveau entspricht jeweils in etwa dem Lastniveau der Rissbildung. Oberhalb dieses Lastniveaus nimmt die Systemverformung bei B2 in etwa linear mit reduzierter Steifigkeit und bei B3 nichtlinear zu.

3 Theoretische Untersuchungen

Zur Beurteilung der experimentellen Untersuchungen wurde das Last-Verformungsverhalten theoretisch unter Verwendung geeigneter Software-Programme und nichtlinearer Berechnungsmethoden untersucht. Das Materialverhalten des UHFB wurde durch die mathematische Formulierung der Spannungs-Stauchungslinie von Beton für nichtlineare Verfahren unter Variation des Plastizitätsfaktors k (Verhältnis des Tangenten- zum Sekantenmodul) abgebildet /1/ (1).

$$\frac{\sigma_c}{f_{cm}} = \frac{k \cdot \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}} - \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}}\right)^2}{1 + (k - 2) \cdot \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}}} \quad (1)$$

Für beide Versuchskörper kann das Last-Verformungsverhalten bis zum Erreichen der Traglast unter Verwendung der Spannungs-Stauchungslinie für nichtlineare Verfahren nach (1) und Adaption der Materialeigenschaften des UHFB mit $k = 1,3$ gut abgebildet werden (Bild 7).

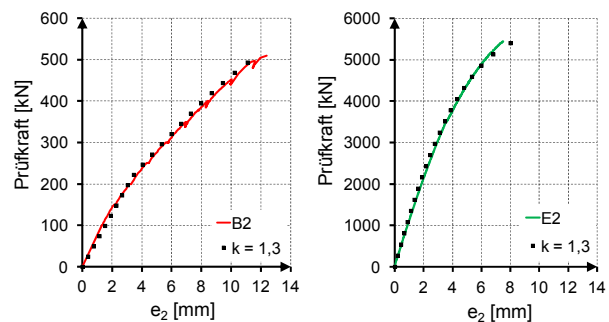


BILD 7 Vergleich der experimentellen und rechnerischen Last-Verformungskurven

4 Zusammenfassung

Innerhalb des SPP 1182 wurde das Last-Verformungsverhalten dünnwandiger Kreisringprofile für weite Bereiche der M-N-Interaktionslinie experimentell und theoretisch untersucht. Durch Einsetzung der Materialeigenschaften des UHFB in die mathematische Formulierung der Spannungs-Stauchungslinie für nichtlineare Verfahren nach /1/ kann das Last-Verformungsverhalten gut abgebildet werden.

5 Literatur

- /1/ DIN EN 1992-1-1: EUROCODE 2: BEMESSUNG UND KONSTRUKTION VON STAHLBETON- UND SPANNBETON-TRAGWERKEN; TEIL 1-1: ALLGEMEINE BEMESSUNGS-REGELN UND REGELN FÜR DEN HOCHBAU, DEUTSCHE FASSUNG EN 1992-1-1:2004 + AC:2010, 2011.