

Versuche zum Trag- und Verformungsverhalten von Druckgliedern aus ultrahochfestem Beton

Load-Bearing Behaviour of UHPFRC-Columns

Empelmann, Martin; Teutsch, Manfred; Steven, Guido

Abstract

Ultra High Performance Concrete (UHPC) shows a very brittle material behaviour, both in compression and in tension. This can result in a sudden, unannounced failure of UHPC columns. Experimental research shows that the load-bearing behaviour of UHPC can be improved considerably by the addition of steel fibres, leading to Ultra High Performance Fibre Reinforced Concrete (UHPFRC), as well as by a longitudinal reinforcement of high-strength rebars and a core confinement by reinforcement stirrups. These UHPFRC-Columns are able to produce a similar robustness and ductility compared to high and normal performance concrete columns

1. Einleitung

Bauwerke werden immer schlanker, filigraner, höher beansprucht und fordern deshalb eine Weiterentwicklung der eingesetzten Baustoffe und Konstruktionen. Die Tragfähigkeit von Stahlbeton-Druckgliedern kann durch die Erhöhung des Stahltraganteiles und/oder durch eine höhere Betondruckfestigkeit gesteigert werden. Aus Kosten- und Herstellungsgründen ist aber eine Erhöhung der Tragfähigkeit durch zusätzliche Längsbewehrung nicht unbedingt zielführend, so dass die Erhöhung der Betondruckfestigkeit geeigneter erscheint.

Mit der Entwicklung ultrahochfester Betone (UHPC: Ultra High Performance Concrete) mit Druckfestigkeiten von bis zu 200 MPa ist ein Potential entstanden, dass eine deutliche Steigerung der Leistung von Stahlbeton-Druckgliedern ermöglicht. Um UHPC-Druckglieder anwenden zu können sind eine Reihe offener Punkte zu klären. UHPC zeigt ein sehr sprödes Materialverhalten und un- bzw. unterbewehrte Stützen aus ultrahochfestem Beton versagen beim Erreichen der Tragfähigkeit ohne Vorankündigung, quasi explosionsartig.

Am Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB), Fachgebiet Massivbau, der TU Braunschweig wurden im Rahmen des Teilprojektes „UHPFRC-Druckglieder“ des Schwerpunktprogramms SPP 1182 „Nachhaltiges Bauen mit UHPC“ der DFG die Grundlagen zur Bemessung von UHPFRC-Druckgliedern erarbeitet.

2. Zentrisch gedrückte Stützenversuche

Die Versuche werden als Basis für die theoretischen und numerischen Untersuchungen verwendet. Zugleich sollte geprüft werden, welche Maßnahmen geeignet sind, die Robustheit im Nachbruchbereich zu erhöhen. Es wurden insgesamt sechs zentrisch gedrückte Stützen mit Abmessungen von 20 x 20 x 60 cm untersucht.

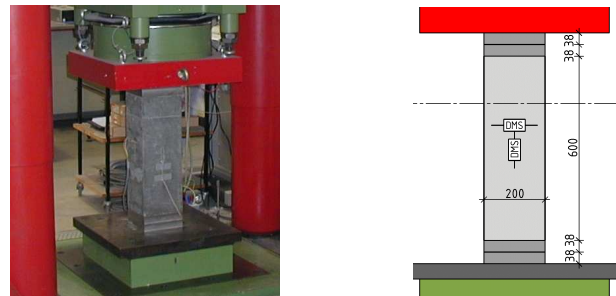


BILD 1 Versuchsaufbau der zentrisch belasteten Stützen

Die Stützen S1 bis S5 wurden aus UHPFRC 145 mit 1,25 Vol.-% Stahlfasern Dramix 80/30 BP und Stütze S6 ohne Fasern hergestellt. Der Längsbewehrungsgrad wurde zwischen 1,54 und 12,32 % und der Querbewehrungsgrad zwischen 1,48 und 3,31 Vol.-% variiert. Für die Längsbewehrung wurde hochfester Stahl S 670/800 (S1, S2, S3, S4) sowie normalfester Betonstahl BSt 500 S (S5 und S6) eingesetzt. Die Bügelbewehrung wurde einheitlich aus BSt 500 S hergestellt. Bild 2 zeigt die im Versuch bestimmten Stützenlasten.

Die weggesteuerten Versuche konnten bei allen Stützen deutlich über die Höchstlast hinaus in den Nachbruchbereich bis zu Stauchungen von $\epsilon = -25\%$ gefahren werden.

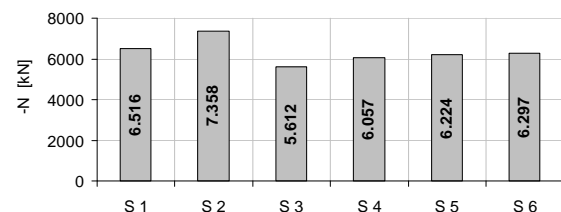


BILD 2 Maximale Stützentraglasten im Versuch

3. Exzentrisch gedrückte Stützenversuche

Das Tragverhalten von UHPFRC-Druckgliedern bei einachsig ausmittigem Längsdruck (M/N) wurde an insgesamt sieben gedrunghenen Stützen (SE1-7) mit Abmessungen von 25 x 25 x 125 cm und bezogenen Ausmitten e_0/h von 0,02; 0,10, 0,20 und 0,30 untersucht. Als Beton wurde ein UHPFRC 150 mit 1,25 Vol.-% Stahlfasern Dramix 80/30 BP eingesetzt, die Längsbewehrung bestand aus 8 \varnothing 22 mm in S 670/800 und für die Haupt- und Zwischenbügel \varnothing 8 / $s_w = 10,5$ cm wurde BSt 500 S verwendet.

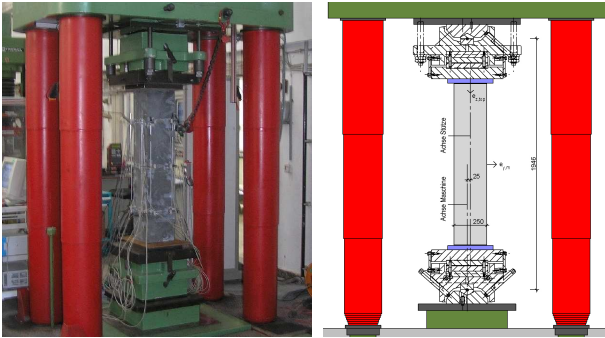


BILD 3 Versuchsaufbau der exzentrisch belasteten Stützen

Bild 4 zeigt den Vergleich der rechnerisch abgeschätzten M-N-Interaktion-Kurve der Stützen SE1-4 mit den im Versuch ermittelten Maximalwerten. Auch hier konnten die Versuche durch die Wegsteuerung über die Höchstlast hinaus in den Nachbruchbereich gefahren werden.

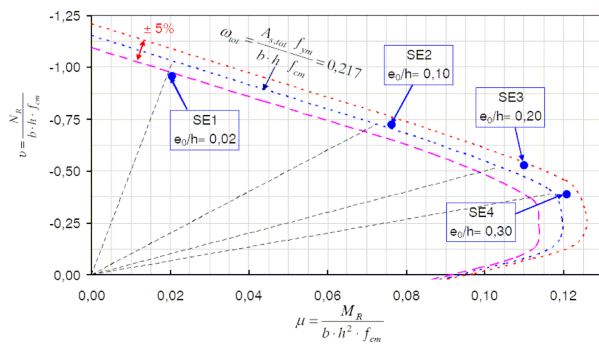


BILD 4 M-N-Interaktion

4. Versuche an schlanken Stützen

Das Tragverhalten von schlanken UHPFRC-Druckgliedern wurde an zwei Stützenversuchen (C1 und C2) mit Abmessungen von 25 x 25 x 433 cm und bezogenen Ausmitten e_0/h von 0,02 und 0,10 untersucht. Die einge-

baute Bewehrung und die verwendeten Baustoffe entsprachen den Stützenversuchen SE1-7.

Bild 5 zeigt links den Versuchsaufbau und rechts die Stütze C1 kurz vor Abbruch des Versuches bei einer horizontalen Auslenkung in Stützenmitte von 110 mm. Die Höchstlast wurde bei $N = -6400$ kN ($e_0/h = 0,02$) bzw. $N = -4450$ kN ($e_0/h = 0,10$) erreicht.

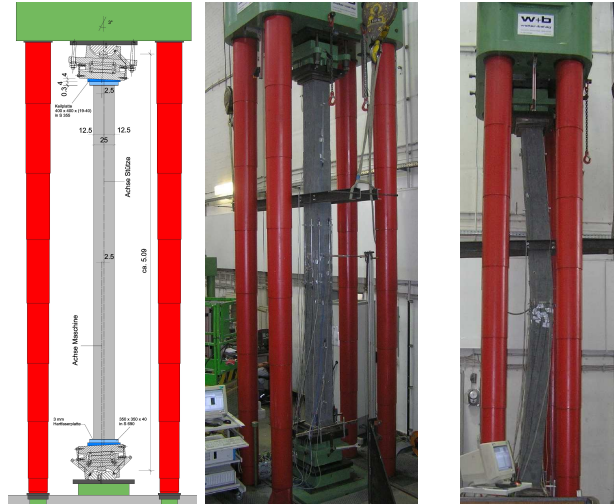


BILD 5 Versuchsaufbau der schlanken Stütze

5. Zusammenfassung

UHPFRC-Druckgliedern können sehr hohe Tragfähigkeiten erreichen, bei gleichzeitig geringen Querschnittsabmessungen. In den Untersuchungen konnte durch die Kombination von Stahlfaserzugabe, Bügelbewehrung und hochfester Längsbewehrung eine mit konventionellen Bauweisen vergleichbare Robustheit der UHPFRC-Druckglieder nachgewiesen werden.

Die Massivbauweise wird mittels UHPFRC-Druckgliedern in Bereiche vordringen, die bis dato dem Stahl- bzw. Stahlverbundbau vorbehalten waren.

6. Literaturverzeichnis

- 1/ Empelmann, M. ; Teutsch, M. ; Steven, G.: Load-bearing behaviour of centrally loaded UHPFRC-columns. In: Proceedings of the 2nd int. UHPC symposium , Kassel, S. 521-528.
- 2/ Empelmann, M. ; Teutsch, M. ; Steven, G.: Expanding the application range of RC-columns by the use of UHPC. Proceedings of the Int. fib Symposium ' ; Amsterdam, S. 461-468