

Gedrungene, dünnwandige Kreisringstützen aus ultrahochfestem Beton

Compact, Thin-walled Reinforced UHPC Columns with Circular Hollow Cross-section

Empelmann, M.; Busse, D.

Abstract

Within the third funding period of the Priority Programme 1182 (SPP 1182) "Sustainable Building with Ultra-High Performance Concrete" of the German Research Foundation (DFG), the load-deformation behaviour of compact, thin-walled reinforced UHPC columns with circular hollow cross-section was investigated under centric normal force at the iBMB, Division of Concrete Construction. On the basis of experimental investigations, it was examined whether the small wall-thickness of the circular hollow cross-section has an impact on the load bearing capacity of the reinforced concrete columns. Furthermore, the influence of the structural design on the load-deformation behaviour of the reinforced UHPC columns with circular hollow cross-section was investigated.

1. Einführung

Innerhalb der dritten Förderperiode des Schwerpunktprogramms 1182 (SPP 1182) „Nachhaltiges Bauen mit ultrahochfestem Beton“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) wurde am iBMB, Fachgebiet Massivbau das Trag- und Verformungsverhalten von gedrungeenen Stahlbetonstützen mit Kreisringquerschnitt aus ultrahochfestem Beton (UHPC) unter zentrischer Normalkraftbeanspruchung analysiert. Zum einen sollte überprüft werden, ob sich eine geringe Wandstärke der Kreisringquerschnitte negativ auf die Tragfähigkeit der Stahlbetonstützen auswirkt und zum anderen sollte der Einfluss der konstruktiven Durchbildung der Stahlbetonstützen auf das Last-Verformungsverhalten untersucht werden /1/.

2. Gedrungene, dünnwandige Kreisringstützen

Für die Stützen wurden folgende Dimensionen gewählt:

- Stützhöhen (L) zwischen 1,20 und 2,40 m
- Stützendurchmesser (D) von 24 bzw. 30 cm
- Wandstärken (d) im Bereich von 5,0 bis 8,0 cm

Um die Betonierbarkeit der dünnwandigen Stützen sicherzustellen, kam die UHPC-Feinkornrezeptur M3Q des SPP 1182 mit geraden Mikrostahtfasern (Weidacon FM

0,19/13 mit $l_f/d_f = 13,0 \text{ mm}/0,19 \text{ mm} \approx 68$) zum Einsatz. Die Betonage der Versuchskörper erfolgte in einer stehenden Kunststoffschalung im Fertigteilwerk der Fa. Rekers in Spelle.

Es wurden fünf Typen von Versuchskörpern betrachtet:

- Typ 1 ist die Basis für die weiteren Typen und kombiniert Längs- und Querbewehrung aus regulärem Betonstahl B500 Ø6 mm mit 2,5 Vol.-% Stahtfasern.
- Typ 2 verwendet Längsbewehrung aus hochfestem Betonstahl S670 Ø18 mm mit Bügelbewehrung aus B500 Ø6 mm und 1,25 Vol.-% Stahtfasern.
- Typ 3 entspricht Typ 2 ohne Fasern.
- Typ 4 entspricht Typ 2, wird aber mit einer inneren und äußeren Bügelbewehrung aus B500 Ø6 mm ausgeführt.
- Typ 5 erhielt gegenüber Typ 2 eine stärkere Bügelbewehrung aus B500 Ø14 mm und 2,5 Vol.-% Stahtfasern.

3. Versuchsprogramm und -ergebnisse

Das Versuchsprogramm umfasste 10 Versuche (Serie V) unter zentrischer Normalkraftbeanspruchung, die in einer 10-MN-Druckprüfmaschine durchgeführt wurden (Bild 1). Die Belastung wurde weggeregelt aufgebracht, um das Last-Verformungsverhalten nach Überschreiten der Bruchstauchung, im Nachbruchbereich erfassen zu können. Als Referenz zu den Serien V1 und V2 (mit 5 bzw. 3 Versuchskörpern) wurde die Serie V3 (mit 2 Versuchskörpern) mit einem Kreisvollquerschnitt hergestellt. Tabelle 1 zeigt einen Auszug des Versuchsprogramms.

Tabelle 1: Konfiguration der Versuchskörper (Auszug)

Serie	D [cm]	d [cm]	L [cm]	Typ
V1	30	5,0	120	1/2/3
V2	30	8,0	120	1/4
V3	30	-/-	120	1/5

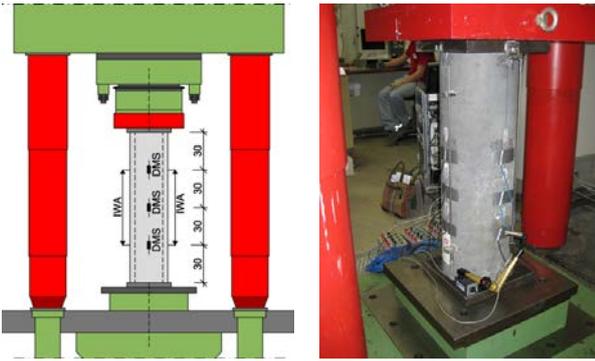


Bild 1: Versuchsaufbau in der 10-MN-Druckprüfmaschine /1/

Die Versuchskörper zeigten i. d. R. ein plötzliches, unangekündigtes Versagen. Weitere Angaben zum Last-Verformungsverhalten der Stützen enthält /1/.

Auf Basis der rechnerischen Beton- und Längsbewehrungstraganteile konnte die rechnerische Traglast $N_{u,cal}$ bestimmt werden:

$$N_{u,cal} = N_{c,u} + N_{y,u} = \sigma_c(\varepsilon_{cu}) \cdot A_{c,netto} + \sigma_y(\varepsilon_{cu}) \cdot A_{s,l}$$

Hierin ist:

- $\sigma_c(\varepsilon_{cu})$ die mittlere experimentelle Druckfestigkeit des UHPC (f_{cm})
- $A_{c,netto}$ die Netto-Betonquerschnittsfläche
- $\sigma_y(\varepsilon_{cu})$ die Druckspannung der Längsbewehrung bei Erreichen der Betonbruchstauchung ε_{cu}
- $A_{s,l}$ der Längsbewehrungsquerschnitt

Insgesamt konnten die Traglasten der gedrungene Stahlbetonstützen mit den Traganteilen des Betons und der Längsbewehrung rechnerisch gut abgeschätzt werden. Es ist zu beachten, dass die Übereinstimmung von experimenteller Traglast $N_{u,exp}$ und rechnerischer Traglast $N_{u,cal}$ mit zunehmendem Längsbewehrungstraganteil $N_{y,u}$ (Bild 2 oben) sowohl für die Versuchskörper mit Kreisringquerschnitt (Serie V1 und V2) als auch mit Kreisvollquerschnitt (Serie V3) zunimmt.

Mit zunehmendem Querbewehrungsgrad ρ_w nimmt das Verhältnis von experimentellen Traglasten zu rechnerischen Zielwerten hingegen ab (Bild 2 Mitte). Eine Ursache hierfür könnte sein, dass die „Störstellen“, die die Querbewehrung im vertikalen Betonspannungsfluss verursacht, sich bei dünnen Wandungen ungünstiger auswirken als bei Vollquerschnitten.

Die Zugabe von Stahlfasern ergab bis zu einem Fasergehalt ρ_f von 1,25 Vol.-% keine Einschränkung der Vorhersagegenauigkeit, wohingegen bei 2,5 Vol.-% eine deutliche Reduktion erkennbar war (Bild 2 unten). Potenziell haben die hohen Fasergehalte bei der verwendeten

Betonmischung in Kombinationen mit den geringen Wandstärken zu einer ungünstigen Verteilung bzw. Ausrichtung der Fasern und ggf. erhöhter Porenbildung geführt.

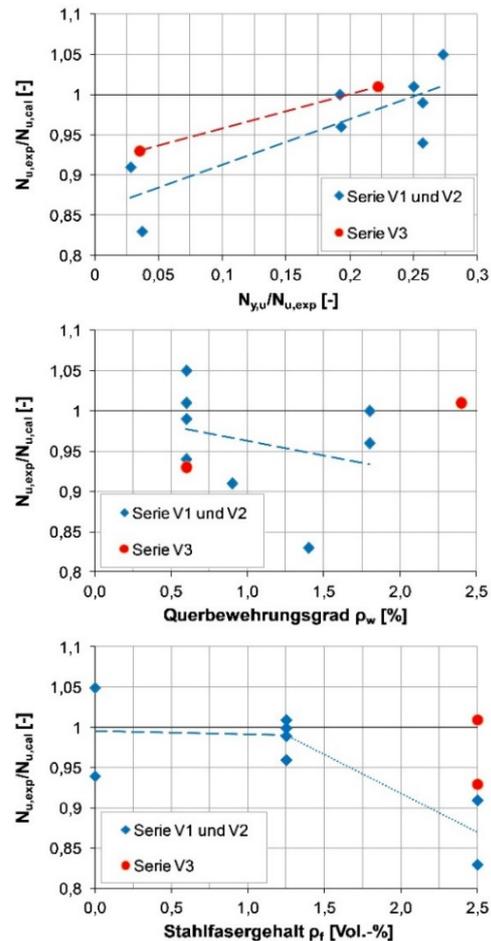


Bild 2: Verhältnis der experimentellen zur rechnerischen Traglast /1/

4. Fazit

Mit den Versuchen an gedrungene, dünnwandigen Stützen aus UHPC konnte gezeigt werden, dass Wandstärken von 5 bis 8 cm grundsätzlich ausführbar sind. Die Traglast der Stützen konnte zudem mit den Traganteilen des Betons und der Längsbewehrung rechnerisch gut abgeschätzt werden. Bei geringen Wandstärken oder Längsbewehrungsgraden sowie hohen Fasergehalten sind jedoch gegebenenfalls Anpassungsfaktoren notwendig.

5. Literatur

- /1/ Empelmann, M.; Müller, C., Busse, D.: Gedrungene Kreisringstützen aus ultrahochfestem Beton. In: Bautechnik 93 (2016), Heft 6, S. 345-355