

Zukunft Bau

KURZBERICHT

Titel

Entwicklung ressourcenschonender, modularer Betonkonstruktionen aus Ultrahochleistungsbeton (UHPC).

Anlass/ Ausgangslage

Aufbauend auf den bisherigen Erkenntnissen und Entwicklungen im Bereich des Ultrahochleistungsbetons (UHPC) sollen ressourcenschonende, modulare und leichte Betonkonstruktionen mit tragenden Bauelementen aus UHPC entwickelt werden. Als Anschlusskonstruktion für die Bauteile, die aufgrund der Anforderungen an die Herstellung von UHPC im Werk gefertigt werden müssen, werden Verbunddübelleisten in Klothoidenform auf Ihre Eignung untersucht.

Gegenstand des Forschungsvorhabens

Mit dem Ziel ein modulares, ressourcenschonendes und leichtes Baukastensystem aus UHPC-Elementen zu entwickeln (vgl. Bild 1), wurden zuerst die bisherigen Erkenntnisse zu den verwendeten Baustoffen (UHPC und Verbunddübelleisten in Klothoidenform) sowie zu den verschiedenen Verbindungstechniken ausgewertet (vgl. Bild 2). Die vielen Vorteile die die Verwendung von UHPC gegenüber Normalbeton birgt, wie z.B. die größere Dauerhaftigkeit, die höhere Druckfestigkeit und damit einhergehende die grundsätzlich schlankere Bauweise, können durch den Einsatz als Werkstoff für modulare Elementen sehr gut in die Praxis umgesetzt werden.

Weiterhin wurden die potenziellen Anwendungsgebiete für modulare Betonkonstruktionen aus UHPC sowie die Vorteile einer Fertigteilbauweise dargelegt.

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurde ein Versuchsprogramm zur Untersuchung der tragenden Bauteile der modularen UHPC-Konstruktionen – Träger und Stützen – sowie die entsprechenden Querschnittsformen entwickelt und durchgeführt. Hierbei wurden je zwölf Versuche mit dünnen UHPC-Verbundträgern in Balken- oder Plattenbalkenform und mit UHPC-Verbundstützen mit einem oktogonalen Querschnitt durchgeführt.

Die Verbundträger, bei denen die Stegdicke nur 4,0 bzw. 6,0 cm betrug, wurden mit einem unterliegenden Stahlflansch ausgeführt, der sowohl als externe Bewehrung als auch als Verbindungselement für die modulare Bauweise dient (vgl. Bild 3 und 4). Die Verbindung zwischen den Bauteilen aus Stahl und UHPC wurde mittels angeschweißter, kontinuierlicher Verbindungsmittel in Klothoidenform sichergestellt. Die Versuche an den UHPC-Verbundträgern zeigten u.a. den Einfluss des Verdübelungsgrades, des Stahlfasergehaltes, des inneren Hebelarms, der Schubschlankheit und der Schubtragfähigkeit auf das Trag- und Verformungsverhalten der untersuchten Träger. Insgesamt zeigte sich eine hohe Tragfähigkeit der Versuchsträger, auch die geplante Tragwirkung des Flansches der Verbunddübelleiste als externe Bewehrung konnte bestätigt werden. Die Versuchsnachrechnung mit Hilfe von FE-Simulationen zeigte zudem eine sehr gute Übereinstimmung, die eine Übertragbarkeit der im Versuch erzielten Ergebnisse auf anderen Querschnittsformen ermöglicht.

Die experimentellen Untersuchungen zu UHPC-Verbundstützen wurden an 3,0 m (bzw. 2,5 m) hohen, exzentrisch belasteten Stützen mit oktagonalem Querschnitt durchgeführt (vgl. Bild 5 und 6). Auch bei diesen Stützen sind die außenliegenden Flansche der Verbunddübelleisten zum einen als Verbundmittel und zum anderen als externe Bewehrung vorgesehen. Die Verbundstützenversuche zeigten den erwarteten Einfluss der Lastexzentrizität, der Belastungsrichtung und Stützenschlankheit auf das Trag- und Verformungsverhalten. Auch konnte die vollständige Aktivierung der außenliegenden Stahlbauteile als externe Bewehrung gezeigt werden. Aufgrund des sehr guten Verbundes zwischen Klothoidenleisten und UHPC kann weiterhin von einem vollständig zusammenwirkenden Querschnitt ausgegangen werden; dementsprechend zeigte die Nachrechnung der Versuche nach Eurocode 4 eine sehr gute Eignung für die Bemessung der untersuchten Verbundstützen. Ebenso lieferte die FE-Simulation der Versuche übereinstimmende Ergebnisse mit den im Versuch ermittelten Werten. Dadurch und anhand der gemessenen Stahlspannungen und Relativverschiebungen konnten die Tragmechanismen und das Verformungsverhalten der UHPC-Verbundstützen nachvollziehbar belegt und beschrieben werden.

In einem nächsten Arbeitsschritt wurde die Anschlussmöglichkeiten der entwickelten Bauteile untereinander bzw. zu bestehenden Verbunddeckensystem überprüft. Es konnte festgestellt werden, dass die existierenden Systeme für einen Einsatz innerhalb der modularen UHPC-Konstruktionen geeignet sind. Durch die außenliegenden Stahlbauteile ist zudem eine einfache Verbindung der Elemente miteinander mit Hilfe von üblichen Konstruktionen aus dem Stahlbau möglich.

Im abschließenden Arbeitsschritt wurden die einzelnen, entwickelten UHPC-Elemente in ein Gesamtsystem für eine modulare Bauweise eingebettet. Dazu wurden mögliche Konstruktionsprinzipien und Anwendungen der entwickelten Bauteile anhand eines beispielhaften Bauwerks aufgezeigt.

Fazit

Ziel des vorliegenden Forschungsvorhabens war es ein modulares System aus UHPC-Elementen zu entwickeln. Anhand der experimentellen und numerischen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass mit den UHPC-Verbundträgern und -stützen sehr tragfähige, schlanke und dennoch duktile Konstruktionselemente zur Verfügung stehen. Zusammen mit den bestehenden Wand- und Deckenelementen stehen somit theoretisch alle Komponenten für eine modulare Bauweise zur Verfügung. Bevor diese jedoch in der Praxis eingesetzt werden können, sind eine Überprüfung der Ergebnisse sowie Testanwendungen notwendig und weiterhin noch bestimmte offene Fragestellungen (z.B. hinsichtlich der Rissbreitenbeschränkung) zu klären.

Eckdaten

Kurztitel: Modulare UHPC Konstruktionen

Forscher / Projektleitung: Lehrstuhl für Massivbau (TUM), Lehrstuhl für Metallbau (TUM),
SSF Ingenieure AG / Projektleitung: Lehrstuhl für Massivbau, Prof. Oliver Fischer

Gesamtkosten: 239.356,00 €

Anteil Bundeszuschuss: 155.196,00 €

Projektlaufzeit: 15.08.2014 bis 01.08.2016

BILDER/ ABBILDUNGEN:

5 - 7 Druckbare Bilddaten als **eigene Datei** (*.tif, *.bmp, ...) mit der Auflösung von mind. 300 dpi in der Abbildungsgröße (z.B. Breite 10 - 20cm). Bilder frei von Rechten Dritter.

Bildnachweis jeweils:

Bild 1: Bestandteile_modulare_BW.jpg

Bildunterschrift: Bestandteile des modularen Leichtbau-System aus UHPC-Elementen (Wände und Balken mittig geschnitten dargestellt)

Bild 2: Verformung_Dübel_real-FE.jpg

Bildunterschrift: Gegenüberstellung der tatsächlichen Verformungen eines Verbunddübels in Klothoidenform mit den in der FE-Simulation berechneten Verformungen

Bild 3: Versuchsaufbau_schematisch_Träger.jpg

Bildunterschrift: Schematische Darstellung der Versuchsaufbau für die Verbundträgerversuche

Bild 4: Versuchsaufbau_real_Träger.jpg

Bildunterschrift: In Versuchsvorrichtung eingebauter Verbundträger aus UHPC

Bild 5: Versuchsaufbau_schematisch_Stütze.jpg

Bildunterschrift: Schematische Darstellung der Versuchsaufbau für die Verbundstützenversuche

Bild 6: Versuchsaufbau_real_Stütze.jpg

Bildunterschrift: In Versuchsvorrichtung eingebaute Verbundstütze aus UHPC