

Zukunft Bau

STRUKTUR / GLIEDERUNG KURZBERICHT

Titel

Entwicklung dünnwandiger, flächenhafter Konstruktionselemente aus UHPC und geeigneter Verbindungstechniken zum Einsatz im Hoch- und Industriebau

Anlass/ Ausgangslage

Die Entwicklung des Ultrahochleistungsbetons (UHPC) birgt in wirtschaftlicher und ökologischer Hinsicht große Potentiale für die Anwendung in schlanken Wandelementen mit Wanddicken von etwa 4 bis 6 cm. Bevor eine Anwendung erfolgen kann, muss jedoch untersucht werden, wie die im Fertigteilwerk hergestellten Wandscheiben mit anderen Bauteilen verbunden werden können und geklärt werden, wie die Stabilität solch filigraner Elemente zu beurteilen ist.

Gegenstand des Forschungsvorhabens

Die Verwendung von UHPC mit Druckfestigkeiten über 150 N/mm² ermöglicht filigranere Querschnittsabmessungen als dies bislang mit Normalbeton möglich war. Solch dünnwandige Konstruktionsbauteile können verwendet werden, um eine deutliche Reduktion der Querschnittsabmessungen und eine erhöhte Dauerhaftigkeit bei gleicher Tragfähigkeit zu erreichen. Im vorliegenden Fall der filigranen UHPC-Wandelemente (vgl. Bild 1) führt dies dazu, dass auch die Bauteilverbindungen zwischen den in der Regel im Fertigteilwerk hergestellten Elementen und anderen Bauteilen (Stützen, Decken, etc.) auf der Baustelle entsprechend filigran ausgeführt werden müssen. Weiterhin ist die Untersuchung des Stabilitätsverhaltens (Plattenbeulen bzw. Knicken) von derartig schlanken Wandelementen ein zentraler Aspekt, um eine sichere und wirtschaftliche Anwendung dieser Fertigteilbauweise in Zukunft zu ermöglichen.

Um filigrane Wandelemente inklusive einer passenden Möglichkeit zur Verbindung mit anderen Bauteilen entwickeln zu können, wurden zunächst unterschiedliche Verbindungstechniken wie z.B. Klebeverbindungen oder mechanische Verbindungen untersucht. Für detailliertere Untersuchungen zur Tragfähigkeit in dünnen UHPC-Elementen wurde die Verbunddübelleiste mit Klothoidenform ausgewählt. Diese wird bereits im Fertigteilwerk in die UHPC-Wandelemente einbetoniert und eine Verbindung zu anderen Bauelementen erfolgt dann mittels Verschweißen, Verschrauben oder mit einem Stecksystem. Frühere Untersuchungen von Verbunddübelleisten in UHPC-Platten („stehende“ Anwendung) zeigten, dass Verbunddübelleisten in Ultrahochleistungsbeton neben hohen Tragfähigkeiten auch ein ausgezeichnetes Verformungsvermögen aufweisen. Untersuchungen zur Tragfähigkeit von Verbunddübelleisten in dünnen UHPC-Wandelementen mit nur wenigen Zentimetern seitlicher Betondeckung („liegende“ Anwendung) wurden bisher jedoch noch nicht durchgeführt (vgl. Bild 2).

Zur Untersuchung des Trag- und Verformungsverhalten von „liegenden“ Verbunddübelleisten mit Klothoidenform in dünnen Betonelementen aus Ultrahochleistungsbeton wurden umfangreiche experi-

mentelle Untersuchungen durchgeführt. Im Rahmen von Push-Out Versuchen (vgl. Bild 3 und 4) wurden Verbunddübeln mit Dicken bis maximal 10 mm in Betonscheiben geprüft, die eine Höchstdicke von 60 mm aufwiesen. Es wurde unter anderem der Einfluss der Betondicke sowie der Stahldicke und -güte auf das Tragverhalten untersucht. Die maximale seitliche Betondeckung betrug bei allen Versuchskörpern weniger als 30 mm.

Die Ergebnisse der Versuche zeigen, dass liegende Verbunddübeln in dünnen Betonelementen aus Hochleistungsbeton Schubtragfähigkeiten von bis zu 1250 kN/m erzielen können, wenn die Stahlgüte- und dicke entsprechend groß gewählt werden. Das Versagen erfolgt in solchen Fällen zumeist recht spröde durch das Aufspalten des Betons. Werden die Stahleigenschaften hingegen angepasst, so lassen sich bei einem duktilen Versagen des Stahls immer noch Schubkräfte bis 800 kN/m übertragen. Die Bemessung kann für diesen Fall, wie für Verbunddübeln in Normalbeton erfolgen. Ein sprödes Versagen des UHPC's infolge Aufspalten sollte hingegen vermieden werden.

Das Stabilitätsverhalten der Wandelemente wurde mit Hilfe von in der Literatur vorhandenen Ergebnissen zum Beulen von dünnen UHPC-Scheiben mit dem Plattenbeulen im Stahlbau verglichen. Daraufhin wurde ein Bemessungsvorschlag auf Basis von DIN EN 1993-1-5:2010 erarbeitet. Die UHPC-Beulversuche wurden anschließend mit Hilfe von materiell und geometrisch nichtlinearen FE-Simulationen nachgerechnet. Zusätzlich erfolgten experimentelle Untersuchungen zur Einspannung von UHPC-Wandscheiben. Hierbei wurden die Scheiben am oberen Rand senkrecht zu ihrer Ebene belastet und die Verbunddübeln fest eingespannt (vgl. Bild 5). Nachdem auch diese Versuche erfolgreich numerisch simuliert werden konnten, wurde mit Hilfe eines entsprechenden FE-Modells der Einfluss von Öffnungen auf das Beultragverhalten von Wandelementen abgeschätzt.

Neben den statisch-konstruktiven Untersuchungen wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens auch die bauphysikalischen und die Anforderungen aus der Gebäudetechnik zusammengestellt, die sich an die Wandelemente bei den angedachten Anwendungen für den Hochbau bzw. das Bauen im Bestand ergeben. Weiterhin wurden Vorschläge für die Detaillausbildung der Wandelemente und Lösungsvorschläge für die Berücksichtigung der bauphysikalischen Aspekte sowie der TGA erarbeitet.

Fazit

Verbunddübeln können in filigranen UHPC-Wandelementen als Verbindungselemente verwendet werden. Die Bemessung der Verbunddübeln kann analog zum Vorgehen in Normalbeton erfolgen, wobei ein Spalten der dünnen Scheiben aus UHPC jedoch zu vermeiden ist.

Die Stabilitätsbemessung der filigranen Wandelemente kann gemäß den Vorgaben der Stahlbaunorm DIN EN 1993-1-5:2010 unter Vernachlässigung der Einspannwirkung des Betons in die Verbunddübeln erfolgen.

Für eine zukünftig optimale Anwendung der filigranen Wandelemente sollten weitere modulare Bauteile aus UHPC entwickelt werden, um mit den vorgestellten Wandelementen eine Art „Baukastensystem“ bilden zu können.

Eckdaten

Kurztitel: Wandelemente aus Hochleistungsbeton

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

Gesamtkosten: 322.800,00 €

Anteil Bundeszuschuss: 232.300,00 €

Projektlaufzeit: bis 28.02.2014

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: Wandelemente.tif

Bildunterschrift: Wandelement aus UHPC mit Verbunddübelleisten als Verbindungselement

Bild 2: Verbunddübelleisten.tif

Bildunterschrift: „Stehende“ Anwendung von Verbunddübelleisten in Platten (links) und „liegend“ in Wandelementen (rechts)

Bild 3: Push-Out-Körper.tif

Bildunterschrift: Vorgefertigtes Stahlelement und halbseitig geschnittener Push-Out-Körper zur Überprüfung des Last-Verformungsverhaltens

Bild 4: Versuchsaufbau.JPG

Bildunterschrift: Versuchsaufbau der Push-Out-Körper mit optischem Messsystem

Bild 5: Einspanngrad-Versuch.tif

Bildunterschrift: Versuchskörper zur Ermittlung der Einspannung (mit geschnittener UHPC-Scheibe dargestellt.)