

# Modulare, dünnwandige Plattenbalken aus UHPFRC mit Non-Standard Fügungen

## Modular, thin walled T-beams from UHPFRC with Non-Standard Joints

Lehmberg, S.; Budelmann, H.

### Abstract

The development of modular, thin walled construction elements made from ultra-high performance fiber reinforced concrete (UHPFRC) can be used for efficient and lightweight constructions. New jointing principles were researched which have been tested on large scale modular T-beams to show the performance of this new construction system.

### 1. Einführung und Motivation

Der Bau von modularen Bauteilen aus ultrahochfestem faserverstärkten Feinkornbeton (UHPFRC) (Tab. 1) mit Non-Standard Fügeprinzipien /1/, /2/, /3/ wird im Schwerpunktprogramm 1542 der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) erforscht. Die bereits entwickelten Fügeprinzipien für Stab- und Plattentragwerke wurden zu einem Plattenbalkentragwerk kombiniert. Die aus zwei Balkensegmenten und sechs Plattenelementen zusammengefügte Plattenbalken können dabei mit einfachen Hilfsmitteln gefügt und vorgespannt werden und ergeben anschließend ein effizientes, leichtes und rückbaubares Tragwerk (Bild 1).

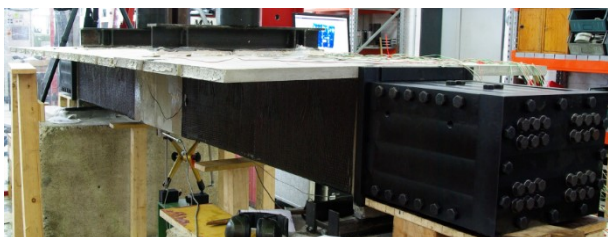


Bild 1: Versuchsaufbau mit 3 m langem verstärkten Plattenbalken (PB2) mit Vorspannlager /3/

### 2. Versuchsdurchführung

Für die Bauteile wurde ausschließlich ein Feinkornbeton (Tab. 1) mit ultrahochfesten Eigenschaften verwendet. Das besondere neben der hohen Zylinderdruckfestigkeit von  $f_{cm} = 138$  MPa ist die hohe Prismenbiegezugfestigkeit von  $f_{ct,fl} = 17$  MPa. Somit können auch Zugkräfte im Beton aktiviert werden. Durch eine nachträgliche Vorspannung wird der Querschnitt planmäßig überdrückt.

Tabelle 1: Ausgangsstoffe UHPFRC ND-FK4-2,5

Ausgangstoff	Masse [kg/m <sup>3</sup> ]
NANODUR® Compound 5941 Grau	1100
Quarzsand	1012
Mikro-Stahldrahtfasern (2,5 Vol.-%; d / l = 0,18 / 11 mm)	192
Fließmittel	21
Schwindreduzierer	7
Wasser	159

Die Schalung der Balken und Platten besteht aus CNC gefrästen obomodulan® Platten und wurde allseitig ausgeführt um eine gute Maßhaltigkeit zu gewährleisten (Bild 2, Bild 3).

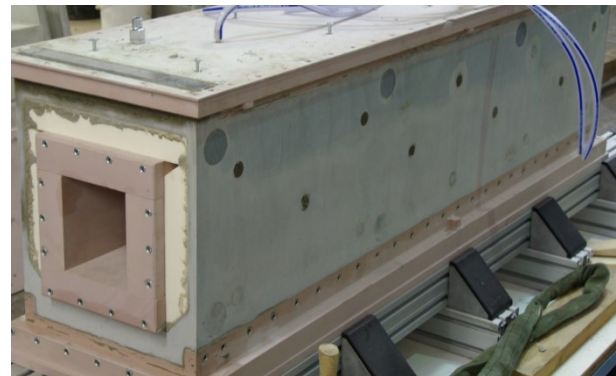


Bild 2: Schalung eines 1,5 m langen Balkensegments

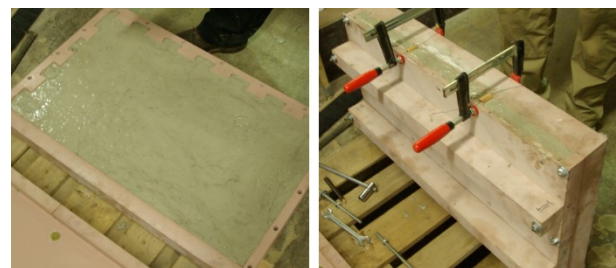


Bild 3: Zweihäuptige Schalung eines Plattenelementes

Die Vorspannung wurde mit einer Carbonstange (Bild 4 links) eingeleitet, die über einen Stahl-Vorspannblock mittels 24 M16 Schrauben (Bild 4 rechts) definiert belas-

tet worden ist. Carbon hat im Gegensatz zu Stahl den Vorteil, dass aufgrund der geringeren Steifigkeit der Vorspannweg größer wird und damit durch die entstehenden Verformungen die Vorspannkraftänderung kleiner ist. Außerdem ist die Kohlefaser gegenüber Korrosionsschäden aus z.B. Feuchtigkeit unempfindlich, die durch die fugenbasierte Bauweise eindringen kann.

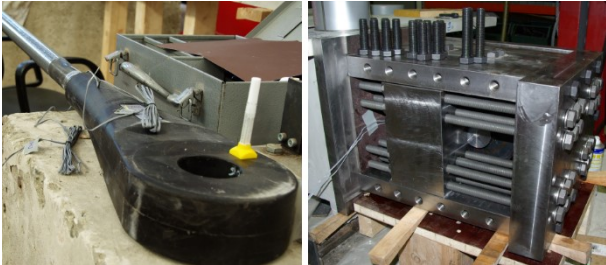


Bild 4: Aufbringen der Vorspannung mittels Carbonstange (links) und Vorspannblock (rechts)

Die maximale Traglast des ersten Plattenbalkens (PB1) mit einer Wandstärke von 15 mm wurde durch ein Querkraftversagen im Steg bestimmt. Daher wurde PB2 mit einem Carbongelege umwickelt um diesen Versagensmechanismus auszuschließen (Bild 5).



Bild 5: Verstärkung des Steges von PB2 nach Querkraftversagen von PB1

### 3. Versuchsauswertung

Der erste Plattenbalken (PB1) erreichte die maximale Tragfähigkeit nach einem Querkraftversagen des Steges. Durch das Verstärken von PB2 (Bild 5) und Erhöhung der Wandstärke von 15 mm auf 25 mm bei PB3 konnte dieses Versagen ausgeschlossen werden. Dies verbesserte gleichzeitig die Steifigkeit und die maximale Tragfähigkeit bei PB3 (Bild 6). Der Vorspanngrad angezeigt in Prozent der Druckfestigkeit pro Querschnittsfläche (Bild 6) wurde aufgrund der größeren Querschnittsfläche bei PB3 ebenfalls reduziert. Beim Balkenversuch ohne Platten konnte, durch eine Vorschädigung des Querschnitts, nicht die volle Vorspannkraft erreicht werden. Trotzdem ist der traglaststeigernde Einfluss der Vergrößerung der Druckzone durch die Plattenbalkentragwirkung zu sehen.

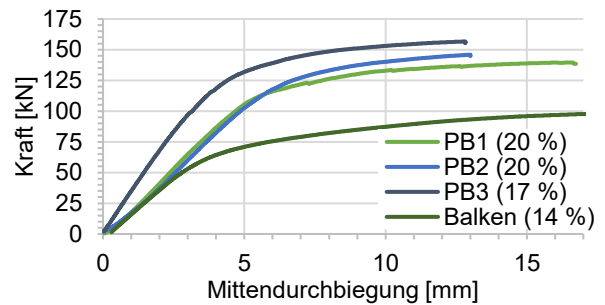


Bild 6: Kraft- Durchbiegungsdiagramm der Plattenbalken (PB) und des Balkens mit Vorspanngrad bezogen auf die Balkenquerschnittsfläche in %

Die maximale Traglast im Vier-Punkt-Biegeversuch wurde außer bei PB1 durch ein Versagen der Zug-Verbinder im Stoßbereich der beiden Balken erzeugt (Bild 7). Hierbei scheren die Flanken des UHPFRC Inlays ab und der Stoß in der Mitte öffnet sich. Die Last kann anschließend nicht weiter gesteigert werden und es kommt zu einer stark zunehmenden Durchbiegung. Dieses duktile Tragverhalten zeigt die hohe Sicherheit der Bauweise.



Bild 7: UHPFRC Inlays vor dem Einschlagen in der Mitte der Zugzone unterhalb des Balkenstoßes (links) und geschädigter UHPFRC-Inlay nach dem Versuch (rechts)

### 4. Literatur

- /1/ Lehmborg, S.; Mainka, J.; Ledderose, L.; Budelmann, H.; Kloft, H.: Neuartige Verbindungen für geometrisch komplexe Flächen- und Stabwerkelemente aus UHPFRC. In: Scheerer, S.; Curbach, M. (Hrsg.): Leicht Bauen mit Beton, Forschung im Schwerpunktprogramm 1542 Förderphase 1, TU Dresden, 2014, 122–139 <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-171338>
- /2/ Mainka, J.; Lehmborg, S.; Budelmann, H.; Kloft, H.: Non-Standard Fügeprinzipien für leichte Bauteile aus UHPFRC. Beton- und Stahlbetonbau 108 (2013), Heft 11, S. 763-773.
- /3/ Lehmborg, S.; Ledderose, L.; Wirth, F.; Budelmann, H.; Kloft, H.: Von der Bauteilfügung zu leichten Tragwerken: Trocken gefügte Flächenelemente aus UHPFRC. Beton- und Stahlbetonbau 111 (2016), Heft 12.