

# Feinprofilierete UHPFRC-Trockenfugen für Segmentbauteile

## Finely profiled UHPFRC dry joints for segmental components

Oettel, V.; Empelmann, M.

### Abstract

The prefabricated segmental construction method has several advantages compared to the in-situ concrete construction. The segments can be fabricated under controlled conditions at the precasting yard and are not subject to weather conditions. Furthermore, the construction period as well as the costs of scaffold and on site can be reduced. Combining this advantageous construction method with the excellent properties of ultra-high performance fiber reinforced concrete (UHPFRC), filigree and modular segmental constructions can be produced. The formation of the joints is fundamental for such constructions. Experimental and theoretical research works on finely profiled UHPFRC dry joints have been conducted and a design model has been formulated at the iBMB, Division of Concrete Construction.

### 1. Einleitung

Bei der Segmentbauweise werden werksmäßig vorgefertigte Einzelbauteile (Segmente) mittels Spanngliedern zu Gesamtträgern zusammengespannt. Durch die industrielle Vorfertigung der Segmente in einem Fertigteilwerk können Tragwerke mit einer hohen Ausführungsqualität hergestellt und eine erhebliche Verkürzung der Bauzeit realisiert werden. Ultrahochfeste Faserbetone (UHPFRC) mit Druckfestigkeiten bis 200 N/mm<sup>2</sup> sind für die Segmentbauweise besonders prädestiniert, weil sehr schlanke Konstruktionen mit geringer Eigenlast hergestellt werden können. Um eine optimale Passgenauigkeit der Segmente zu gewährleisten, werden diese im Kontaktverfahren („Match-Cast-Verfahren“) hergestellt. Die unbewehrten Segmentfugen werden heutzutage in der Regel als feinprofilierete Trockenfugen ausgeführt, sodass weitere Arbeitsschritte auf der Baustelle (wie z. B. die temperatur- und witterungsabhängige Verarbeitung eines Fugenklebers) entfallen können /1/.

Für die Segmentbauweise ist das Tragvermögen der Fugen von entscheidender Bedeutung, da diese eine sichere Übertragung der schiefen Druckstrebenkräfte aus Querkraft und Torsion gewährleisten müssen. In einem von der DFG geförderten Forschungsvorhaben im Zuge des Schwerpunktprogramms (SPP) 1182 wurden am

iBMB, Fachgebiet Massivbau segmentäre Balken aus UHPFRC mit feinprofilierter Trockenfuge untersucht /2/. Hierbei wurden vorab Detailuntersuchungen an Segmentfugen durchgeführt, um Erkenntnisse über das Tragverhalten von feinprofilierten, unbewehrten Trockenfugen aus UHPFRC zu gewinnen /3/.

### 2. Experimentelle Untersuchungen

Die Untersuchungen erfolgten an zweiteiligen prismatischen Versuchskörpern mit geneigter Fuge (Schub-Druck-Versuch) und senkrechter Fuge (Druck-Versuch) (Bild 1). Bei mittlerer Druckbeanspruchung wird in der Fuge eine Normalspannung  $\sigma_n$  und bei geneigter Fuge zusätzlich eine Schubspannung  $\tau$ , die proportional zur Normalspannung  $\sigma_n$  ist, erzeugt. Über die Variation der Fugeneigung  $\alpha$  (0°, 20°, 30°, 50° 55°, 60°) konnten in den Schub-Druck-Versuchen verschiedene Beanspruchungszustände aus einem veränderlichen Druckstrebenwinkel  $\theta$  erfasst werden. Die Abmessungen der Versuchskörper wurden zu  $b/t/h = 15/15/60$  cm gewählt. Die Fuge wurde mit einer trapezförmigen Feinprofilierung ausgeführt. Die Versuchskörper wurden mit dem „Match-Cast-Verfahren“ aus der UHPFRC-Feinkornmischung M3Q des SPP 1182 mit einem Stahlfasergehalt von 2,50 Vol.-% hergestellt.

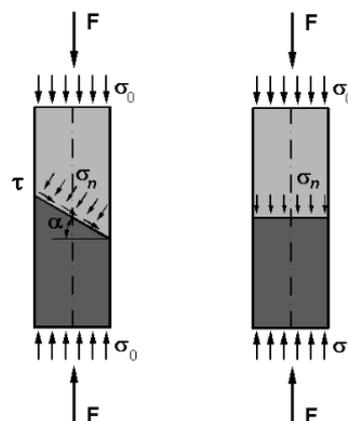


Bild 1: Schematischer Schub-Druck-Versuch (links) und Druck-Versuch (rechts)

Vor der Durchführung der Versuche wurden die beiden Teile eines Versuchskörpers (Unter- und Oberteil) zunächst ohne größere Kraftanstrengung voneinander getrennt, anschließend wieder trocken zusammengesteckt und zentrisch in eine Druckprüfmaschine eingebaut. Um zu vermeiden, dass die zwischen Versuchskörper und Druckplatte der Prüfmaschine auftretende Reibung ein Gleiten der Fuge behindert, wurde zwischen Versuchskörperunterseite und Druckplatte ein PTFE-Gleitlager mit sehr geringem Reibwiderstand angeordnet.

### 3. Versuchsergebnisse

Die profilierten Versuchskörper versagten entweder durch einen Druck- oder einen Gleitbruch (Bild 2). Beim Druckbruch versagten die Versuchskörper so, als wäre keine Fuge vorhanden, und die Betondruckfestigkeit konnte ausgenutzt werden. Im Gegensatz zum Druckbruch blieb beim Gleitbruch das Betonprisma intakt und die Schubnocken der Feinprofilierung scherten ab. In diesem Fall konnte die Betondruckfestigkeit nicht ausgenutzt werden. Diese Versagensart war charakteristisch für Versuchskörper mit einer Fugeneigung von  $\geq 50^\circ$ .



Bild 2: Druckbruch (links) und Gleitbruch (rechts)

### 4. Versuchsauswertung

Die beobachteten Versagensarten Druck- und Gleitbruch können über den Mohr'schen Spannungskreis in Verbindung mit dem Coulomb'schen Bruchkriterium beschrieben werden (Bild 3). Dabei liegen die Versuchsergebnisse bzw. die auf die Betondruckfestigkeit bezogene Normalspannung  $\sigma_{n,bez}$  und bezogene Schubspannung  $\tau_{bez}$  der durch Druckbruch versagten Versuchskörper auf dem Mohr'schen Spannungskreis. Die bezogenen Spannungen der durch Gleitbruch versagten Versuchskörper liegen dagegen unterhalb des Mohr'schen Spannungskreises. Die Trendlinie durch die Versuchsergebnisse mit

einem Gleitbruch stellt die Coulomb'sche Bruchgerade dar und liefert folgende Bruchgeradengleichung:

$$\tau_{bez} = 0,65 \cdot \sigma_{n,bez} + 0,15 \quad (1)$$

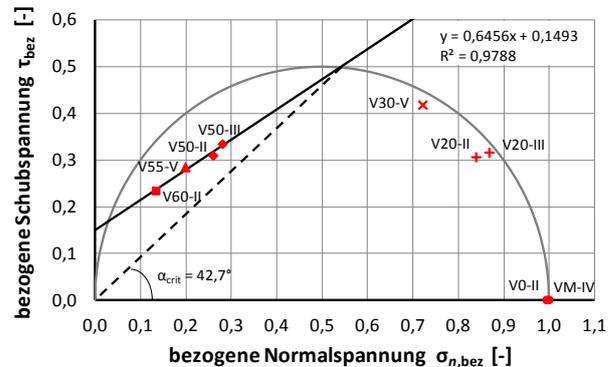


Bild 3: Auswertung der Versuchsergebnisse als Schub-Druck-Diagramm

### 5. Berechnungsvorschlag

Auf Grundlage der Versuchsergebnisse und -auswertung sowie aufbauend auf einen Bemessungsvorschlag in /4/ für feinprofilierter Trockenfugen aus normalfestem Beton wurde in /3/ ein eigener Ansatz zur Berechnung der aufnehmbaren Schubspannung von UHPFRC-Trockenfugen hergeleitet:

$$v_{Ri} = 0,65 \cdot \sigma_n + 0,19 \cdot f_c \cdot A_{Nocke} / A_{Fuge} \quad (2)$$

Hiermit ist es möglich, die Tragfähigkeit von feinprofilierter UHPFRC-Trockenfugen zu ermitteln.

### 6. Literatur

- /1/ Rombach, G. A.; Specker, A.: Segmentbrücken. Betonkalender 2004 Teil 1, Berlin: Ernst & Sohn, 2004, S. 177–211.
- /2/ Empelmann, M.; Oettel, V.: Monolithische Balken und vorgespannte Segmentbauteile aus UHPC unter Torsions- und kombinierter Biege-, Querkraft- und Torsionsbeanspruchung. Abschlussbericht DFG EM 203/1-1. iBMB, TU Braunschweig, 2012.
- /3/ Oettel, V.; Empelmann, M: Feinprofilierter UHPFRC-Trockenfugen für Segmentbauteile. Beton- und Stahlbetonbau 108 (2013), Heft 7, S. 487-495.
- /4/ Specker, A.: Der Einfluss der Fuge auf die Querkraft und Torsionstragfähigkeit extern vorgespannter Segmentbrücken. Dissertation TU Hamburg-Harburg, 2001.