

Herstellung dünnwandiger Betonhohlbauteile aus hochfestem Beton

Construction of Thin-walled Concrete Members with HPC

Empelmann, Martin; Sawicki, Patricia

Abstract

Within the approach of "Concrete light", bamboo provides an excellent archetype for ultra-lightweight concrete members. In accordance with the principle "Form follows force", the material is only placed, where it is needed for load transmission. In this research project ultra-lightweight concrete members with a wall thickness of 2 cm are developed, inspired by the optimized structure of bamboo culms.

1 Einführung

In der gesamten Baubranche hat in den letzten Jahren ein Umdenken hin zu nachhaltigem und ressourcenschonendem Konstruieren stattgefunden. Auch im Betonbau ist diese Entwicklung zu spüren und der Trend geht zu immer schlankeren und leichteren Konstruktionen.

In Bezug auf stabförmige Bauteile lässt sich Gewicht einsparen, indem statt massiver Querschnitte dünnwandige Rohre ausgebildet werden. Doch Einsparungen im Material müssen durch geschicktes Konstruieren ausgeglichen werden. Bei sehr schlanken Schalensystemen wird anstelle der Querschnittstragfähigkeit die Knick- und Beulfestigkeit maßgebend. Die Natur reagiert auf dieses Problem, in dem sie z. B. das hohle Rohr der Bambuspflanze in Längsrichtung mit Verstärkungsknoten aussteift /1/. Dieses Prinzip kann als Vorbild für effizientes Konstruieren auf Betonstützen übertragen werden.

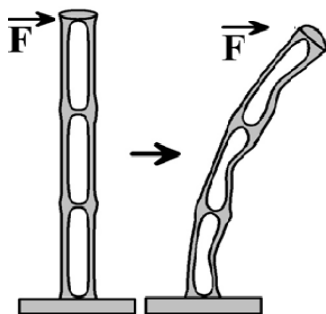


BILD 1 Biegetragverhalten eines Bambusrohrs (vgl. /2/)

Innerhalb des DFG-geförderten Schwerpunktprogramms "Leicht Bauen mit Beton" (SPP 1542) ist das Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB), Fachgebiet Massivbau, der TU Braunschweig mit dem Teilprojekt "Ultra-leichte, dünnwandige stabförmige Betonhohlbauteile" beteiligt, in dem das Trag- und Bruchverhalten von bewehrten Betonrohren mit Wandstärken von ca. 2 cm optimiert wird.

2 Schalungskonzept

Bei der Herstellung der dünnwandigen Betonhohlbauteile wird das bionische Prinzip, das bei Druckbeanspruchung Maßnahmen gegen Instabilität durch Profilierung, Segmentierung oder stützende Anbindungen vorsieht, bei der konstruktiven Durchbildung beachtet.

Neben der konventionellen Außenschalung wird zur Gestaltung der Hohlräume des Betonrohrs ein Kern aus sehr leichtem PU-Schaum eingebaut, der als verlorene Schalung im Bauteil verbleibt. Die Profilierung von Querschotten in Analogie zu den Bambusknoten wird durch das Stapeln von zugeschnittenen Schaumstoffplatten erreicht, die zur Lagesicherung bis zur Betonage auf eine Gewindestange gefädelt und mit Muttern gegeneinander verspannt werden.

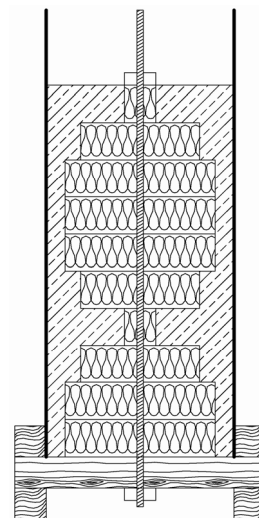


BILD 2 Schalung der Betonstützen

3 Bewehrungskonzepte

Der Schwerpunkt dieses Forschungsvorhabens liegt vor allem auf der Entwicklung geeigneter Bewehrungskonzepte für dünnwandige Stabbauteile, um eine annähernd gleiche Tragfähigkeit unter Zug- und Druckbeanspruchung zu bewirken. Bei angestrebten Wandstärken von ca. 2 cm werden zur Aufnahme der Zugkräfte drei unterschiedliche, innovative Bewehrungsmöglichkeiten betrachtet.

Variante A beinhaltet den Einsatz einer Mikrobewehrung, die flächig in der Betonwandung liegt. Die Lagen werden ohne Abstandshalter direkt übereinander verlegt.

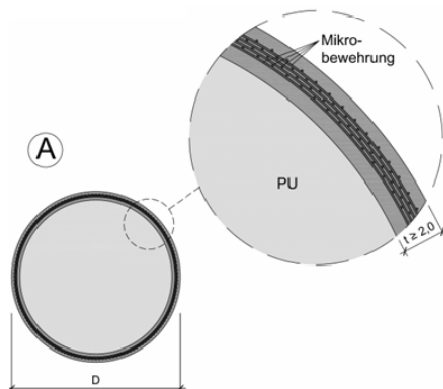


BILD 3 Variante A: Mikrobewehrung

Variante B lehnt sich an die konventionelle Bewehrungspraxis an. Hier sollen hochfeste Bewehrungsstäbe, z. B. S670/800, eingesetzt werden. Um die erforderliche Betondeckung für die Verbundsicherung zu gewährleisten, werden die Stähle in Rippen eingebettet. Dabei wird der innere PU-Kern an den betreffenden Stellen ausgefräst. Die Längsrippen dienen dann gleichzeitig als Stabilisierungselement für die dünne Schale.

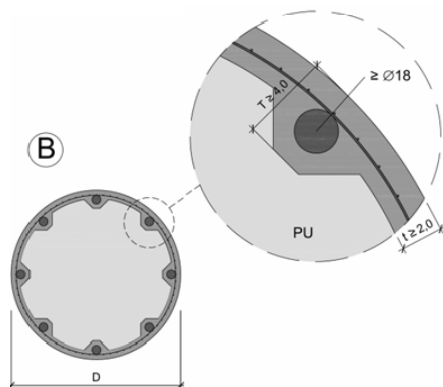


BILD 4 Variante B: Hochfeste Längsbewehrung

Variante C beinhaltet ein längsgeschweißtes Lochblech, das in der Mitte der Rohrwandung eingebaut wird. Durch

die Verwendung von Stahlfasern wird zudem eine enge Verzahnung des Betons mit dem Blech angestrebt.

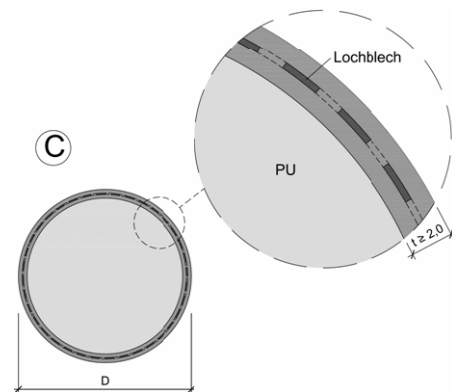


BILD 5 Variante C: Lochblech

4 Betonrezeptur

Neben der Entwicklung von geeigneten Schalungs- und Bewehrungskonzepten wird der Einsatz von Hochleistungsbeton erforderlich. Der reduzierte Querschnitt muss in Konkurrenz zu üblichen Hochbaustützen eine höhere Festigkeit aufweisen, um vergleichbare Tragfähigkeiten in Bezug auf zentrische Druckbelastung zu erreichen. Angestrebt wird hierbei eine Zylinderdruckfestigkeit von mindestens $f_{ck} \geq 60 \text{ N/mm}^2$.

Um die feingliedrige Formgebung der Stützen ohne Luft einschlüsse in ansprechender Betonqualität zu realisieren, spielt außerdem die Verarbeitbarkeit und Konsistenz des Frischbetons eine große Rolle. Der dünne Querschnitt erfordert einen feinkörnigen Beton bzw. Mörtel, der möglichst selbstverdichtend und selbstentlüftend ist und eine geringe Entmischungsneigung zeigt.

Um über den Verlauf des Projekts eine gleichmäßige Ausführungsqualität gewährleisten zu können, wird eine kommerzielle Bindemittelvormischung verwendet, die mit Zugabe von Gesteinskörnung, Wasser und Zusatzmitteln im institutseigenen Betonmischer zubereitet werden kann und die vorgenannten Anforderungen erfüllt.

5 Literatur

- /1/ EMPELMANN, M.; SAWICKI, P.: BAMBUS ALS VORBILD FÜR ULTRALEICHTE, DÜNNWANDIGE STAB-FÖRMIGE BETONHOHLBAUTEILE, KURZBERICHTE DER FORSCHUNG 2012, INSTITUT FÜR BAUSTOFFE, MASSIVBAU UND BRANDSCHUTZ, TU BRAUNSCHWEIG, 2012
- /2/ KLEIN, B.: LEICHTBAU-KONSTRUKTIONEN – BERECHNUNGSGRUNDLAGEN UND GESTALTUNG, 2009