

Stahlfaserverstärkte Spannbetonträger

Steel fibre reinforced prestressed girders

Empelmann, Martin; Teutsch, Manfred; Schmidt, Hauke

Abstract

In recent years some very interesting developments have taken place with regard to the use of new and innovative materials for prefabricated building members. With regard to the use of steel fibre reinforced concrete (SFRC) an innovative construction method for prefabricated prestressed concrete girders was developed using SFRC in prestressed girders without any additional reinforcement.

1. Einführung

Industriehallen für Produktion und Lagerung sowie Logistikzentren für die Verteilung von Gütern und Waren sind elementare Bauwerke für moderne Wirtschaftsprozesse. Sowohl aus Gründen der Wirtschaftlichkeit als auch der Dauerhaftigkeit erfolgt deren Herstellung heutzutage vorwiegend in der Beton-Fertigteilmbauweise (Bild 1).



BILD 1 Logistikzentrum in Betonfertigteilmbauweise

Am Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB), Fachgebiet Massivbau, der TU Braunschweig wurden in Zusammenarbeit mit der Fa. Rekers, Spelle, Spannbetonträger aus Stahlfaserbeton entwickelt, welche gleiche oder bessere Trag- und Gebrauchseigenschaften als konventionelle Spannbetonträger aufweisen, aber nennenswerte wirtschaftliche Vorteile haben.

2. Stahlfaserverstärkte Spannbetonbinder

Bei der Produktion von balkenförmigen Betonbauteilen erfordert der Einbau der Betonstahlbewehrung einen erheblichen Anteil am Arbeits- und Kostenaufwand. Dieses bezieht sich sowohl auf die Längs- als auch auf die Bügelbewehrung, die bei derartigen Spannbetonträgern in der Regel aufgrund der Nachweise für die Mindest- und Robustheitsbewehrung erforderlich werden.

Ziel der angestrebten Entwicklung von neuartigen Spannbetonbalken war deshalb primär die Einsparung bzw. der Ersatz der kostenintensiven Bewehrungsarbeiten für den konventionellen Betonstahl. Diese Vorgabe wurde durch die Kombination von zwei Konstruktionsprinzipien (Bild 2) erreicht:

1. Durch die Vorspannung werden Längsdruckkräfte in das Bauteil eingetragen, welche die Zugspannungen aus den äußeren Einwirkungen überdrücken und somit eine Längsbewehrung aus Betonstahl für die Biegetragfähigkeit im Allgemeinen entbehrlich machen. Des Weiteren resultiert aus der Vorspannung eine große Druckzonenhöhe und eine Streben- bzw. Sprengwerkswirkung, die die Querkrafttragfähigkeit positiv beeinflusst.
2. Durch die Zugabe von geeigneten Stahlfasern kann die Schubtragfähigkeit von balkenförmigen Bauteilen vergrößert werden. Zudem lässt sich damit die Duktilität gegenüber unbewehrten Bauteilen erheblich verbessern. Ferner zeichnet sich Stahlfaserbeton durch eine feine Rissverteilung und sehr geringe Rissbreiten aus, so dass derartige Balken eine hohe Dauerhaftigkeit aufweisen.

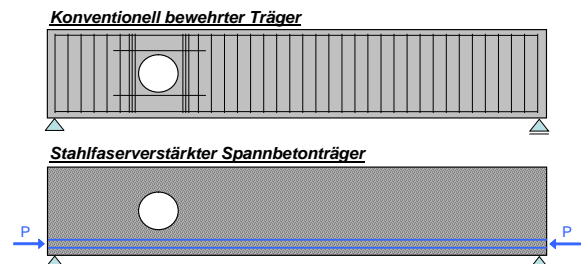


BILD 2 Vergleich konventionelle und neue Bauart

Gerade beim Bau von Industriehallen und Logistikzentren ist es im Zuge der technischen Gebäudeausrüstung unumgänglich, Leitungen und Rohre durch Trägeraussparungen zu führen. Bei der Entwicklung der Träger wurde deshalb besonderes Augenmerk auf eine möglichst flexible Anordnung von Aussparungen gelegt. So ist die Ausführung von Aussparungen bis zu einer maximalen Größe von 40 % der Bauteilhöhe zumeist problemlos möglich. Um aber auch außergewöhnliche Aussparungssituationen realisieren zu können, wurden zusätzlich spezielle Schubzulagen aus Betonstahl entwickelt.

3. Versuchsprogramm

Zur Untersuchung des Trag- und Gebrauchsverhaltens der vorgespannten Stahlfaserbinder wurden insgesamt 11 Bauteilversuche durchgeführt. Um eine möglichst breite Datenbasis zu erlangen, wurden die Versuchskörper so konzipiert, dass die Eckpunkte des vorgesehenen Anwendungsspektrums abgeprüft wurden. Variiert wurden die Bauteillänge und -höhe, die geometrische Anordnung und Größe von Aussparungen, der Vorspanngrad, die Querschnittsform (Rechteck-, T-, I-Querschnitt) sowie die Verwendung der speziellen Schubzulagen.

Die Versuchsbalken verhielten sich in den Versuchen hinsichtlich der Gebrauchstauglichkeit sehr gut und wiesen im Bereich der Tragfähigkeit ein duktiles Verhalten auf.

Die Bilder 3 und 4 zeigen beispielhaft den Versuchsaufbau für den kleinsten und den größten Versuchskörper.

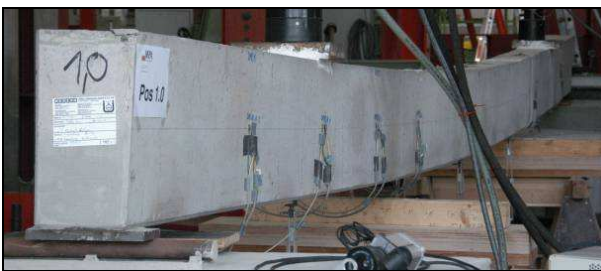


BILD 3 Bauteilversuch, Versuchshalle iBMB



BILD 4 Bauteilversuch, Werksgelände Fa. Rekers

4. Numerische Untersuchungen

Zusätzlich zu den Versuchen wurden am iBMB umfangreiche, numerische Untersuchungen durchgeführt, deren Ziel zusätzliche Erkenntnisse über das Schubtragverhalten der Binder und den Einfluss der Aussparungen auf die Schubtragfähigkeit waren. Insgesamt wurden mehr als 100 Berechnungen mit den unterschiedlichsten Aussparungskonfigurationen hinsichtlich Größe, Lage und Abstand durchgeführt, wobei auch die Wirkung von speziellen Schubzulagen untersucht wurde. Bild 5 zeigt exemplarisch eine Berechnung zur Untersuchung einer Aussparungskonfiguration mit und ohne Schubzulagenbewehrung.

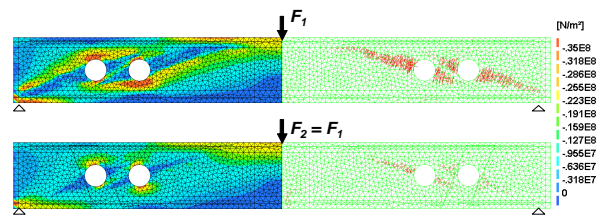


BILD 5 Berechnung mit der Finite-Elemente-Methode

5. Zusammenfassung und Ausblick

Die Fa. Rekers, Spelle, hat in Zusammenarbeit mit dem iBMB der TU Braunschweig innovative Spannbetonbalken aus Stahlfaserbeton entwickelt. Die Gebrauchs- und Tragfähigkeit der Träger konnte durch experimentelle Großversuche und numerische Berechnungen belegt werden. Die Träger erlauben eine flexible Anordnung von Aussparungen und zeichnen sich durch hervorragende Gebrauchs- und Verformungseigenschaften aus. Der Versagensmechanismus im Traglastbereich erfolgt sowohl für Biege- als auch für Schubbeanspruchung duktil mit deutlicher Vorankündigung durch breite Risse.

Derartige Träger lassen sich auch sehr vorteilhaft mit Hochleistungsbeton und Ultrahochleistungsbeton herstellen. Hierbei können die Tragwerksabmessungen im Hinblick auf die Biege- und Schubtragfähigkeit zum Teil deutlich reduziert werden. So ergeben sich gewichtsreduzierte Träger, die darüber hinaus aufgrund des dichten Betongefüges eine ausgezeichnete Dauerhaftigkeit aufweisen.

6. Literatur

- /1/ Empelmann, M.; Teutsch, M.; Schmidt, H.: Gutachtliche Stellungnahme P 07.132. iBMB Braunschweig 2008.