

Zukunft Bau

KURZBERICHT

Titel

Langfassung Titel: „Innovativer Hochleistungsfaserbeton zur deutlichen Steigerung der Durchstantragfähigkeit von Flachdecken“

Anlass/ Ausgangslage

kurze Beschreibung des Problems und des Lösungsansatzes

Im Bereich des Decken-Stützen-Knotens von Flachdecken sind i. d. R. hohe Biegemomente in Kombination mit beachtlichen Auflagerkräften zu übertragen. Zur Verstärkung dieses Knotenpunkts haben sich verschiedene Durchstanzbewehrungsformen auf dem Markt etabliert, die jedoch zahlreiche systembedingte Nachteile aufweisen. Dieses Vorhaben untersucht die Eignung moderner Hochleistungsstahlfaserbetone als Alternative zu konventioneller Durchstanzbewehrung.

Gegenstand des Forschungsvorhabens

Beschreibung der Arbeitsschritte und des Lösungswegs

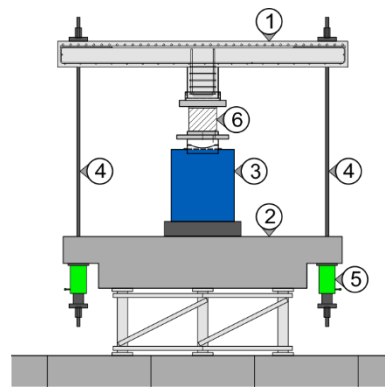
Zu Beginn des Forschungsvorhabens wurden in der nationalen und internationalen Literatur dokumentierte Versuchsserien mit insgesamt 284 Einzelversuchen gesichtet. Die Recherche verdeutlichte, dass überwiegend Plattendicken unter 150 mm und entsprechend kleine Stützenabmessungen geprüft wurden. Die Auswertung einer Gebäudedatenbank [1] zeigte, dass in der Baupraxis vor allem Deckenstärken oberhalb von 200 mm bis 250 mm zur Anwendung kommen, die durch die Datenbasis nicht abgedeckt werden. Aufgrund des bei geringen Plattenstärken zu erwartenden negativen Einfluss der Schalkanten (flächige Deckenschalung) auf die Faserorientierung und -verteilung [2] sowie Weiterentwicklungen im Bereich der Leistungsfähigkeit von Stahldrahtfasern zeigte sich der Bedarf an einer Überprüfung der vorliegenden Erkenntnisse und Bemessungsansätze für praxisrelevante Plattenstärken.



Bild 1: Bewehrungsführung mit Schalung (links) und verwendete Stahldrahtfasern (rechts)

Das Versuchskonzept umfasste insgesamt 10 Durchstanzversuche an stahlfaserverstärkte Flachdeckenausschnitten mit Plattenstärken von 250 mm und 300 mm. Die im Grundriss oktogonalen Versuchskörper wiesen einen Abspannradius von 2,40 m auf und wurden zur Vermeidung eines frühzeitigen Biegeversagens mit einer konventionellen Bewehrung in drei unterschiedlichen Biegebewehrungsgraden von 0,75 %, 1,23 % und 1,75 % ausgeführt (Bild 1, links). Die mittlere Betondruckfestigkeit lag in einem für Hochbauten üblichen Bereich von 40 N/mm² bis 50 N/mm². Die verwendeten Stahldrahtfasern Dramix 4D und Dramix 5D wurden von der Firma Bekaert GmbH zur Verfügung gestellt und mit 0,5 Vol.-% und 1,0 Vol.-% dem Beton beigemischt. Bei beiden Fasertypen handelt es sich um endverankerte Stahldrahtfasern mit einem Faserdurchmesser d_f von 0,9 mm und einer Länge l_f von 60 mm. Während die Faser Dramix 4D eine typische normalfeste Stahldrahtfaser darstellt, liegt mit der Faser Dramix 5D eine hochfeste Faser mit optimierter Endhakenausbildung vor (Bild 1, rechts).

Die Versuchsdurchführung erfolgte mittels einer vorhandenen und in Bild 2 dargestellten Versuchseinrichtung.



1. Versuchskörper: oktagonale Platte mit Stützenabschnitt
2. Widerlagerplatte
3. zentraler Hydraulikzylinder
4. Abspannung aus Gewindestangen
5. Hohlkolbenzylinder in Ringleitung
6. Kraftmessdose

Bild 2: verwendete Versuchseinrichtung

Bild 3 veranschaulicht die gewonnenen Kraft-Durchbiegungs-Kurven der Versuche mit einem Biegebewehrungsgrad von 1,23 %. Während die Versuchskörper ohne Faserbewehrung (Bez. M0) mit einem deutlichen Lastabfall sehr spröde auf Durchstanzen versagten, ließ sich bei allen faserbewehrten Versuchen (Bez. M1 – M3) ein deutlich duktileres Durchstanzversagen beobachten. Ein Vergleich der experimentellen Höchstlasten mit dem rechnerischen Durchstanzwiderstand nicht faserverstärkter Versuchskörper ohne Durchstanzbewehrung nach DIN EN 1992-1-1 (vgl. Bild 4) führte bei Stahlfasergehalten von 1,0 Vol.-% (Bez. M3) zu Traglastfaktoren von bis zu 1,75. Die Leistungsfähigkeit liegt somit im Bereich von konventionellen Bügeln als Durchstanzbewehrung. Auch die Rissbildung konnte durch die Faserzugabe in Form von einer größeren Rissanzahl und daher deutlich geringeren Rissbreiten positiv beeinflusst werden. Es zeigt sich somit insgesamt ein verbessertes Systemverhalten, sowohl in Bezug auf die Gebrauchstauglichkeit als auch die Tragfähigkeit und den Nachbruchbereich.

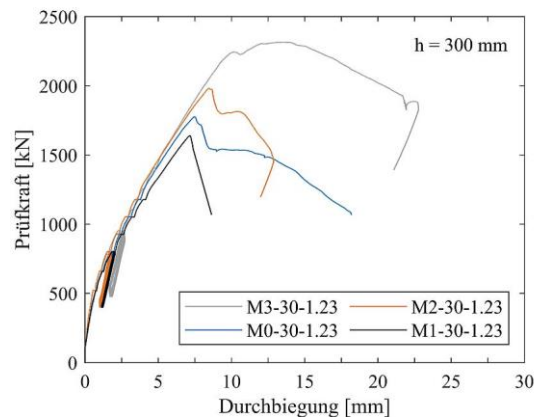
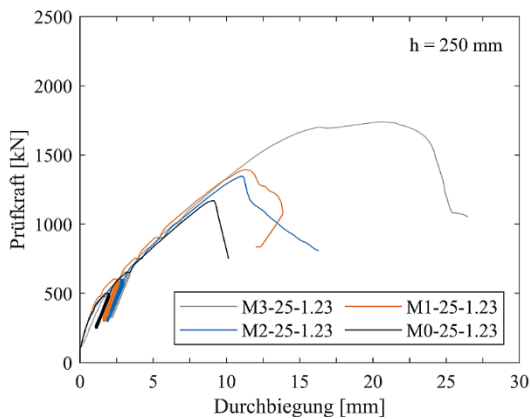


Bild 3: Kraft-Durchbiegungskurven der Versuche mit konstantem Längsbewehrungsgrad für Plattendicke $h = 250 \text{ mm}$ (links) und $h = 300 \text{ mm}$ (rechts)

Parallel zu den experimentellen Untersuchungen wurden numerische Nachrechnungen der Durchstanzversuche mit der nichtlinearen Finite-Elemente Softwarelösung ABAQUS UNIFIED FEA durchgeführt. Sowohl bei der Abbildung des Tragverhaltens als auch des Rissverhaltens konnte eine gute Übereinstimmung mit den experimentellen Versuchsergebnissen erzielt werden.

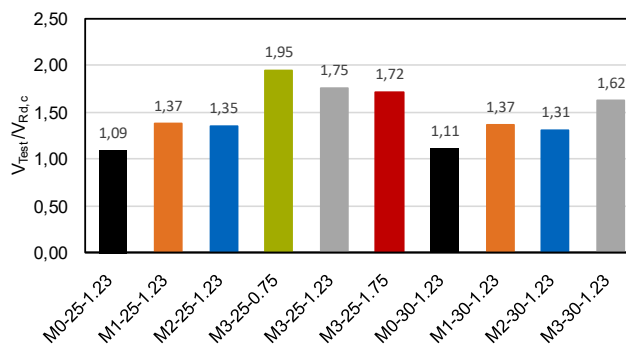


Bild 4: Vergleich der experimentellen Versuchslasten V_{Test} mit dem Durchstanzwiderstand $V_{Rd,c}$ nach DIN EN 1992-1-1

Zur Überprüfung und Bewertung der Bemessungsansätze nach fib Model Code 2010 sowie der DAfStb-Richtlinie „Stahlfaserbeton“ erfolgte abschließend auch damit die Nachrechnung der Versuche und ein Vergleich der Rechenwerte mit den erzielten Höchstlasten. Auch hier zeigte sich eine weitestgehend gute Übereinstimmung, so dass beide Ansätze auch für praxisrelevante Plattendicken und moderne Stahlfasergenerationen als geeignet bewertet werden können. Die gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse dienen als Grundlage für die Entwicklung und Validierung zukünftiger Normengenerationen und werden unmittelbar in derzeitige Normengremien mit eingebracht.

- [1] Birkhäuser Verlag, „Building Types Online,“ Walter de Gruyter GmbH, 2018.
Online verfügbar: <https://buildingtypesonline.com>. [Zugriff am 20 September 2017].
- [2] Soroushian, P.; Lee, C.-D.: „Distribution and Orientation of Fibers in Steel Fiber Reinforced Concrete“. in ACI Materials Journal 87 (1990), Nr. 5, S. 433-439

Fazit

Beschreibung der geplanten Ziele und der erreichten Ergebnisse

Das Vorhaben ermöglichte umfangreiche Untersuchungen zur Durchstantragfähigkeit stahlfaserverstärkter Flachdecken mit Hochleistungsfasern und praxisrelevanten Plattendicken. Die in der Literatur vorliegende Datenbasis konnte zielführend um praxisrelevante Abmessungen erweitert werden. Stahlfasern bieten eine vielversprechende Alternative zu konventioneller Durchstanzbewehrung und bestehende Bemessungskonzepte konnten auch für relevante Plattendicken und modernen Fasergenerationen weitestgehend zutreffende Ergebnisse liefern. Die Vermeidung von Durchstanzbewehrung reduziert Bewehrungszwangspunkte und verbessert die Bauteilqualität, was zu einer vielversprechenden Weiterentwicklung der Betonbauweise führt.

Eckdaten

Kurztitel: Innovativer Hochleistungsfaserbeton bei Flachdecken

Forscher / Projektleitung: Lehrstuhl für Massivbau
Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt
Technische Universität München
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Oliver Fischer

Gesamtkosten: 247.630,80 € €

Anteil Bundeszuschuss: 172.730,80 €

Projektlaufzeit: 26 Monate

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: Bewehrungsführung_DSC06123.jpg
Bild_1_rechts_oben_Dramix_4D.jpg
Bild_1_rechts_unten_Dramix_5D.jpg

Bewehrungsführung mit Schalung (links) und verwendete Stahldrahtfasern (rechts)

Bild 2: Bild_2_links_Versuchsaufbau
Bild_2_rechts_schematischer_Versuchsaufbau.png

Eingerichteter Versuchsaufbau (links) und schematische Darstellung (rechts)

Bild 3: Bild_3_links_h=250mm.jpg
Bild_3_rechts_h=300mm.jpg

Kraft-Durchbiegungskurven der Versuche mit konstantem Längsbewehrungsgrad für Plattendicke $h = 250$ mm (links) und $h = 300$ mm (rechts)

Bild 4: Bild_4_Vergleich_bezogene_Versuchslasten.png

Vergleich der experimentellen Versuchslasten V_{Test} mit dem Durchstanzwiderstand $V_{\text{Rd,c}}$ nach DIN EN 1992-1-1