

Zukunft Bau

KURZBERICHT

Titel

Stahlbetondecken mit integrierten Hohlräumen unter Zugbeanspruchung

Anlass/ Ausgangslage

Im Hochbau werden Stahlbetondecken häufig als Installationsraum für die Gebäudetechnik verwendet. Die Querschnittsschwächung kann zu einer nennenswerten Minderung der Querkrafttragfähigkeit führen. Der Einfluss von Querschnittsschwächungen wurde bereits eingehend erforscht und in einem Bemessungskonzept erfasst. Der Einfluss von Längszugspannungen auf die Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken mit integrierten Hohlräumen ist dagegen unbekannt.

Gegenstand des Forschungsvorhabens

Mit dem Forschungsvorhaben wurde die Querkrafttragfähigkeit von nicht querkraftbewehrten Stahlbetondecken mit und ohne integrierte Hohlräume unter Längszugbeanspruchung experimentell und numerisch untersucht.

Das Versuchsprogramm bestand aus 10 Versuchsserien mit insgesamt 60 Großversuchen. Als Probekörper wurden Plattenstreifen aus Stahlbeton mit den Abmessungen $l/b/h = 270/40/30$ cm verwendet, die in 3-Punkt-Biegeversuchen für die kombinierte Beanspruchung aus Querlast und Längszug hinsichtlich ihrer Querkrafttragfähigkeit untersucht wurden. Jede Versuchsserie bestand aus 3 Probekörpern mit integrierten Hohlräumen und 3 massiven Probekörpern ohne integrierte Hohlräume als Referenzversuche. Die Längszugkraft wurde im Prüfstand mit hydraulischen Pressen gleichmäßig über alle Längsbewehrungsstäbe an den Probekörperenden zentrisch in die Probekörper eingeleitet. In jeder Serie wurde die Querkrafttragfähigkeit von Bauteilen mit und ohne integrierte Hohlräume für Längszugkräfte von $N = 0$ kN/m, $N = 200$ kN/m und $N = 400$ kN/m bestimmt.

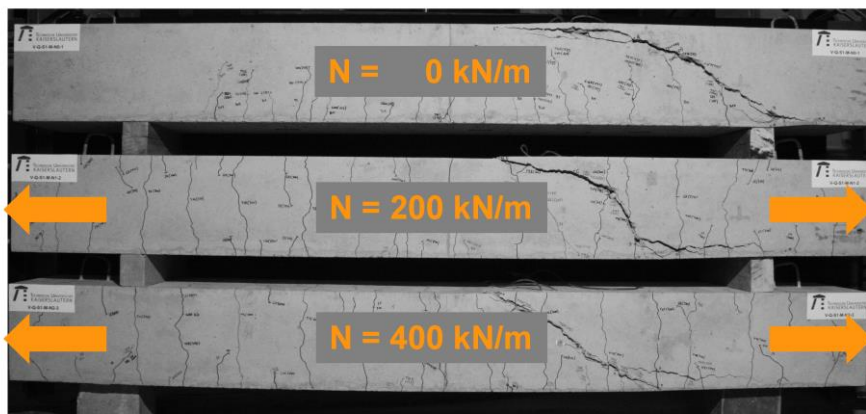


Bild 1: Schematische Darstellung der Längszugkräfte einer Versuchsserie an Stahlbetonplattenstreifen ohne integrierte Hohlräume.

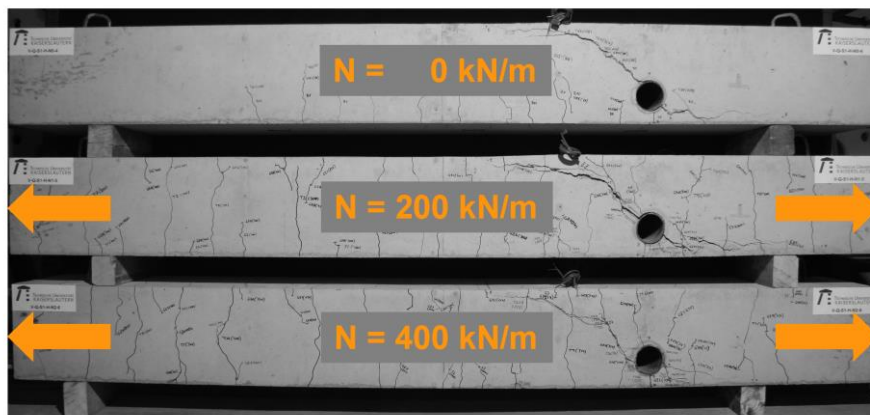


Bild 2: Schematische Darstellung der Längszugkräfte einer Versuchsserie an Stahlbetonplattenstreifen mit integrierten Hohlräumen.

Der Versuchsablauf gliederte sich in drei wesentliche Schritte:

1. inkrementelle Steigerung der Zugkraft bis zum Erreichen eines abgeschlossenen Trennrissbildes (quasi-indirekte Einwirkung)
2. Entlastung auf das planmäßige Zugkraftniveau (quasi-direkte Einwirkung)
3. inkrementelle Steigerung der Querbewehrung bis zum Bauteilversagen

Für massive Stahlbetondecken ist der traglastmindernde Einfluss von Längszugspannungen auf die Querkrafttragfähigkeit bekannt und im Bemessungskonzept nach DIN EN 1992-1-1 verankert. Die Versuchsergebnisse zeigen hier den erwartungsgemäß ungünstigen und normkonformen Einfluss von Zugspannungen auf die Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken ohne integrierte Hohlräume. Für die untersuchten Normkraftzustände kann zudem eine gute mechanische Übereinstimmung der linearen Traglastminderung infolge Längszugspannungen mit $\Delta V_{Rd,c} = k_1 \cdot \sigma_{cp}$ nach DIN EN 1992-1-1, Gl. 6.2a festgestellt werden. Die Traglastminderung kann im Mittel zutreffend mit dem empfohlenen Vorfaktor $k_1 = 0,15$ nach DIN EN 1992-1-1 erfasst werden und ist somit größer als die Traglastminderung, die sich bei Anwendung der nationalen Regelung mit $k_1 = 0,12$ ergibt. Im Vergleich zu Massivdecken konnte für Stahlbetondecken mit integrierten Hohlräumen in den Versuchen gezeigt werden, dass sich der ungünstige Einfluss von Längszugspannungen auf die Querkrafttragfähigkeit mit zunehmender Querschnittsschwächung verliert. Dieses Erkenntnis gilt sowohl für Decken mit integrierten Leitungen als auch für Decken mit integrierten Hohlkörpern. Die lineare Beziehung zwischen Traglastminderung und Längszugspannung in dem Bemessungskonzept bietet hier mechanisch keine gute Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen.

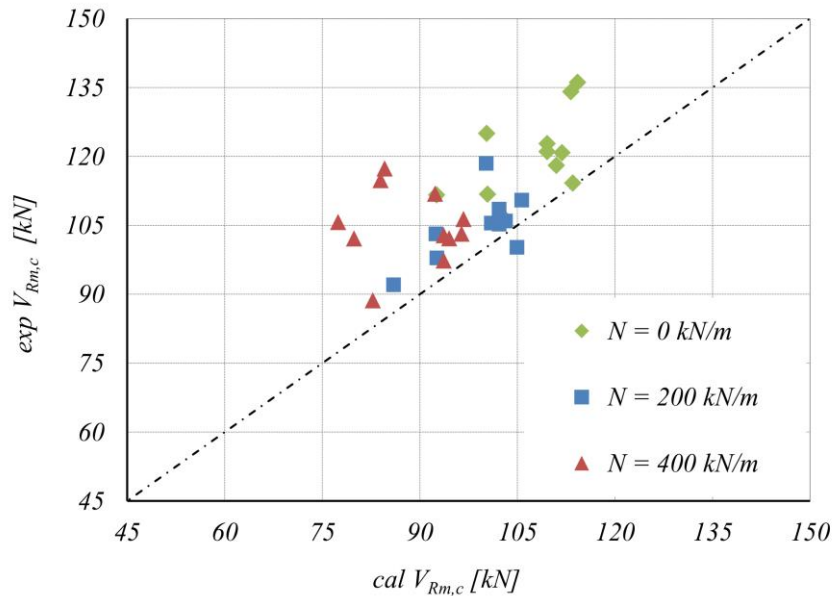


Bild 3: Verhältnis zwischen experimenteller Querkrafttragfähigkeit und dem Mittelwert der rechnerischen Querkrafttragfähigkeit nach DIN EN 1992-1-1/NA von Massivdecken unter Längszug.

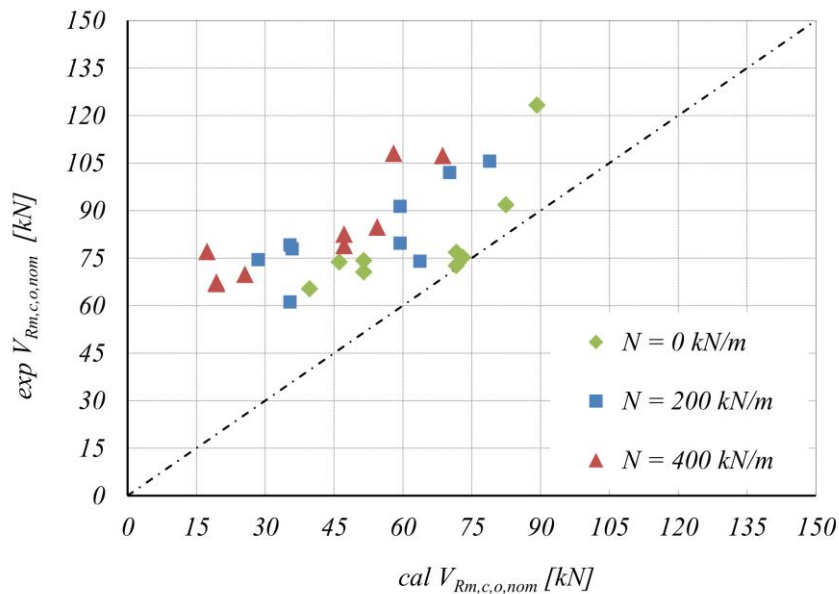


Bild 4: Verhältnis zwischen experimenteller Querkrafttragfähigkeit und dem Mittelwert der rechnerischen Querkrafttragfähigkeit nach DIN EN 1992-1-1/NA von Stahlbetondecken mit integrierten Hohlräumen unter Längszug.

Zur Absicherung der experimentellen Ergebnisse wurden Finite-Elemente-Modelle erstellt, mit denen das Tragverhalten durch physikalisch nichtlineare Berechnungen realitätsnah simuliert werden konnte. Sowohl in den Nachrechnungen der Versuche als auch in einer Parameterstudie konnte hier gleichermaßen der mit zunehmender

Querschnittsschwächung abnehmende Einfluss von Längszugspannungen auf die Querkrafttragfähigkeit festgestellt werden.

Auf Basis der ermittelten Versuchsdaten wurde eine Anpassung des bestehenden Bemessungskonzeptes nach DIN EN 1992-1-1, 6.2 in Verbindung mit den nationalen Erläuterungen nach DAfStb Heft 600 vorgeschlagen. Das Bemessungsmodell wurde derart modifiziert, dass die lineare Traglastminderung $\Delta V_{Rd,c} = k_1 \cdot \sigma_{cp}$ infolge Längszugspannungen proportional zur Traglastminderung infolge der Querschnittsschwächung mit dem Abminderungsfaktor k_0 reduziert wird.

$$V_{Rd,c,mod} = k_0 \cdot (C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{(1/3)} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

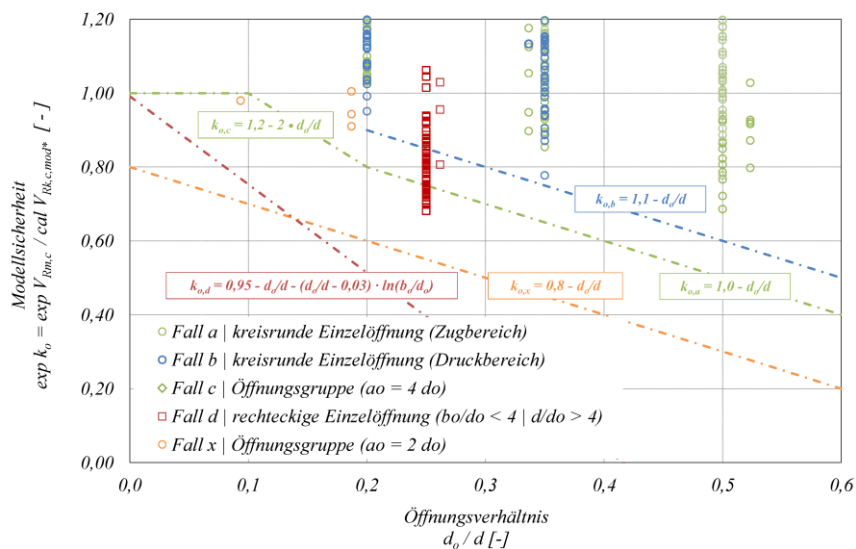


Bild 5: Visualisierung der Modellsicherheit V_{exp} / V_{cal} für das modifizierte Bemessungskonzept in Abhängigkeit von dem Öffnungsverhältnis d_o / d für Stahlbetondecken mit integrierten Hohlräumen unter Längszug.

Fazit

Mit der Forschungsarbeit sollten Erkenntnisse zum Einfluss von Längszug auf die Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken mit und ohne integrierte Hohlräume gewonnen werden. Die experimentellen und theoretischen Ergebnisse der durchgeführten Arbeiten konnten für die Beschreibung und Beurteilung der Problemstellung verwendet werden. Auf Basis der Ergebnisse wurden modifizierte Bemessungskonzepte entwickelt, mit denen die Querkrafttragfähigkeit von nicht querkraftbewehrten Stahlbetonbauteilen unter Längszug berechnet werden kann. Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens sind für die Baupraxis in sicherheitstheoretischer und wirtschaftlicher Hinsicht von Bedeutung.

Eckdaten

Kurztitel: Stahlbetondecken mit integrierten Hohlräumen unter Zugbeanspruchung

Forscher / Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schnell (TU Kaiserslautern), Prof. Dr.-Ing. Andrej Albert (HS Bochum), Dipl.-Ing. (FH) Stephan Eilers, M. Sc. (HS Bochum)

Gesamtkosten: EUR 261.006

Anteil Bundeszuschuss: EUR 157.770

Projektlaufzeit: 1.5.2013 - 31.1.2016