

Untersuchungen von Betonbauteilen unter Teilflächenbelastung

Investigation of structural concrete elements with partial loading

Empelmann, Martin; Wichers, Marco

Abstract

The load bearing capacity of structural concrete elements with partial loading depends on several parameters. Due to ductility requests, reinforcement is provided to carry the transverse tension forces. When exceeding a certain reinforcement amount, the load bearing capacity is limited to the concrete strength underneath the load transmission area. To increase the load bearing capacity, an experimental series with plates and prisms with different arrangements of reinforcements was conducted. In addition, various numerical analyses with nonlinear FEM were carried out.

1. Einleitung

Das Tragverhalten von Betonbauteilen unter einer Teilflächenbelastung tritt in der Praxis sehr häufig auf und ist maßgeblich abhängig von der Geometrie des Körpers und der Lasteinleitung sowie der Art, Größe und Anordnung von Bewehrungen im Körper, wie auch von den baustoffbedingten mechanischen Eigenschaften des Betons.

Da im Betonbau stets duktile Versagenszustände erwünscht sind, wird i.d.R. eine Spaltzugbewehrung genutzt bzw. durch Normen gefordert. Zur Bemessung der Spaltzugbewehrung stehen dabei verschiedene vereinfachte Ansätze zur Verfügung. Die Größe und Anordnung der Spaltzugbewehrung können z. B. nach DAfStb-Heft 240 /1/ gewählt werden. Die Tragfähigkeit von teilflächenbelasteten Körpern kann, wie Untersuchungen von z. B. Wurm/Daschner (DAfStb-Heft 344 /2/) zeigen, nur begrenzt durch die Erhöhung der konventionellen Spaltzugbewehrung gesteigert werden. Ab einem gewissen Grenzbewehrungsgrad wird das lokale Druckversagen des Betons unterhalb der Lastplatte bestimmend für die Traglast.

Um die Tragfähigkeit unter konzentrierter Lasteinleitung dennoch weiter zu steigern, muss die Betondruckfestigkeit in diesem Bereich gesteigert werden. Die Erhöhung ist durch die Ausbildung eines mehraxialen Spannungszustands (Druck-Druck-Druck) möglich. Verschiedene Untersuchungen zum Verhalten von Beton unter mehr-

axialen Spannungszuständen zeigen, dass die Druckfestigkeit σ_u bei einem Umschnürungsquerdruck von σ_{quer} wie folgt ermittelt werden kann:

$$\sigma_u = \sigma_{einaxial} + 3,5 \text{ bis } 5,0 \cdot \sigma_{quer}$$

Der Querdruck kann z. B. von einer entsprechend ausgebildeten Bewehrung erzeugt werden. Die prinzipielle Wirkungsweise und Funktion einer solchen Umschnürungsbewehrung ist aus Untersuchungen an umschnürten Druckgliedern bekannt.

Bei plattenartigen Bauteilen kann die Umschnürungswirkung gegebenenfalls auch allein durch die – konstruktiv ohnehin häufig vorgesehene – Oberflächenbewehrung erreicht werden, deren Wirkung jedoch in bisherigen Bemessungsansätzen nicht eingeht.

Am Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB), Fachgebiet Massivbau, der TU Braunschweig wurden daher experimentelle und numerische Untersuchungen zur Überprüfung der prinzipiellen Wirkungsweise der Umschnürungs- bzw. Oberflächenbewehrung bei Körpern unter Teilflächenbelastung durchgeführt.

2. Experimentelle Untersuchungen

In den durchgeführten Bruchversuchen wurde das Tragverhalten von Probekörpern mit konventioneller Spaltzugbewehrung (z. B. nach DAfStb-Heft 240 /1/) sowie Probekörpern mit zusätzlicher Umschnürungs- bzw. Oberflächenbewehrung untersucht und miteinander verglichen.

Weiterhin wurden Versuchskörper betrachtet, bei denen alternative Bewehrungsformen (z. B. ein hochliegendes Zugband aus Bügeln direkt an der Oberfläche des Lasteinleitungspunktes) und Bewehrungskombinationen mit Umschnürungs- bzw. Oberflächenbewehrung angeordnet waren.

Die Prüfkörperabmessungen der Scheiben und Prismen aus normalfestem Beton unter Teilflächenbelastung sind in Bild 1 dargestellt.

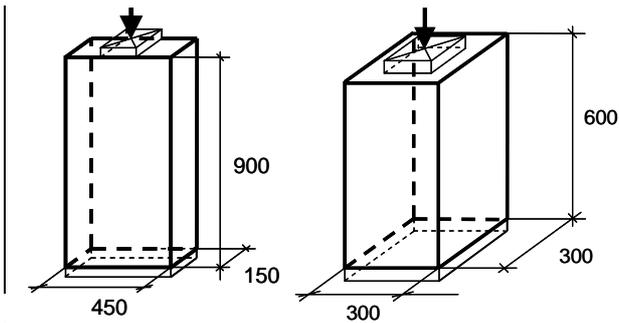


BILD 1 Prüfkörper – schematische Darstellung

Die Ergebnisse für die Scheibenversuche zeigen, dass die Versuchskörper mit der konventionellen Bewehrung die höchste Traglast aller geprüften Scheiben erreichte. Eine Zusatzbewehrung unterhalb der Lastplatte führte nicht zu einer Steigerung der aufnehmbaren Last. Der Scheibenversuch, wo ausschließlich ein hoch liegendes Zugband angeordnet war, erreichte eine Traglast, die nur ca. 6 % unter der Versuchslast der Scheibe mit der konventionellen Bewehrung liegt.

Abweichend zu den Scheibenversuchen erreichte der Prismenversuch mit der konventionellen Bewehrung im Vergleich aller geprüften Prismen die geringste Traglast. Die Zusatzoberflächenbewehrung ermöglichte hier im Vergleich zur konventionellen Ausführung eine Traglaststeigerung um ca. 20 %. Das Prisma mit der hoch liegenden Bewehrung übertraf die Traglast des Körpers mit der konventionellen Bewehrung um ca. 6%.

3. Numerische Untersuchungen

Auf Grundlage der durchgeführten Bruchversuche werden derzeit ausführliche numerische Untersuchungen zum Tragverhalten von teilflächenbelasteten Betonkörpern angestellt.

Neben der Berechnung der maximal erreichbaren Traglasten sind verschiedene andere Faktoren von Interesse, hierzu zählen die Bestimmung der erforderlichen Bewehrungsfläche in Abhängigkeit weiterer Parameter, die Ermittlung der Auswirkung unterschiedlicher Bewehrungsanordnungen im Körper und der Grenzen der Wirksamkeit der Bewehrung (minimaler / maximaler Bewehrungsgrad). Weiterhin sollen auch die Einflüsse der von normalfestem Beton abweichenden Baustoffkenngrößen von Hochleistungsbeton, wie z. B. geringere Querdehnzahl, geringeres Verhältnis Zug- / Druckfestigkeit, auf die Tragfähigkeit von Betonkörpern unter Teilflächenbelastung ermittelt werden.

Die nichtlinearen Berechnungen werden mit Hilfe des Programms TNO Diana durchgeführt. Zur Modellierung

des Materialverhaltens von Beton unter mehraxialen Beanspruchungen wird das Drucker-Prager Modell verwendet. Die Kalibrierung der Arbeitslinien erfolgt dabei anhand von Versuchsergebnisse und theoretischen Annahmen. Bild 2 zeigt exemplarisch die Ergebnisse der Berechnung eines scheibenförmigen Prüfkörpers.

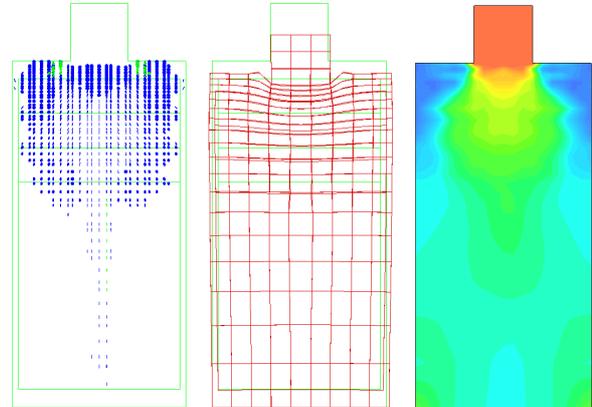


BILD 2 Exemplarische Ergebnisse der Berechnung der scheibenartigen Prüfkörper – Verformung, Rissbildung, Hauptdruckspannungen

4. Zusammenfassung

Das Tragverhalten von Betonbauteilen unter einer Teilflächenbelastung wurde mittels experimenteller und numerischer Untersuchungen studiert. In der Versuchsreihe konnte durch eine neuartige Bewehrungsführung eine Steigerung der Traglasten über das durch die konventionelle Bewehrung begrenzte Niveau erreicht werden. Es zeigt sich zudem, dass die in der Praxis i.d.R. vorhandene Oberflächenbewehrung genutzt werden kann, um die bei der Lasteinleitung auftretende Zugkräfte aufzunehmen. Die Oberflächenbewehrung weist besonders unter wirtschaftlichen Aspekten Vorteile auf.

Mit Hilfe numerischer Berechnungen werden derzeit weitere Untersuchungen zu verschiedenen Fragestellungen durchgeführt.

5. Literaturverzeichnis

- /1/ Grasser, E.; Thielen, G. ; Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb) Heft 240: Hilfsmittel zur Berechnung der Schnittgrößen und Formänderungen von Stahlbetontragwerken. Berlin: Beuth Verlag, 1976.
- /2/ Wurm, P.; Daschner, F. ; Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb) Heft 344: Teilflächenbelastung von Normalbeton, Versuche an bewehrten Scheiben. Berlin : Verlag Ernst & Sohn, 1983.