

Anwendungsgrenzen für Leitungsführungen senkrecht zur Tragrichtung in Stahlbetondecken ohne Querkraftbewehrung

Jürgen Schnell (Projektleiter), Catherina Thiele

Motivation

Immer häufiger werden Stahlbetondecken nicht nur als tragende Bauteile in Anspruch genommen, sondern zusätzlich als Installationsraum genutzt. Es werden beispielsweise luft- oder wasserführende Rohre in Decken einbetoniert, die je nach Bedarf zum Kühlen oder Heizen der angrenzenden Räume genutzt werden.



Bild 1: Diverse Leitungsführungen in einer Stahlbetondecke

In zunehmendem Maße werden auch wegen des Wegfalls abgehangter Decken Leerrohre für z.B. Elektroleitungen in den Massivdecken verlegt.

Literaturstudien ergaben insgesamt keine ausreichenden Anhaltspunkte für die Querkrafttragfähigkeit von Platten ohne Querkraftbewehrung mit integrierten Lüftungskanälen. Für die in jedem Fall zu führenden Statischen Nachweise fehlen bisher ein belastbares Rechenmodell bzw. nachvollziehbare Anwendungsregeln.

Auf Grund der fehlenden Bemessungsgrundlagen für die Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken mit integrierten Leitungsführungen wurde an der TU Kaiserslautern ein vom Deutschen Beton- und Bautechnikverein e.V. und vom Deutschen Institut für Bautechnik finanziell unterstütztes Forschungsvorhaben durchgeführt.

Ziel dieses Forschungsvorhabens war es, Grundlagen für die Bemessung von durch Rohre geschwächten Decken zu schaffen und Statische Nachweise mit Hilfe von modifizierten Bemessungsgleichungen beziehungsweise Anwendungsregeln möglich zu machen.

Durchgeführte Untersuchungen

Als Versuchskörper wurden Stahlbetonplattenstreifen mit einer Breite von 40 cm gewählt. Betonfestigkeit, Öffnungsgeometrie, statische Höhe und die Lage der Öffnungen im Querschnitt wurde variiert. Als Referenzversuche wurden jeweils Plattenstreifen ohne Öffnungen untersucht.

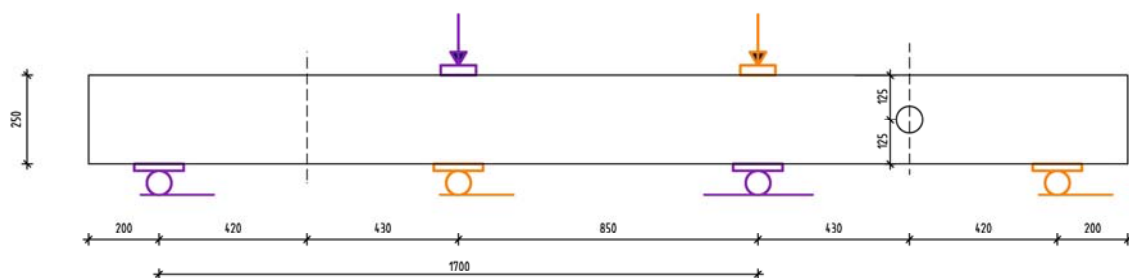


Abbildung 1: Prinzipieller Versuchsaufbau

Durch die Anordnung von mehreren Öffnungen sollte die gegenseitige Störung erfasst werden und ein Mindestabstand definiert werden, der eine gegenseitige Beeinflussung der Öffnungen ausschließt.

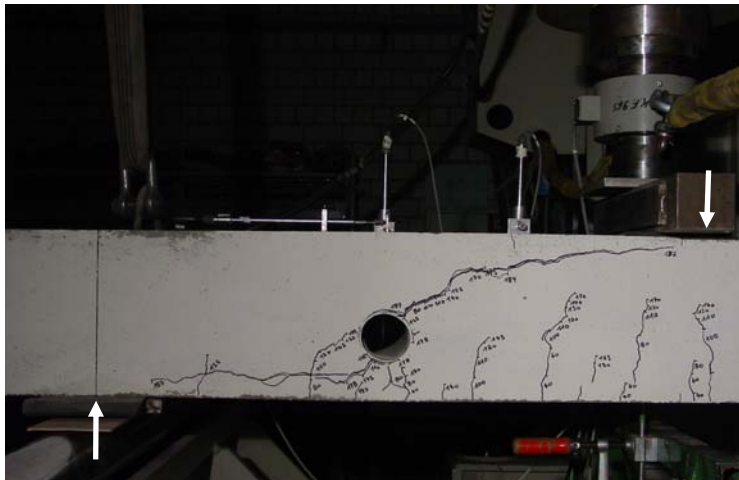


Bild 2: Versagensbild T14_75_unten

In Bild 2 ist das typische Querkraftversagensbild eines Stahlbetonquerschnitts mit kreisrunder Öffnung dargestellt. Ausgehend von Biegerissen pflanzt sich der Versagensriss in den Bereich der Öffnung fort. Bei weiterer Laststeigerung schreitet der Riss auf der der Lasteinleitung zugewandten Seite in Richtung Lasteinleitung weiter. Auf der auflagerzugewandten Öffnungsseite breitet sich der Versagensriss auf Höhe der Längsbewehrung aus.

Das im folgenden dargestellte Diagramm 1 zeigt für die verschiedenen betrachteten Verhältnisse von Öffnungsdurchmesser zu statischer Höhe d_ϕ / d den über den Vergleich der Versuchsergebnisse mit Öffnung mit den Referenzversuchen ermittelten Faktor für die Resttragfähigkeit.

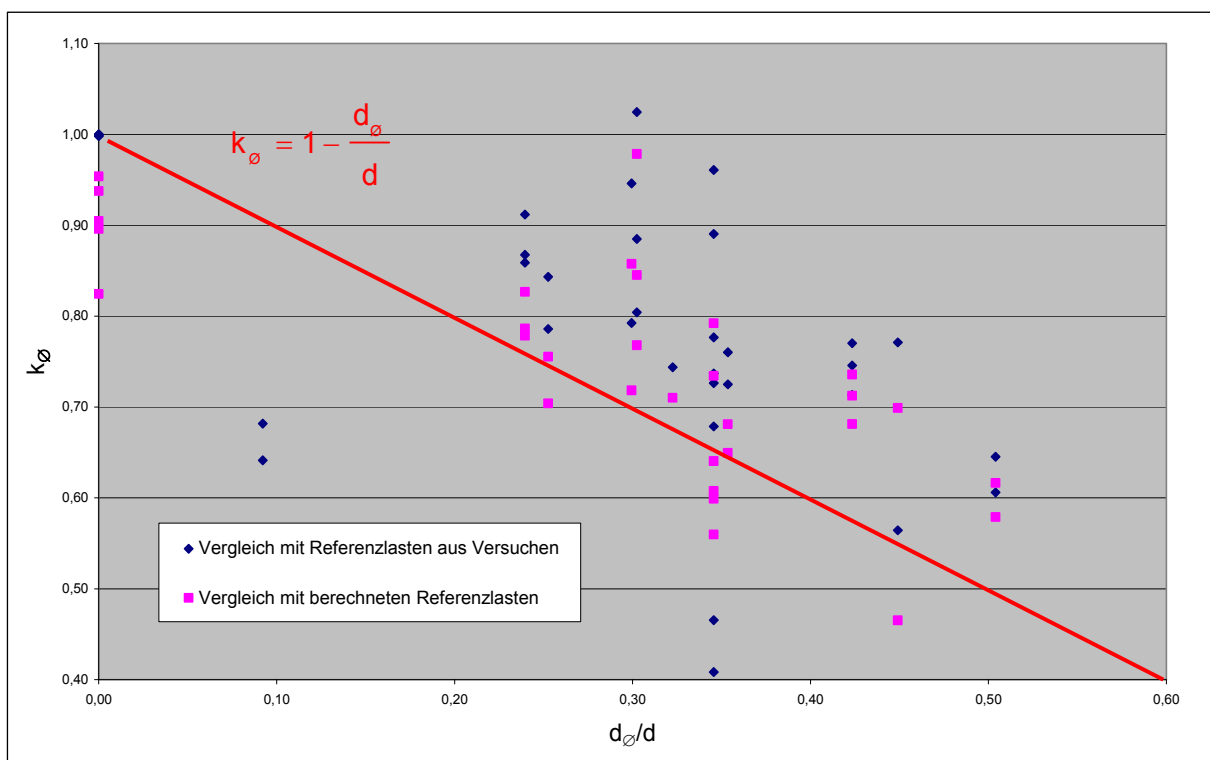


Diagramm 1: Resttragfähigkeit

Die Versuchsergebnisse haben gezeigt, dass eine Öffnung, die in der Zugzone liegt eine größere Schwächung, also eine geringere Tragfähigkeit im Vergleich zu einer Öffnungsanordnung im gedrückten Querschnittsbereich mit sich bringt.

Deshalb wurde für die Bemessung von Querschnitten mit Öffnungen, die zwischen Querschnittsmitte und gedrücktem Rand angeordnet sind eine Erhöhung des Faktor $k_{\emptyset}$ um 0,1 erlaubt.

Auch bei Versuchen mit einer zusätzlichen Zugbeanspruchung konnte der im Diagramm dargestellte Faktor $k_{\emptyset}$ bestätigt werden.

Durch Versuche mit mehreren nebeneinander angeordneten Öffnungen konnte gezeigt werden, dass ab einem Achsabstand der Öffnungen entsprechend dem 3-fachen Öffnungsdurchmesser von der Abminderung der Querkrafttragfähigkeit entsprechend einer Einzelöffnung ausgegangen werden kann.

Rechteckige Leitungsführungen oder Aneinanderreihungen von mehreren Öffnungen wurden versuchstechnisch mit rechteckigen Hohlkörpern aus Schaumkunststoff realisiert.

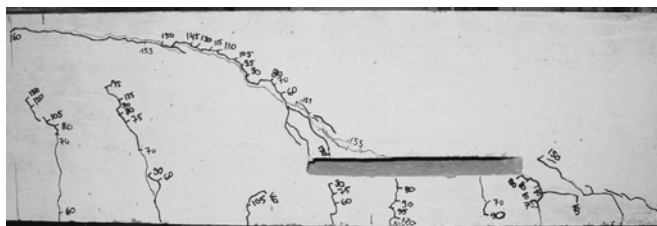


Bild 3: Versuch T_312

Hierbei zeigte sich, dass rechteckige Öffnungen, durch ihre geometrische Unstetigkeit zu einer früheren Rissbildung und somit zu einer niedrigeren Versagenslast im Vergleich zu runden Öffnungen mit gleicher Öffnungshöhe neigen.

Mit Hilfe des FE- Programmsystems ATENA wurden die durchgeführten Versuche bestätigt und die gefundene Bemessungsgleichungen mit Parameterstudien untermauert.

Ergebnisse

Es wird vorgeschlagen, die in DIN 1045-1:2001-07 angegebene Bemessungsgleichung (Gl. 70) für die Querkrafttragfähigkeit ohne Querkraftbewehrung $V_{Rd,ct}$ zur Berücksichtigung der Öffnungen um einen Abminderungsfaktor k zu erweitern. Für Verhältnisse $0,2 \leq d_{\emptyset}/d$ bzw. $d_{\emptyset}/d \geq 0,5$ gilt:

$$V_{Rd,ct,red} = k \cdot V_{Rd,ct} \quad \text{mit:} \quad k = k_{\emptyset} = 1 - \frac{d_{\emptyset}}{d} \quad \text{für kreisrunde Öffnungen}$$

$$k = k_x = 0,95 - \frac{d_{\emptyset}}{d} - \left(\frac{d_{\emptyset}}{d} - 0,03 \right) \cdot \ln \left(\frac{b_{\emptyset}}{d_{\emptyset}} \right) \quad \text{für rechteckige Öffnungen}$$

$$\text{mit } 1 \leq \frac{b_{\emptyset}}{d_{\emptyset}} \leq 5$$

$d_{\emptyset}$: Durchmesser der runden Öffnung

d : Statische Höhe

$d_{\emptyset}$: Höhe der rechteckigen Öffnung

$b_{\emptyset}$: Breite der rechteckigen Öffnung

Folgende Anwendungsgrenzen müssen beachtet werden:

1. Bei Anordnung von mehreren runden Einzelöffnungen muss zur Anwendung der oben angegebenen Gleichung der Achsabstand der Öffnungen mindestens dem 3-fachen Öffnungsdurchmesser entsprechen.
2. Der Achsabstand von Öffnungen zu Einzellasten sollte mindestens der Statischen Höhe d des Querschnitts entsprechen.

3. Die Traglastabminderung durch Öffnungen im Durchstanzbereich soll in einem weiteren Forschungsvorhaben geklärt werden. Bis auf weiteres kann nur empfohlen werden, stark beanspruchte Durchstanzbereiche von jeglicher Schwächung freizuhalten.
4. Bei kreisrunden Einzelöffnungen, deren Mittelachse zwischen Querschnittsmitte und gedrücktem Rand liegt, kann der Faktor $k_{\emptyset}$ um 0,1 erhöht werden