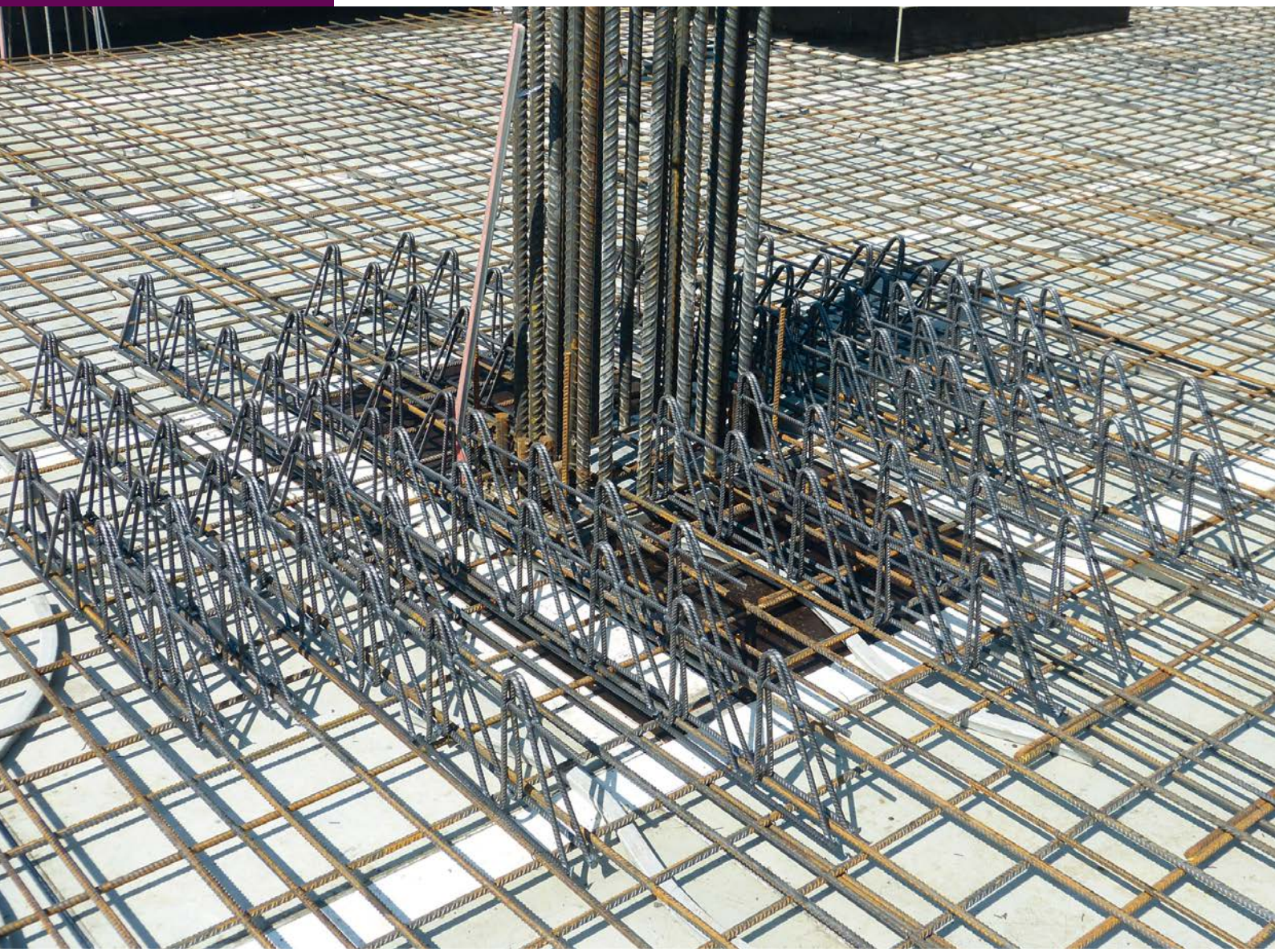
5/6
112. Jahrgang
Mai/Juni 2017
ISSN 0005-9900
A 1740
Sonderdruck

Beton- und Stahlbetonbau



▪ Durchstanzbemessung von Elementdecken und Ortbetondecken mit ProFi 4.0

- höchster Durchstanzwiderstand mit Filigran-Durchstanzbewehrung FDB II
- perfekte Lösung für Ortbeton- und Elementdecken
- Optimierungspotential

▪ Robuste Konstruktion der Durchstanzbereiche in Elementdecken

- Robuste Konstruktion bei einfachem Einbau
- geprüfte Sicherheit
- zugelassen

Ernst & Sohn
A Wiley Brand

Durchstanzbemessung von Elementdecken und Ortbetondecken mit ProFi 4.0

Flachdecken werden sowohl als Ortbetonkonstruktion als auch mit vorgefertigten Deckenplatten und Aufbetonschicht hergestellt. Der planende Ingenieur sollte bei der Planung der Durchstanzbereiche beide Optionen im Blick haben. Denn die Herstellart der Flachdecke wird abhängig den wirtschaftlichen Randbedingungen und vom zeitlichen Bauablauf häufig erst später festgelegt. Daher ist sowohl die Wahl einer geeigneten Durchstanzbewehrung für beide Ausführungsvarianten sinnvoll als auch ein Bemessungsprogramm, welches optional die Nachweise für alle Randbedingungen führt.

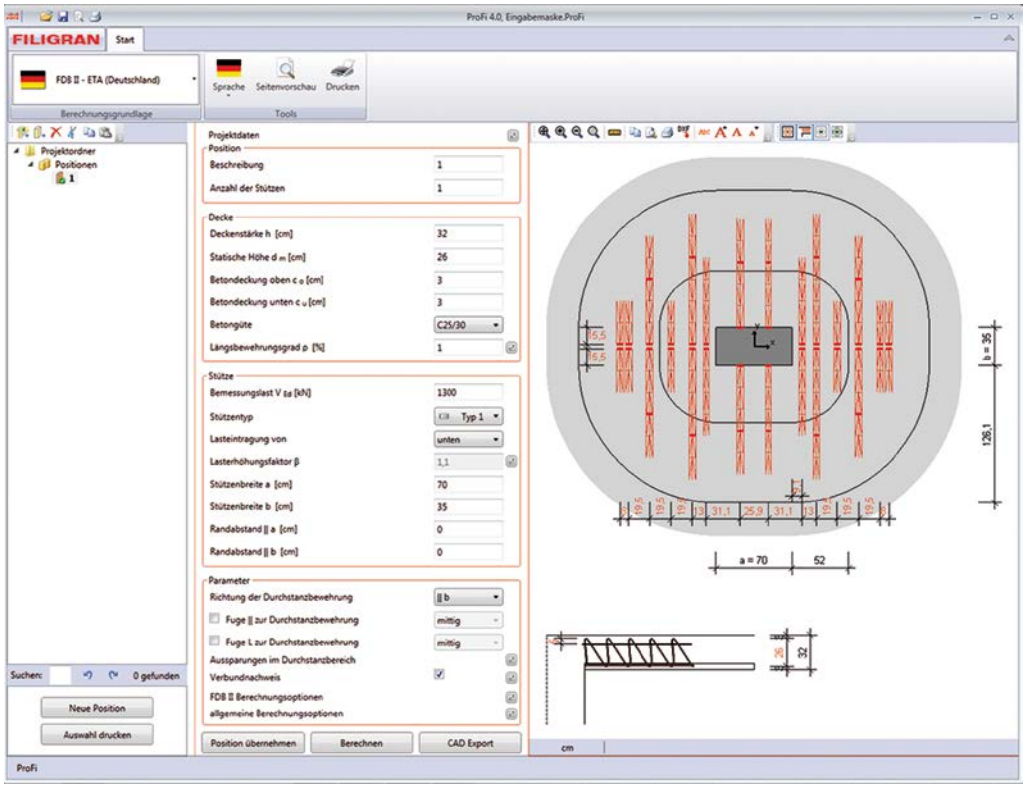


Bild 1 Bemessung einer Innenstütze mit ProFi 4.0

Mit ProFi 4.0 liegt ein neues Bemessungstool vor, welches alle erforderlichen Nachweise im Durchstanzbereich für die Filigran®-Durchstanzbewehrung führt. Diese gitterträgerartige Durchstanzbewehrung nach europäischer Zulassung ETA-13/0521 wird in Ortbeton- und Filigrandecken eingesetzt. In 18 cm bis etwa 36 cm dicken Flachdecken lässt sich der Durchstanzwiderstand auf den 2,09-fachen Wert einer Platte ohne Durchstanzbewehrung erhöhen. Die einzelnen Bewehrungselemente werden auf die untere Bewehrungslage gestellt. Die obere Biegezugbewehrung wird von oben eingebaut und auf den Obergurten abgelegt. Dieser einfache Einbau gilt für teilvorgefertigte Decken und Ortbetondecken gleichermaßen. Die Anordnung der Filigran®-Durchstanzbewehrung FDB II im Grundriss wird von ProFi 4.0 als Bemessungsergebnis ausgewiesen.

(Abb./Foto: Filigran Trägersysteme)

Bild 2 Filigran-Durchstanzbewehrung FDB II angeordnet nach ProFi 4.0

Optionen für den Planer

Der planende Ingenieur hat im Bemessungsprogramm ProFi 4.0 die Option einen Verbundnachweis für die Ausführung als Elementdecke zu führen. Dabei wird die Filigran®-Durchstanzbewehrung als Verbundbewehrung zulassungsgemäß angerechnet. Der Durchstanznachweis selbst sowie die Anordnung der Bewehrungselemente bleibt von dieser Option unbeeinflusst. Dieser Nachweis ist für Ortbetondecken und Filigran®-Decken identisch.

Das Bemessungsprogramm ermöglicht die Auswahl verschiedener Stützenanordnungen und Erhöhungsfaktoren für exzentrische Lastverteilungen ebenso wie die komfortable Eingabe von Aussparungen. Die daraus resultierende Spannungserhöhung und Reduktion der Bemessungsrundschnitte werden vom Programm bei den Spannungsnachweisen berücksichtigt. Insbesondere in diesen Fällen kann der erhöhte Durchstanzwiderstand im Vergleich zu dem anderer Durchstanzsysteme vorteilhaft genutzt werden.

Datenübergabe an CAD-Programme

Der Programmanwender hat die Möglichkeit, Bemessungsergebnisse an andere Programme zu übergeben. Dadurch vereinfacht sich auch die Werksplanung von Elementdecken mit Gitterträgern. Hierzu wurde zu einzelnen CAD-Programmen wie z. B. zu BauBIT, Planbar und HighFact eine Schnittstelle eingerichtet, die in ProFi 4.0 über den Button CAD Export angesteuert wird. Für andere Anwendungen besteht die Möglichkeit die im Programm ermittelte Anordnung der Filigran®-Durchstanzbewehrung im DXF-Format zu übergeben. Die jeweilige Anordnung kann in diesem Format in der Ausführungsplanung übernommen werden. Dadurch reduziert sich der Planungsaufwand. Dies gilt auch für die Planung von Ortbetondecken.

Das Bemessungsprogramm ProFi 4.0 steht jedem Planer kostenlos auf folgender Website zur Verfügung:

www.filigran.de

Robuste Konstruktion der Durchstanzbereiche in Elementdecken

Elementdecken bestehen aus vorgefertigten dünnen Stahlbetonplatten mit Gitterträgern und einer Aufbetonschicht. Diese Decken zeigen im Endzustand ein ähnliches Tragverhalten wie monolithisch hergestellte Decken. Dies gilt auch bei Anwendung als zweiachsig gespannte Flachdecke (Bild 1). Regelungen hierzu liegen innerhalb von bauaufsichtlichen Zulassungen und Bemessungsnormen vor [1]. In diesem Beitrag werden Hinweise zur Ausführung robuster Anschlüsse von Stützen mit Flachdecken in Elementbauweise gegeben. Angestrebt werden Konstruktionen deren Tragverhalten nur wenig von Maßabweichungen beeinflusst wird. Dabei ist in diesem Zusammenhang sowohl der Abstand der Durchstanzbewehrung und der Fertigteilplatten vom Stützenrand als auch ein möglicher Einfluss einer zu hoch betonierten Stütze auf das Tragverhalten von Interesse.

Konstruktionsregeln für Flachdecken in Elementbauweise

Typisch für Elementdecken sind die Verbundfuge zwischen den zwei Betonierschichten (Fertigteil und Ortbeton) und Stoßfugen zwischen einzelnen Fertigteilplatten. Die im Feldbereich einer Decke (Bereich positiver Momente) angeordneten Stoßfugen beeinflussen das Tragverhalten nur untergeordnet und können unverschlossen bleiben. Besondere Beachtung verdient jedoch der Durchstanzbereich einer Flachdecke. Hier werden Druckspannungen an der Deckenunterseite übertragen. Bei Ansatz der kompletten statischen Höhe ist es erforderlich, in diesem Deckenbereich auf Stoßfugen zwischen den Platten zu verzichten oder diese zur möglichen Druckübertragung zu schließen. Hierzu sollen die Fugen mindestens 4 cm breit sein und mit dem Aufbeton ausbetoniert werden.

Das Durchstanzversagen von Platten ohne Durchstanzbewehrung erfolgt spröde. Eine Lastumlagerung innerhalb einer Flachdecke ist nach dem Ausfall eines solchen Stützen-Decken-Knotens kaum möglich und ein fortschreitendes Versagen der gesamten Flachdecke zu befürchten. Eine Verbesserung des Nachbruchverhaltens kann erreicht werden, wenn ein Teil der Feldbewehrung über die Stützstreifen im Bereich von Innen- und Randstützen hinweggeführt wird. Die Forderung nach einer solchen „Kollapsbewehrung“ oder auch „Abreißbewehrung“ gilt

Bild 1 Elementdeckenplatte mit Gitterträgern und Durchstanzbewehrung für Flachdecken

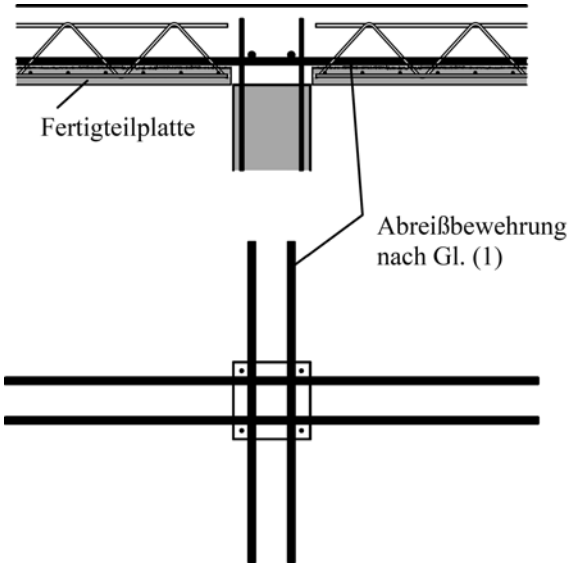


Bild 2 Anordnung der Abreißbewehrung nach EC 2 [2] auf den Fertigteilplatten

nach aktueller Bemessungsnorm [2] auch für Platten mit Durchstanzbewehrung. Die geforderte Bewehrung muss mindestens die Querschnittsfläche nach Gleichung (1) aufweisen und sollte mit mindestens zwei Stäben je orthogonaler Richtung über die Lasteinleitungsfläche hinwegzuführen. Diese Abreißbewehrung ist zur Sicherung einer Membranwirkung kraftschlüssig mit der Feldbewehrung zu stoßen.

$$A_s = V_{Ed} / f_{yk} \quad (1)$$

A_s erforderliche Querschnittsfläche der Abreißbewehrung (bei Innenstützen zweischnittig)
V_{Ed} einwirkende Durchstanzlast mit $\gamma_F = 1{,}0$
f_{yk} charakteristische Streckgrenze der Bewehrung

Diese Anforderung gilt sowohl für Ortbetondecken als auch für Elementdecken und ist unabhängig vom verwendeten Durchstanzsystem. In Elementdecken kann die Abreißbewehrung entsprechend Bild 2 auf die Fertigteilplatten gelegt werden.

Die Mindestdicke für Platten mit Durchstanzbewehrung beträgt bei Einsatz von Bügeln nach EC 2 [2] mindestens 20 cm. In Elementdecken kommen im Allgemeinen gesondert zugelassene Durchstanzbewehrungen (z.B. [4] und [5]) zum Einsatz, bei denen die Mindestplattendicke 18 cm beträgt. Dünnere Platten sollten nicht als Flachdecke ausgeführt werden. Neben unzureichender Gebrauchstauglichkeit wird auch die Wirksamkeit der Abreißbewehrung aufgrund geringer Betondeckung dieser Bewehrung nach oben beeinträchtigt.

Bemessung und Konstruktion zugelassener Durchstanzbewehrungen

Für den Einsatz in Elementdecken wurde in [3] eine spezielle Filigran®-Durchstanzbewehrung FDB II (Bild 3) vorgestellt und mit [4] bauaufsichtlich zugelassen. Auch Doppelkopfanker (z. B. [5]), welche als Durchstanzbewehrung für Ortbetondecken entwickelt wurden, werden in Elementdecken eingesetzt. Für beide Systeme gilt das Bemessungskonzept nach jeweiliger europäisch technischer Zulassung mit unterschiedlicher Maximaltragfähigkeit.

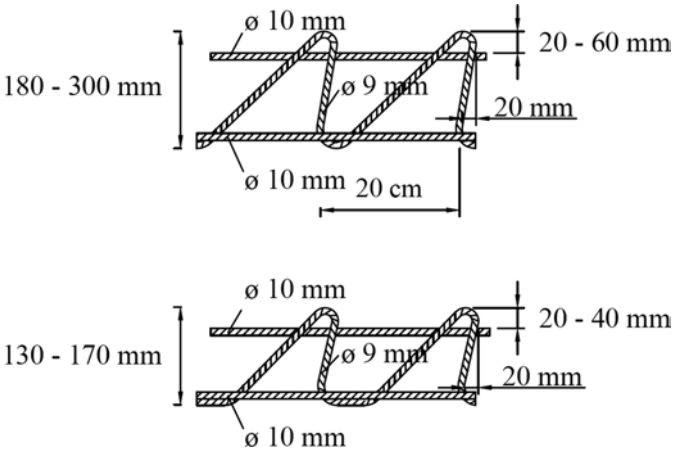


Bild 3 Filigran®-Durchstanzbewehrung FDB II nach [4]

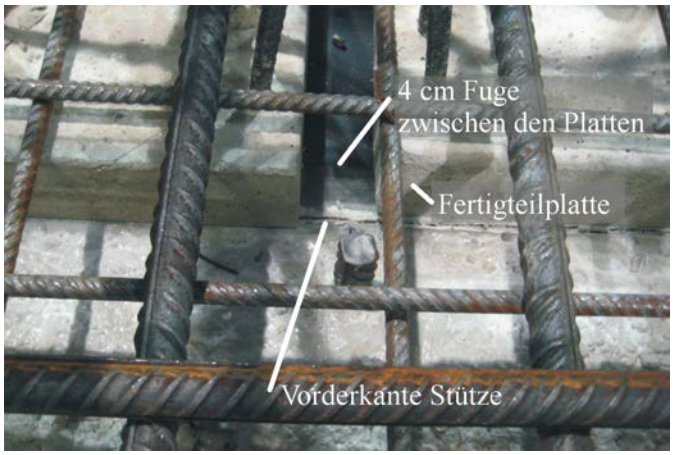


Bild 4 Anordnung einer Fertigteilplatte mit Filigran®-Durchstanzbewehrung FDB II direkt am Stützenrand, Versuch nach [3]

Die Filigran®-Durchstanzbewehrung FDB II zeichnet sich durch Schlaufen aus, welche in die Lage der oberen Biegezugbewehrung eingreifen. Die gerippten Diagonalen weisen zwei unterschiedliche aber gleichgerichtete Neigungen auf (Bild 3). Durch beide Merkmale unterscheidet sie sich von anderen gitterträgerartigen Durchstanzbewehrungen, für welche geringere maximale Tragwiderstände zugelassen sind [1]. In Bauteilversuchen wurde das Trag- und Verformungsverhalten der Stütze-Decken-Knoten mit FDB II untersucht. Der Durchstanzwiderstand bei Einsatz dieser Bewehrung kann danach entsprechend Gleichung (2) auf das 2,09fache von Platten ohne Durchstanzbewehrung gesteigert werden. Dieser Erhöhungsfaktor wurde, wie auch für andere Systeme, auf der Grundlage von Bauteilversuchen als 5%-Quantilwert festgelegt. Die Bauteilversuche mit der Filigran®-Durchstanzbewehrung FDB II wurden an Elementdecken durchgeführt und decken damit mögliche Einflüsse durch die Verbundfuge sowie durch Fugen zwischen Fertigteilplatten und zwischen diesen und der Stütze ab. Bei getesteten Plattendicken von 18 cm bis 36 cm und variierenden Parametern wurde ein duktiles Tragverhalten beobachtet [3].

$$v_{Rd,max} = \alpha_{max} \cdot v_{Rd,c} \quad (2)$$

$v_{Rd,max}$ maximaler Durchstanzwiderstand im kritischen Rundschnitt (Entfernung 2d vom Stützenrand) von Platten mit Durchstanzbewehrung

α_{max} Erhöhungsfaktor bei Einsatz einer Durchstanzbewehrung

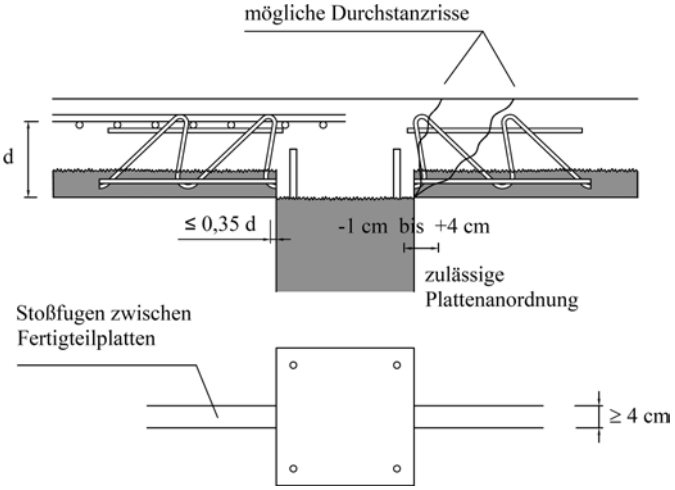


Bild 5 Zugelassene Anordnung von Fertigteilplatte und der Filigran®-Durchstanzbewehrung FDB II nach [4]

α_{max} = 2,09 für die Filigran®-Durchstanzbewehrung FDB II nach [4]

α_{max} = 1,96 für Doppelkopfanker (z. B. nach [5])

$v_{Rd,c}$ = $C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}$

$v_{Rd,c}$ Durchstanzwiderstand im kritischen Rundschnitt von Platten ohne Durchstanzbewehrung

ρ_l Längsbewehrungsgrad

f_{ck} charakteristische Betondruckfestigkeit

weitere Erläuterungen siehe [1] und [4]

Für Doppelkopfbolzen als Durchstanzbewehrung wurde in europäisch technischen Zulassungen (z.B. in [5]) ein Erhöhungsfaktor von 1,96 festgelegt. Aus der Literatur sind nur einzelne Durchstanzversuche an Elementdecken mit Doppelkopfbolzen bekannt [6]. Unabhängig davon gilt der vorgenannte Zulassungswert auch bei Einsatz in Elementdecken.

Die Durchstanzversuche [3] mit der Filigran®-Durchstanzbewehrung FDB II wurden an Elementdecken mit unbehandelter Verbundfuge durchgeführt. In diesen Versuchen wurden Stoßfugen zwischen den Fertigteilplatten angeordnet. Zudem wurde der Abstand der Fertigteilplatten zum Stützenrand gezielt variiert. Geprüft wurde eine Ausführung mit etwa 1 cm Auflagerung der Fertigteilplatten auf der Stütze, ein direktes Heranführen der Platten bis an die Stützen sowie geringe Abstände bis 2 cm von der Stütze. Bild 4 zeigt eine Fertigteilplatte, welche direkt bis an die Stützenkante geführt wurde. Bei einer solchen Ausführung liegt die etwa 5 cm hohe glatte Stirnfläche der Fertigteilplatte in der Ebene der Stützenseitenfläche. Eine solche Anordnung stellt im Fall einer senkrechten Scherfläche einen vermeintlich ungünstigen Fall dar. In den Versuchen bestätigte sich dies nicht. Die bezogenen Durchstanzwiderstände waren im Rahmen üblicher Versuchsstreuung unabhängig vom Abstand der Fertigteilplatten zur Stütze.

Die Filigran®-Durchstanzbewehrung FDB II zeigte sich in den Versuchen [3] robust gegenüber variierender Fugen- und Plattenanordnung. Durch die Neigung der tragenden Bewehrungsstäbe zur Stütze und durch die geringen Abstände der Bewehrungselemente zum Stützenrand von maximal dem 0,35fachen der statischen Höhe (Bild 5) werden auch steilere Durchstanzrisse von dieser Bewehrung erfasst. Aufgrund der dünnen Durchmesser der tragenden Stäbe von 9 mm ist zudem eine feine Verteilung der Bewehrung gewährleistet.

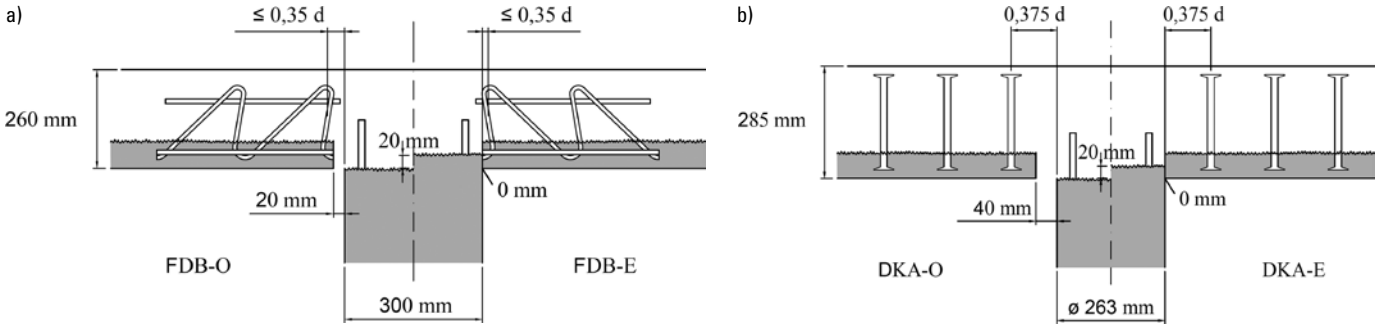


Bild 6 Anordnung von Fertigteilplatten und Durchstanzbewehrung in Referenzversuchen (Bezeichnung 0) und Ergänzungsversuchen (Bezeichnung E)
a) mit Filigran®-Durchstanzbewehrung FDB II; b) mit Doppelkopfankern (DKA) als Durchstanzbewehrung

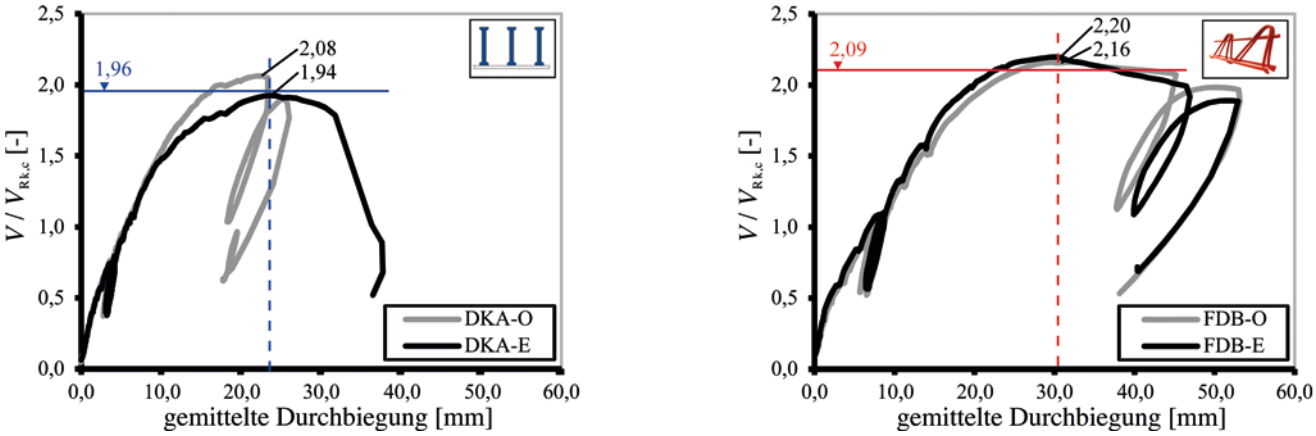


Bild 7 Last-Verformungskurven nach [6] im Vergleich

Einbindetiefe der Stütze in die Platte

Problemstellung

Stützen werden im Regelfall vor der Herstellung der Decke betoniert. Je nach Ausführungsgenauigkeit kann die Oberseite der vorgefertigten Stütze auf der Höhe der Deckenunterseite liegen oder von dieser Ebene abweichen. Unabhängig von der Ausführungsart der Decke (Ortbeton- oder Elementdecke) bindet eine zu hoch betonierte Stütze in die spätere Decke ein. Der Einfluss einer solchen Stützeneinbindung auf den Durchstanzwiderstand wird unterschiedlich beurteilt. Während der EC 2 [2] diesen Aspekt nicht behandelt, ist beim Durchstanznachweis nach anderen Normen wie z.B. nach Schweizer Bemessungsnorm SIA 262 die statische Deckenhöhe um die Stützeneinbindung zu reduzieren. Dieser Ansatz basiert im Wesentlichen auf Auswertung eines Schadenfalles einer monolithisch hergestellten Flachdecke. Untersuchungen, in denen gezielt der Einfluss der Stützeneinbindung auf den Durchstanzwiderstand untersucht wurde, sind nicht bekannt. Der Einfluss einer zu hoch vorbetonierten Stütze ist somit nicht experimentell bestätigt. Er liegt möglicherweise und insbesondere für Platten mit Durchstanzbewehrung auf der sicheren Seite. Andererseits kann sich bei Elementdecken mit zu hoch betonierter Stütze ein Ringspalt zwischen Fertigteilplatte und Stütze ergeben. Ein solcher Spalt in der Druckzone könnte sich ungünstig auf das Durchstanztragverhalten auswirken.

Durchstanzversuche

Ein mögliches Heranführen von Elementplatten bis direkt an die Stütze war bereits für Elementplatten mit Filigran®-Durchstanzbewehrung FDB II nachgewiesen worden [3]. Ergänzend wurde aktuell das Tragverhalten bei gleichzeitig zu hoch betonierter Stütze experimentell untersucht. Zudem stellte sich für Elementdecken mit Doppelkopfbolzen (z. B. nach [5]) als Durchstanz- und Verbundbewehrung die Frage, ob auch in diesem Fall ein Heranführen der Fertigteilplatten bis an die Stütze unkritisch ist.

In [3] wird ein Durchstanzversuch mit Filigran®-Durchstanzbewehrung FDB II an einer 26 cm dicken Elementdeckenplatte beschrieben, in der die Fertigteilplatten einen Abstand von 2 cm vom Stützenrand hatten und die Stützenoberkante auf Höhe der Plattenunterseite abschloss (Bild 6a, links). In [6] wird ein Durchstanzversuch mit Doppelkopfbolzen als Durchstanzbewehrung an einer 28,5 cm dicken Platte beschrieben, in der die Fertigteile einen Abstand von 4 cm zur Stütze hatten (Bild 6b, links). Diese beiden Versuche dienten jeweils als Referenzversuch für Ergänzungsversuche [6], in denen die Fertigteilplatten direkt an zwei Zentimeter zu hoch betonierte Stützen geführt wurden. Bild 6 zeigt die Anordnungen im Vergleich. Die Filigran®-Durchstanzbewehrung wurde direkt am Rand der Fertigteilplatten angeordnet, um den Abstand des Stabschwerpunktes vom Stützenrand von maximal 0,35 d einzuhalten. Die stützennahen Doppelkopfanker waren mit einem größeren Abstand von 0,375 d zum Stützenrand angeordnet, was im zulässigen Bereich von 0,35 d bis 0,5d liegt [5].

Die vier Durchstanzversuche wurden auf der gleichen Versuchsanlage geprüft. Die quadratischen Platten hatten eine Seitenlänge von 2,80 m. Zwischen den Fertigteilplatten wurden in allen vier Versuchen 4 cm breite Stoßfugen zusammen mit dem Aufbeton ausbetoniert. Weitere Details können [6] entnommen werden. In allen Versuchen wurde die Belastung zunächst bis zur planmäßigen Gebrauchslast von etwa der durch 2,1 dividierten erwarteten Bruchlast aufgebracht. Zwischen diesem Niveau und 50 % der erwarteten Bruchlast wurden zehn Lastwechsel gefahren. Anschließend wurde die Last in Stufen bis zur Höchstlast gesteigert. Bild 7 zeigt die Last-Durchbiegungskurven der Versu-

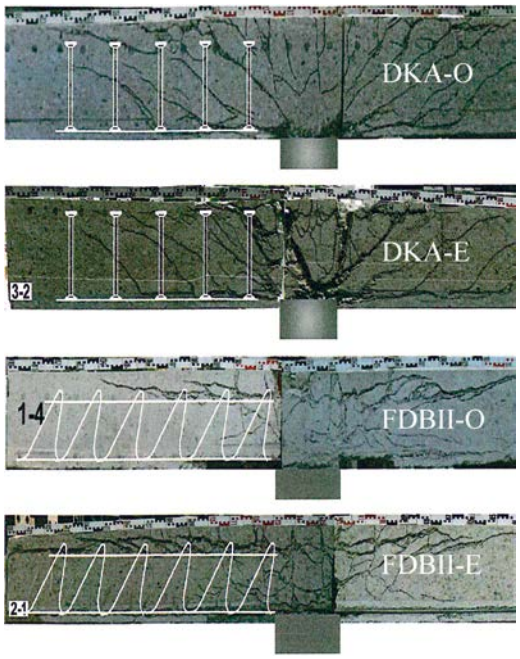


Bild 8 Rissbilder im Sägeschnitt der Versuchskörper, aus [6]

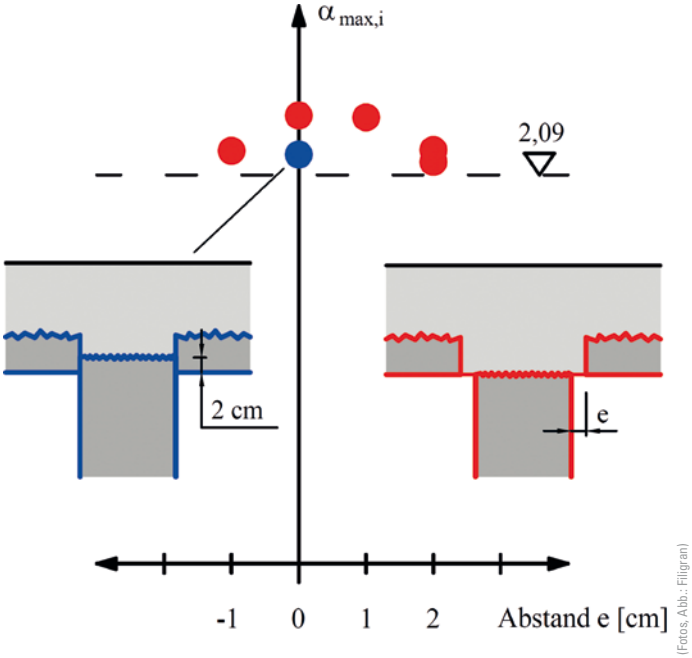


Bild 9 Erhöhungsfaktoren $\alpha_{max,\,i}$ der Filigran®-Durchstanzbewehrung FDB II in Versuchen an Elementdecken ohne [3] und mit [6] Stützeneinbindung in die Decke

che. Dabei wurde die aufgebrachte Querkraft zum einfachen Vergleich auf den jeweiligen rechnerischen Durchstanzwiderstand der durchstanzunbewehrten Platte bezogen. Die Durchbiegung entspricht dem Mittelwert der auf dem Belastungsring mit einem Durchmesser von 2,40 m gemessenen Werte.

In beiden Versuchen mit der Filigran®-Durchstanzbewehrung konnten die Versuchskörper nach Erreichen der Höchstlast und nach einer Entlastung bis auf etwa 80 % der Höchstlast wiederbelastet werden. Dies bezeugt ein duktiles Tragverhalten dieses Durchstanzbereiches. Die Last-Verformungskurven verlaufen sehr ähnlich (Bild 7, rechts), ein Einfluss der Stützeneindringung ist danach nicht erkennbar.

Die Last-Verschiebungskurven der Versuche mit Doppelkopfbolzen weichen ab einer Belastung von etwa dem 1,5fachen Widerstand einer schubunbewehrten Platte voneinander ab. Auf eine Wiederbelastung des Versuchskörpers DKA-E (Bild 7, links) nach dem Lastabfall wurde wegen fortgeschrittener Durchbiegung des Versuchskörpers verzichtet.

Nach Durchführung der Belastungsversuche wurden die Platten in der Ebene der Stützenseitenflächen durchgesägt, um die Rissbildung zu bewerten (Bild 8). Für die Versuche mit Doppelkopfankern zeigen die Sägeschnitte die für diese Bewehrung typische Schrägrissbildung. Als Versagensriss kann für den Versuch DKA-E ein kräftig ausgebildeter, steiler Schubriss nahe der Stütze ausgemacht werden, dessen Rissspitze auf die Vorderkante der 2 cm zu hoch eingebauten Stütze deutet, während sie beim Referenzversuch DKA-O etwas tiefer liegt.

Die Rissbilder der Versuche FDB-O und FDB-E mit Filigran®-Durchstanzbewehrung haben eine ähnliche Charakteristik. Es sind wenige Risse erkennbar, die sich entlang der Biegezugbewehrung vereinen. Ein stützennaher steiler Riss, der von der Durchstanzbewehrung nicht durchdrungen wird, ist nicht zu erkennen.

Ergebnisse

Die detaillierten Versuchsparameter und -ergebnisse der hier zitierten Versuche sind in [6] angegeben. Die in den Versuchen erzielten Durchstanzwiderstände werden darin auch mit dem rechnerischen Durchstanzwiderstand einer Platte ohne Schubbewehrung mit jeweils gleicher Geometrie und Betoneigenschaft verglichen.

Der Versuch FDB-E mit der Filigran®-Durchstanzbewehrung und einer Stützeneinbindung von 2 cm zeigt eine Laststeigerung gegenüber dem Rechenwert einer durchstanzunbewehrten Platte von $\alpha_{max,\,i} = 2{,}20$. Dieser Wert liegt mit 2 % geringfügig über dem Vergleichswert von $\alpha_{max,\,i} = 2{,}16$ für den Versuch ohne Stützeneinbindung. Bei Ansatz einer reduzierten statischen Höhe durch diese Stützeneinbindung reduziert sich sowohl die statische Höhe als auch die Länge des maßgebenden Rundschnittes. Für die Geometrie des Versuchskörpers FDB-E resultiert daraus ein um 15 % geringerer Durchstanzwiderstand, was auf den Referenzversuch bezogen ein Faktor von $\alpha_{max,\,i} = 1{,}84$ entspräche. Der Versuch mit der Filigran®-Durchstanzbewehrung bestätigt diesen Modellansatz nicht. Der Durchstanzwiderstand war im Versuch durch die Stützeneinbindung nicht reduziert und mit Gleichung (2) richtig erfasst. Der ermittelte Erhöhungsfaktor ist im Bild 9 zusammen mit den Ergebnissen anderer Versuche [3], in denen der Abstand der Fertigteilplatte vom Stützenrand variiert wurde, aufgetragen. Alle Ergebnisse liegen in einem Streuband über dem Zulassungswert von $\alpha_{max} = 2{,}09$ [4]. Dieser Wert wurde für die Filigran®-Durchstanzbewehrung FDB II in Versuchen an Elementdecken ermittelt.

Der Versuch DKA-E mit Doppelkopfankern und einer Stützeneindringung zeigt eine Laststeigerung gegenüber dem Rechenwert einer durchstanzunbewehrten Platte von $\alpha_{max,\,i} = 1{,}94$. Dieser Wert liegt etwa 7 % unter dem Vergleichswert von $\alpha_{max,\,i} = 2{,}08$ für den Versuch ohne Stützeneindringung. Für diesen Versuch wäre aufgrund der Stützeneinbindung eine Reduktion des Widerstandes um 14% auf $\alpha_{max,\,i} = 1{,}79$ zu erwar-

ten gewesen. Der im Versuch ermittelte Widerstand liegt somit zwischen dem rechnerischen Vergleichswert ohne und mit Berücksichtigung der Stützeneinbindung beim Ansatz der statischen Höhe.

Empfehlung

In den Versuchen mit der Filigran®-Durchstanzbewehrung FDB II zeigte sich auch bei einer Stützeneindringung von 2 cm ein Durchstanzwiderstand oberhalb des nach Zulassung [4] erwarteten Wertes von $\alpha_{max} = 2{,}09$. Danach scheint die gesonderte Berücksichtigung einer solchen geringfügigen Stützeneinbindung bei Einsatz dieses Systems verzichtbar. Die reduzierte Bruchlast im Durchstanzversuch mit Doppelkopfankern und einer Stützeneinbindung legt hingegen die Empfehlung nahe, eine Stützeneinbindung durch eine reduzierte statische Höhe bei der Widerstandsermittlung zu berücksichtigen.

Bis weitere Untersuchungen zum Einfluss einer zu hoch betonierten Stütze vorliegen, wird in [6] empfohlen, dass unabhängig vom Abstand der Elementplatte zur Stütze stets die Oberkante der Arbeitsfuge in der Stütze unter der Unterkante der Elementplatte liegt. Für den Fall einer zu hoch betonierten Stütze wird empfohlen, den Durchstanznachweis mit entsprechend verminderter statischer Höhe nachzuweisen.
Dieses Vorgehen ist auch bei größerer Stützeneinbindung, als in den Versuchen getestet wurde, zulässig.

Zusammenfassung

Der Durchstanzwiderstand von Flachdecken in Elementbauweise kann durch den Einsatz geeigneter Durchstanzbewehrung erhöht werden. Neben einem hohen Maximalwiderstand wird ein duktiler Knoten zwischen Stütze und Flachdecke angestrebt.
Um einen progressiven Kollaps der Gesamtkonstruktion zu vermeiden, ist eine Abreißbewehrung auf den Fertigteilplatten anzuordnen (Bild 2). Insbesondere für Platten ohne rechnerisch erforderliche Durchstanzbewehrung verbessert diese Bewehrung das Nachbruchverhalten.

Die Filigran®-Durchstanzbewehrung FDB II wurde in Durchstanzversuchen an Elementdecken geprüft und zeigte ein duktiles Verhalten (Bild 7, rechts). Fugen zwischen Fertigteilplatten im Durchstanzbereich sollen als Druckfuge 4 cm breit ausgeführt und mit Beton verschlossen werden. Die Fertigteilplatten können bis an die Stütze herangeführt werden. Vorrausetzung für ein bedingungsgemäßes Tragverhalten ist die stützennahe Anordnung dieser Durchstanzbewehrung (Bild 5).

Die Oberfläche von zuvor betonierten Stützen sollte unterhalb oder auf Höhe der Fertigteilunterseite enden. Bei Anwendung der Filigran®-Durchstanzbewehrung FDB II konnte experimentell gezeigt werden, dass dieses System robust ist und eine geringfügig um 2 cm zu hoch betonierte Stütze nicht zu einer Reduktion des Durchstanzwiderstandes führte. Geringe Abweichungen der Stützenhöhe im Rahmen von Ausführungsungenauigkeiten können danach bei Einsatz dieser Bewehrung unberücksichtigt bleiben. Größere Eindringtiefen können auf der sicheren Seite durch eine rechnerische Reduktion der statischen Deckenhöhe berücksichtigt werden. Das Bemessungsprogramm ProFi 4.0 [7] bietet auch diese Option.

Literatur

[1] Furche, J.; Bauermeister, U.: Flachdecken in Elementbauweise mit Gitterträgern – Hinweise zur Anwendung nach Eurocode 2. Beton- und Stahlbetonbau 109 (2014), Heft 11, S. 783–792.

[2] DIN EN 1992-1-1: 2011-01: Eurocode 2 : Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Grundlagen und Anwendungsregelungen für den Hochbau. Deutsche Fassung EN 1992-1-1: 2004 + AC 2010. Beuth Verlag, Berlin 2011.

[3] Siburg, C.; Hegger, J.; Furche, J.; Bauermeister, U.: Durchstanzbewehrung für Elementdecken nach Eurocode 2. Beton- und Stahlbetonbau 109 (2014), Heft 3, S. 170–181.

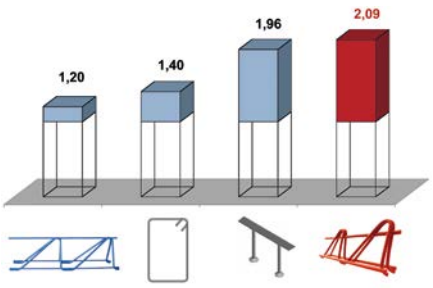
[4] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt): Europäisch Technische Zulassung ETA-13/0521 für Filigran-Durchstanzbewehrung FDB II – Filigran-Gitterträger als Durchstanzbewehrung, Berlin, 13. Juni 2013.

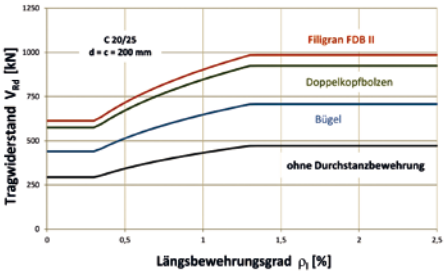
[5] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt): Europäisch Technische Zulassung ETA-13/0136 für Jordahl Durchstanzbewehrung JDA – Doppelkopfanker als Durchstanzbewehrung für punktförmig belastete Platten und Fundamente, Berlin, 27. März 2013.

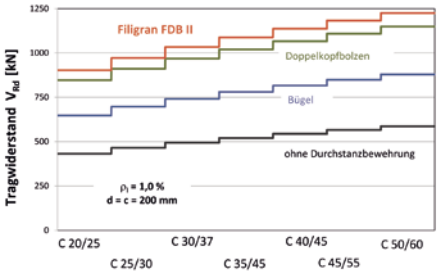
[6] Kueres, D.; Siburg, C.; Hegger, J.; Furche, J.; Sippel, T.: Zur konstruktiven Durchbildung des Decke-Stütze-Knotens in Flachdecken aus Elementplatten. Bautechnik 93 (2016), Heft 6, S. 356–365.

[7] ProFi 4.01: Bemessungsprogramm zum Nachweis von Durchstanzbereichen in Elementdecken, 28.3.2017, Filigran Trägersysteme GmbH & Co. KG, www.filigran.de.

www.filigran.de







Die FILIGRAN®-Durchstanzbewehrung FDB II erhöht den Durchstanzwiderstand einer Stahlbetonplatte um mehr als das doppelte. Der in der europäischen Zulassung ETA-13/0521 testierte Erhöhungsfaktor von 2,09 ist höher als für andere genormte oder zugelassene Systeme. Der Planer kann diesen erhöhten Widerstand auf verschiedene Weise nutzen. Höhere Lasten können aufgenommen werden oder Bauteilabmessungen reduziert werden. Aussparungen im Durchstanzbereich können angeordnet werden.

Durch den Einsatz der FILIGRAN®-Durchstanzbewehrung FDB II kann in bestimmten Fällen obere Biegezugbewehrung eingespart werden. Dieses ergibt sich aus dem Bemessungsansatz wonach sowohl die Durchstanzbewehrung als auch der Längsbewehrungsgrad den Durchstanzwiderstand beeinflussen.

Bei Einsatz der Die FILIGRAN®-Durchstanzbewehrung FDB II kann im Vergleich zur Anwendung anderer Durchstanzsysteme ggfs. auch die Betonfestigkeitsklasse reduziert werden. Der im Vergleich zu Doppelkopfbolzen etwa 7% höhere Durchstanzwiderstand entspricht etwa dem Einfluss einer Festigkeitsklasse.

ETA-13/0521 nach Eurocode 2

Durchstanzwiderstand mehr als verdoppelt

Mit überragenden Schlaufen zur Höchstlast

FILIGRAN®
Durchstanzbewehrung FDB II

Ansprechpartner:
Dipl.-Ing (FH) Moreno Schlüter
Tel.: 0163/55922-84
Mail: m.schlueter@filigran.de

Filigran Trägersysteme GmbH & Co. KG
Zappenberg 6 · D-31633 Leese · Tel. 05761/9225-0
www.filigran.de