

TEC21



– SONDERDRUCK –

Durchstanzen im Bestand

Modellbildung des Rotationsverhaltens bestehender Flachdecken
Bauverfahren für vorgespannte Stahlpilze

Modellbildung des Rotationsverhaltens bestehender Flachdecken

Bei der Verstärkung hinsichtlich Durchstanzen sollte die Belastungsgeschichte berücksichtigt werden.

Die Experten von F. J. Aschwanden argumentieren für vorgespannte, nachträglich eingebrachte Durchstanzverstärkungen.

Text: Albin Kenel, Stefan Lips

Auf der Basis von Versuchen¹ wurden die in diesem Beitrag dargestellten Modellvorstellungen zum Querkraft-Rotationsverhalten von nachträglich verstärkten Flachdecken validiert und publiziert.² Die Bemessungsregeln der aktuellen Norm SIA 262:2013 Betonbau basieren mehrheitlich auf Durchstanzversuchen, die mit monoton wachsender Belastung oder Deformation innerhalb einer kurzen Zeit bis zum Bruch durchgeführt wurden (li. Abb. im Kasten).

lasteten Zustand der Decke V_0 eingebracht. Doch weil die Decke bereits eine höhere Gebrauchslast⁴ V_{max} erfahren hat, befindet sich die zu V_0 gehörende Rotation $\Psi(V_0)$ auf einem Entlastungspfad (mittl. Abb. im Kasten). Dies ist wichtig anzumerken, da in der Literatur oder in Bemessungshilfen oft fälschlicherweise $\Psi(V_0)$ ebenfalls auf dem normativ definierten Belastungspfad angegeben wird. Das Entlastungsverhalten der Platte ist zwar nicht normativ geregelt, doch die Fachliteratur bietet dafür gewisse Ansätze.⁵ Das Bemessungsmodell dieser Studie zeigt insbesondere, dass die Aktivierung einer schlaff eingebauten Verstärkungsmassnahme erst durch grosse Zusatzrotationen ($\Delta\Psi$) erfolgt.

Entlastungspfad erfassen

Bei der Bemessung von Verstärkungsmassnahmen für eine bestehende Flachdecke sollte zusätzlich noch ihre Belastungs- und Verformungsgeschichte berücksichtigt werden, was durch eine Erweiterung des Bemessungsmodells³ der SIA-Norm 262:2013 möglich ist. In der Regel wird eine Durchstanzverstärkung in einen ent-

Aufgrund der Lastverformungsgeschichte (re. Abb. im Kasten) werden die Vorteile der nachträglichen Vorspannung einer Durchstanzverstärkung gezeigt: Die Vorspannung der Stahlpilze bewirkt sowohl eine Entlastung der Decke im Stützenbereich als auch eine

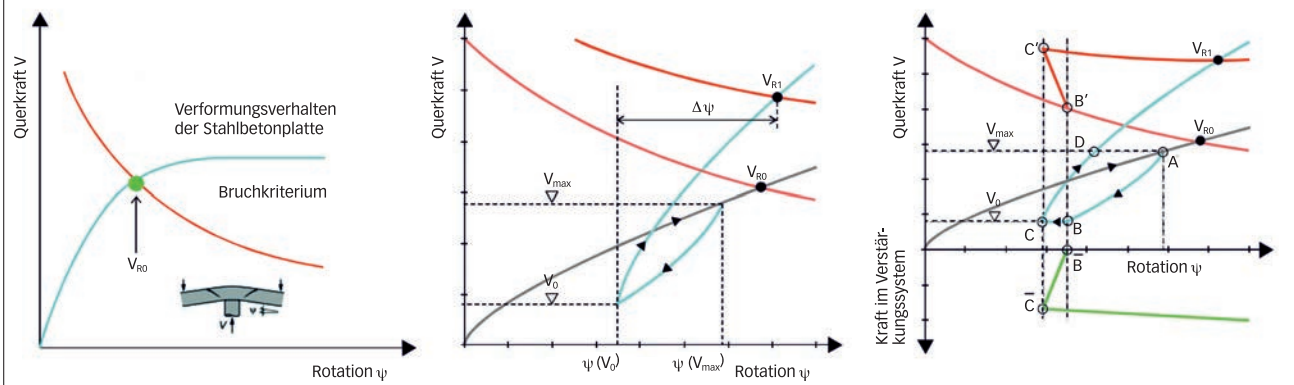
Querkraft-Rotationsverhalten

Beim **Neubau** (links) wird immer vom gleichen Verformungsverhalten der Decke beim Stützenkopf ausgegangen. Hingegen ist bei **nachträglich verstärkten Stützenköpfen** (Mitte) die Verformungsgeschichte zu berücksichtigen, insbesondere zum Zeitpunkt der maximalen Last im Gebrauch (V_{max}) und des Einbringens

der Verstärkungsmassnahme (V_0). Deren zugehörige Rotationen befinden sich auf einem Entlastungspfad. Die Aktivierung einer Verstärkungsmassnahme findet erst nach der Rotation $\Psi(V_0)$ statt, was bei Stützenkopfverstärkungen mit extern angebrachtem Stahlpilz zu einer Versteifung der Platte (steilere Querkraft-Rotationskurve) führt.

Bei **vorgespannten Stützenkopfverstärkungen** kann das Modell verfeinert werden (rechts). Bei der Erstbelastung steigt die Rotation mit zunehmender

Last bis zu einer maximalen Belastung (0A). Wird die Platte entlastet, reduziert sich die Rotation entlang des Entlastungspfads (AB). Wird auf diesem Lastniveau ein Stahlpilz eingebaut und vorgespannt, reduziert sich die Rotation der Platte (BC). Gleichzeitig wird durch die Aktivierung des Systems infolge der Vorspannung (BC) der Durchstanzwiderstand bei der Stütze vergrössert (B'C'). Die Traglast der Platte V_{R1} wird erreicht, wenn die steilere Belastungskurve der Platte die Widerstandskurve schneidet. •



Vergrößerung des Nachweisschnitts. Wird nun die Platte wiederbelastet, hat die Platte infolge des erweiterten Stützenkopfs ein steiferes Verformungsverhalten.

Vorteilhafte Vorspannung

Eine nichtvorgespannte Verstärkung wird erst durch grosse zusätzliche Plattenverformungen aktiviert. Bei nachträglich installierten Durchstanzbewehrungen wird zwar der Widerstand durch die Verstärkung der schubkritischen Zone (kontrollierte Schubrissöffnung) erhöht, jedoch ohne Steifigkeitsgewinn. Aus diesen Gründen wird eine aktive Entlastung der Flachdecke empfohlen – zum Beispiel durch die Vorspannung eines nachträglich installierten Stahlpilzes – um eine sichere Verstärkung der Decke zu garantieren.

Bei einer nachträglich installierten, in der Regel eingeklebten Durchstanzbewehrung wird die Vorspannung nur mit grossem Aufwand aufgebracht. Die Kraft der eingeklebten Durchstanzbewehrung, durch eine Vorspannung aufgebracht oder durch nachträgliche Plattenverformungen hervorgerufen, kann langfristig

infolge von Kriechverformungen des Klebmörtels sinken. Dies ist insbesondere zu beachten, wenn der Hauptanteil der Verformung zur Aktivierung der Massnahme auf die ständigen Einwirkungen zurückzuführen ist. •

Anmerkungen

1 A. Kenel, S. Lips: Sicherheit gegen Durchstanzen von Stützen durch Flachdecken und Bodenplatten, in: Gutachten für F.J. Aschwanden, 28 S., 2014.

Dabei hat man insgesamt vier grossmassstäbliche Durchstanzversuche mit extern angebrachten Stahlpilzen durchgeführt und eine Reihe von Parametern untersucht, wie etwa den Einfluss einer Rissbildung und Entlastung in der unverstärkten Platte oder eine ungenügende Verankerung der Biegebewehrung.

2 A. Kenel, T. Keller: Externer Stahlpilz zur nachträglichen Erhöhung des Durchstanzwiderstandes von bestehenden Flachdecken. In: Gutachten für F.J. Aschwanden, 20 S., 2013.

3 A. Muttoni: SIA-Dokumentation D0182, Kapitel 5, Durchstanzen, 125 S., 2003.

4 Diese Gebrauchslast ist in der Regel unbekannt, kann aber näherungsweise für «seltene Lastfälle» angenommen werden.

5 R. Koppitz, A. Kenel, T. Keller: Effect of load history on punching shear resistance of flat slabs, in: Engineering Structures, Vol. 90, S. 130–142, 2015.

PRAXIS

Bauverfahren für vorgespannte Stahlpilze

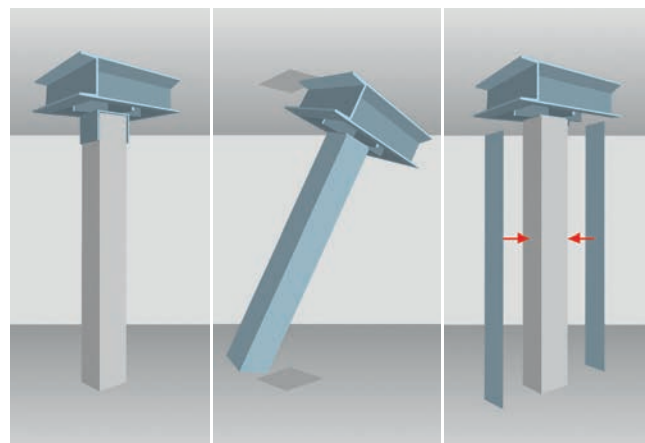
Zur Verstärkung bestehender Flachdecken hinsichtlich Durchstanzen können Stahlpilze am Stützenkopf nachträglich eingesetzt werden.

Die Autoren beschreiben, wie diese vorgespannt werden sollen, um die Wirksamkeit der Massnahme sicherzustellen.

Text: Albin Kenel, Stefan Lips

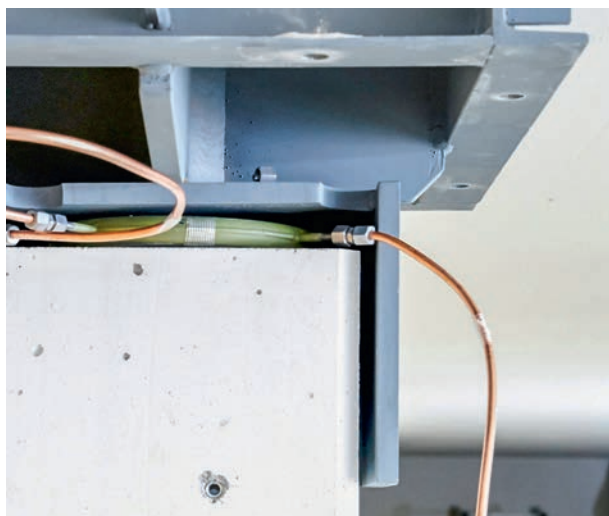
Die Anforderungen an bestehende Gebäude ändern sich im Verlauf ihrer Lebensdauer durch Umnutzungen oder Eingriffe in die Tragstruktur. Infolge erhöhter Nutz- und Auflasten oder durch Stützen ersetzter Wände müssen bestehende Decken oft verstärkt werden. Bei Flachdecken sind Verstärkungen typischerweise im Stützenbereich anzuordnen, da dort in der Regel lokales sprödes Durchstanzversagen das massgebende Bemessungskriterium wird. Die Forderung nach einem verbesserten Tragverhalten resultiert zudem aus den teilweise strengeren Bestimmungen heutiger Tragwerksnormen wie der Betonnorm SIA 262:2013 oder des fib Model Code 2010.

Eine mögliche Massnahme zur nachträglichen Verstärkung der bestehenden Decke im Bereich des Stützenkopfs stellt der extern angeordnete Stahlpilz mit Vorspannung dar. Dieser kann auf drei Arten eingebaut werden (Abb. rechts):



Drei Verfahren zum Einbau eines **nachträglich vorgespannten Stahlpilzes**: Ersatz des Stützenkopfs (links). Ersatz der Stütze durch eine Stahl-Beton-Verbundstütze mit Stahlpilz (Mitte). Erhalt der Stütze (rechts).

Durchstanzen im Bestand



Zwei Verfahren zur **Vorspannung des Stahlpilzes**: mittels **verlorener Presse** zwischen Stützkopf und Pilz (li.) oder mit **Schrauben** entlang des Randträgers (re.). Seltener sind die ergänzten Pilzabstützungen am Stützenfuss, die aufgedrückt werden.

Bei der ersten Variante wird die Decke provisorisch gespriesst, der Stützkopf abgetrennt und durch einen Stahlpilz ersetzt.

Alternativ wird die Decke provisorisch gespriesst, die bestehende Stütze entfernt und durch eine neue Stütze mit integriertem Stahlpilz ersetzt. Diese Option wird bei zusätzlichen Unzulänglichkeiten der bestehenden Stütze verfolgt. Bewehrungskorrosion im Bereich des Stützenfusses oder geringe Bewehrungsüberdeckung senkt die Dauerhaftigkeit, während die Abplatzungsgefahr des Betons die Brandsicherheit der Stütze unter ein akzeptables Niveau senkt. Dann wird es nötig, die Stütze zu ersetzen. Bei der dritte Variante bleibt die Stütze bestehen und der Stahlpilz wird um diese herum gebaut, abgestützt und vorgespannt. Damit entfällt die provisorische Spriessung der Decke.

Stahlpilzvorspannung

Eine Vorspannung des Stahlpilzes gegen die Decke wird empfohlen, um die Verstärkung mit Sicherheit zu aktivieren. Drei Ausführungen stehen zur Auswahl:

Die Vorspannung erfolgt mittels einer verlorenen Presse. Die Verformung und damit die Kraftschlüssigkeit des Pilzes mit der Deckenunterseite wird durch gezielte und kontrollierte Fütterung auf der Pilzoberseite sichergestellt (Abb. oben, links). Alternativ wird der Stahlpilz entlang des Randträgers mittels HV-Schrauben mit der Deckenunterseite verspannt. Unebenheiten können somit ausgeglichen werden, und die Vorspannung kann nachträglich angepasst werden (Abb. oben, rechts). In seltenen Fällen wird die Verbundstütze am Stützenfuss mithilfe eines temporären Presskragens vorgespannt und unterfüttert, oder sie wird am Stützenfuss mit einer verlorenen Presse vorgespannt.

Biegebewehrung und Brandschutz

Die Überprüfungspraxis zeigt, dass die Biegebewehrung im Stützenbereich häufig zu kurz verankert oder zu kurz gestossen ist. Dieser Nachteil kann sich – abhängig vom Verstärkungskonzept – verschärfen, wenn die gestützte Fläche noch weiter ins Feld verschoben wird oder der Momentenverlauf ungünstig beeinflusst wird. Deshalb wird die Biegebewehrung der Platte allenfalls nachträglich ergänzt.¹

Der Brandschutz eines Stahlpilzes wird durch eine Einhausung aus Gipsplatten, aufschäumende Brandschutzanstriche oder Spritzputz sichergestellt. Wichtig bei der thermischen Isolierung ist die Verhinderung von Nebenwegen, durch die die Wärme zu tragenden und allenfalls temperaturempfindlichen Bauteilen gelangt.

Unabhängig von der Vorspannvariante garantiert eine einfach zu kontrollierende Vorspannung oder der Verzicht auf Verklebungen oder Vermörtelungen eine dauerhafte Vorspannung ohne Spannkraftverlust. •

Dr. Albin Kenel, Technischer Berater von F. J. Aschwanden, Leiter der Abteilung Bautechnik der Hochschule Luzern; albin.kenel@hslu.ch

Dr. Stefan Lips, Technischer Leiter Forschung & Entwicklung bei F. J. Aschwanden; s.lips@aschwanden.com

Anmerkung

¹ A. Kenel, T. Keller, Externer Stahlpilz zur nachträglichen Erhöhung des Durchstanzwiderstandes von bestehenden Flachdecken, Gutachten, 20 S., 2013.

IMPRESSUM

Herausgeber
espazium – Der Verlag für Baukultur
Staffelstrasse 12, 8045 Zürich
+41 044 380 21 55
katharina.schober@espazium.ch
Katharina Schober, Verlagsleitung

Adresse der Redaktion
TEC21 – Schweizerische Bauzeitung
Staffelstr. 12, Postfach, 8021 Zürich
+41 044 288 90 60, redaktion@tec21.ch
www.espazium.ch

Judit Solt, Chefredaktorin
Thomas Ekwall, Bauingenieurwesen
Christof Rostert, Abschlussredaktor

Druck/Layout
Stämpfli AG, Bern