

ETA 13/0151 (Peikko PSB Durchstanzbewehrung) – Bemessungshintergrund und Empfehlungen

Stahlbeton-Flachdecken werden heute in den meisten Tragwerken für Wohn-, Verwaltungs- und Industriegebäuden sowie in diversen anderen Bauten eingesetzt. Das Tragwerk besteht in der Regel aus Decken, die ohne Unterzug punktförmig auf Stützen oder Wänden aufgelagert sind (Abb.1). Diese Konstruktion erlaubt die optimale Nutzung der Grundrissfläche und Einsparungen in der Gesamtgebäudehöhe.

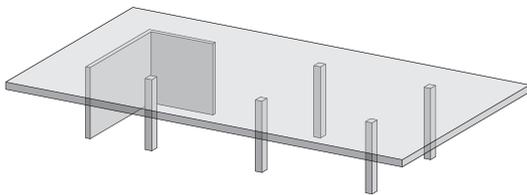


Abb.1 Flachdecke unterstützt durch Stützen und Wände

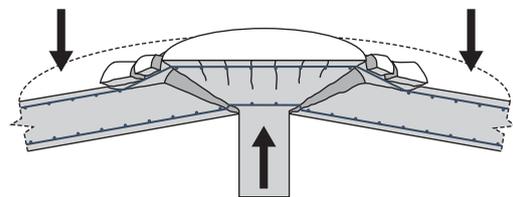


Abb.2 Durchstanzversagen

Zwischen den Auflagerpunkten wird die Platte als zweiachsig gelagerte Platte bemessen, um Biegemomenten in zwei Richtungen standzuhalten. An den Auflagerpunkten kommen Querlast-Reaktionen der Auflager zu den Biegemomenten hinzu. Die kombinierten Lasten können im Spannungszustand ein Durchstanzversagen der Platte verursachen. Der Nachweis des Durchstanzwiderstandes der Platte ist meist ausschlaggebend für die Dicke der Betonplatte (Abb.2).

Eine Platte ohne vertikale Bewehrung besitzt einen geringen Durchstanzwiderstand. Dieser kann durch die gezielte, vertikale Anordnung von PSB Elementen erhöht werden, sodass die Bildung eines Betonkegels in der Platte verhindert wird (Abb.3). Peikko PSB kann auch als Querkraftbewehrung für Bodenplatten eingesetzt werden.

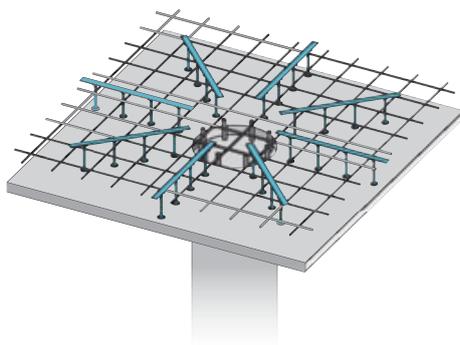


Abb.3 Flachdecke mit PSB Durchstanzbewehrung

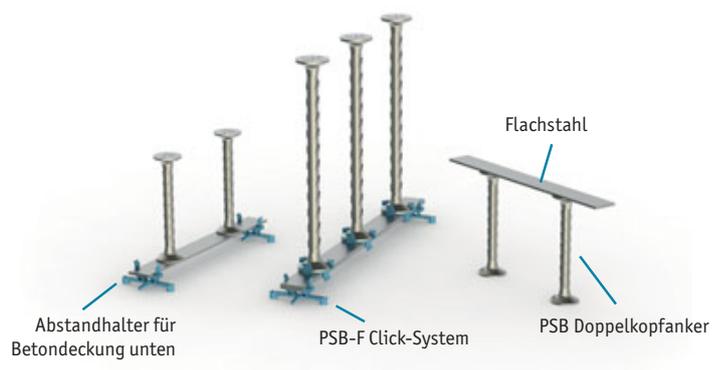


Abb.4 Verfügbare Arten von PSB Elementen

PSB Elemente bestehen aus Doppelkopfanker, die mit einem Flachstahl als Abstandhalter ausgestattet sind (Abb.4). Diese Montageleiste hat keine tragende Funktion; sie dient als Positions- und Abstandhalter für die Anker während des Betonierens. Die hervorragenden Eigenschaften der PSB-Doppelkopfanker erzeugen in Platten mit PSB Elementen einen deutlich höheren Widerstand als eine herkömmliche Bügelbewehrung.

Die signifikante Erhöhung der Tragfähigkeit und der Verformungskapazität eines Bauteils gegenüber einer Betonplatte mit herkömmlicher, offener oder geschlossener Bügel-Bewehrung ist das Hauptargument für den Einsatz von Doppelkopfkernern als Durchstanzbewehrung. Dieses Argument wurde 2012 durch Großversuche an Stahlbetonplatten mit Peikko PSB-Durchstanzbewehrung in den Labors der Eidgenössischen Technischen Hochschule Lausanne (EPFL) nachgewiesen. Die Versuchsergebnisse waren die Grundlage für die Erstellung der Europäischen Technischen Zulassung ETA-13/0151 für die Planung und den Einsatz der PSB Durchstanzbewehrung.

TRAGFÄHIGKEIT DER FLACHDECKE NACH ETA 13/0151

Die Bemessungsanforderungen der ETA 13/0151 basieren auf den Bemessungsmethoden nach EN 1992-1-1 unter Berücksichtigung verschiedener Abweichungen, die sich aus dem unterschiedlichen Verhalten der Doppelkopfkernere ableiten, welches durch experimentelle Tests ermittelt wurde. Der maximale Durchstanzwiderstand von PSB bewehrten Flachdecken wird in Übereinstimmung mit der ETA 13/0151 wie folgt ermittelt:

$$V_{Rd,max} = 1,96 \cdot V_{Rd,c} \quad (1)$$

Zum Vergleich ermittelt sich der maximale Durchstanzwiderstand von Platten mit herkömmlicher Bügelbewehrung nach EN 1992-1-1 inkl. Nationalem Anhang:

$$V_{Rd,max} = k \cdot V_{Rd,c} \quad (2)$$

wobei $k=1,4-1,6$ abhängig von der effektiven Höhe der Platte ist. Die Tragfähigkeit der Platten mit Peikko PSB Doppelkopfkernern im Vergleich zu konventionell bewehrten Platten mit Bügelbewehrung ist bis zu 40% höher.

EINWIRKUNG DER SCHLANKHEIT AUF DIE TRAGFÄHIGKEIT DER FLACHDECKEN

Der Einfluss der Plattenschlankheit auf die Durchstanzfestigkeit von Flachdecken wurde mit theoretischen und experimentellen Studien in der Vergangenheit gezeigt (z.B. Referenz [9]). Dieser Effekt wurde auch in mehreren ehemaligen und aktuellen Normen (Ö-Norm B4700, SIA 262, fib MC 2010) interpretiert. Dennoch wird dieser Effekt durch das Bemessungsmodell nach EN 1992-1-1 und auch durch das Design Modell der ETA Zulassungen von Bauprodukten, die sich darauf beziehen (einschließlich ETA 13/0151), ignoriert.

Die Anforderungen für das Verhalten von Doppelkopfkernern in Flachdecken wurde von der EOTA (Europäische Organisation für Technische Zulassungen) durch das CUAP 03.01/05 2012 veröffentlicht. Unter anderem erfordert das CUAP 03.01/05 die Ermittlung des maximalen Durchstanzwiderstandes für Decken durch mindestens 6 Großversuche basierend bis zu einer Schlankheit von $3,0 \leq a_\lambda/d \leq 5,0$ (Abb. 5).

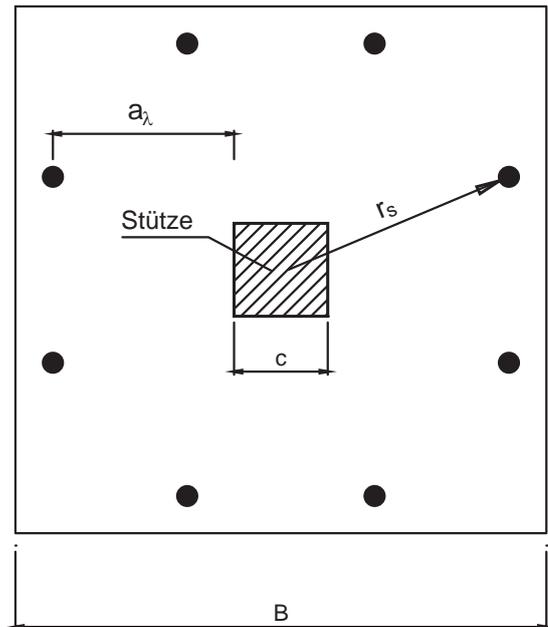


Abb.5 Draufsicht einer geprüften Platte

Die durchgeführten Versuche, um den maximalen Widerstand von mit Peikko PSB Elementen bewehrten Flachdecken zu ermitteln, sind aufsummiert in der Tabelle 1 (siehe auch Referenz [8] für weitere umfassende Informationen). Sechs dieser Tests befinden sich innerhalb des durch das CUAP 03.01/05 definierten Bereichs (Schlankheit $3,0 \leq a_\lambda/d \leq 5,0$), drei Versuche haben eine höhere Schlankheit als die maximal durch das CUAP 03.01/05 empfohlene.

Abb.6a zeigt, dass das Design-Modell nach ETA 13/0151 sehr konservativ ist, wenn es sich um Platten innerhalb der empfohlenen Schlankheit im Umfang des CUAP 03.01/05 handelt, aber nicht konservativ, wenn Platten eine höhere Schlankheit als $a_\lambda/d > 5,0$ aufweisen. Gleichzeitig gibt es in der ETA-Zulassung keine definierte Beschränkung für die Anwendung des Konstruktionsmodells in Abhängigkeit von der Plattenschlankheit.

Ein Korrekturfaktor, welcher den Einfluss der Schlankheit innerhalb des Bemessungsmodells nach ETA 13/0151 berücksichtigt, wurde von Prof. Muttoni (EPFL Lausanne) empfohlen:

$$k_{max,i} = 1,96 \cdot \left(\frac{5 \cdot d}{r_s}\right)^{1/3} \quad (3)$$

wobei r_s den Punkt bezeichnet, an dem das radiale Biegemoment bezogen auf die Auflagerachse gleich Null ist. Der Faktor wird in der Formel (1) anstelle des konstanten Wertes 1,96 verwendet. Abb.6b zeigt, dass die maximalen Widerstände bestimmt gemäß Formel (3) konservativ für den gesamten Bereich der verschiedenen Plattenschlankheiten sind.

Tabelle 1 Eigenschaft von Platten mit Doppelkopfkankern

		B	h	d	r _s	c	A _s	dA	f _c	V _{R,test}	ρ [%]
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[MPa]	[kN]	
Peikko	PP1	1700	180	136	765	180	φ 16/90	10	26,4	864	1,64
	PP2	1700	180	139	765	180	φ 16/90	12	54,8	1095	1,61
	PP3	3000	400	330	1505	440	φ 26/100	25	26,9	4754	1,61
	PP4	1700	250	211	765	260	φ 20/100	16	30,9	2076	1,49
	PP5	2300	250	205	1120	260	φ 20/100	16	31,5	1812	1,53
	PP6*	3900	250	203	1926	260	φ 20/100	16	32,7	1569	1,55
Ibeton	PL6*	3000	250	198	1505	130	φ 20/100	14	36,6	1363	1,59
	PL7*	3000	250	197	1505	260	φ 20/100	14	35,9	1773	1,59
	PL9	3000	320	266	1505	340	φ 26/200	18	32,1	3132	1,59
	PL10	3000	400	343	1505	440	φ 26/100	22	33,0	5193	1,55

*Platten außerhalb des Umfangs des CUAP

VERGLEICH VON ETA 13/0151 MIT DEN EHEMALIGEN ZULASSUNGEN

Peikko PSB Doppelkopfkanker wurden in Österreich zuvor mit der Zulassung MA 64-8635/2006 genehmigt. Diese Zulassung formuliert den maximalen Plattenwiderstand wie folgt:

$$V_{Rd,max} = 2 \cdot I \cdot V_{Rd,c} \quad (4)$$

Die maximale Tragfähigkeit der Platte ohne Durchstanzbewehrung ist gemäß Ö-Norm B4700 wie folgt festgelegt:

$$V_{Rd,c} = 1,2 \cdot \tau_d \cdot \kappa_c \cdot \left(1,2 + 2000 \cdot \frac{d}{l} \cdot \rho \right) \quad (5)$$

wo τ_d die Schubfestigkeit des Betons ist, κ_c ein Faktor für Berücksichtigung der effektiven Höhe der Platte, ρ der Bewehrungsgehalt und $\frac{d}{l}$ die Schlankheit der Platte repräsentiert.

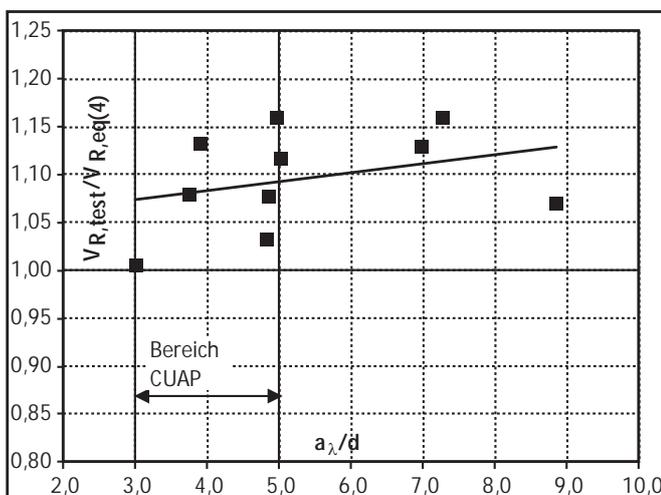


Abb.7 vergleicht die maximalen Widerstände definiert in der ehemaligen österreichischen Zulassung MA 64-8635/2006 mit den maximalen Widerständen definiert in der aktuellen ETA-Zulassung von Peikko PSB Doppelkopfkankern mit und ohne Korrekturfaktor. Der Vergleich zeigt eine gute Korrelation zwischen den Ergebnissen der ETA-Zulassung mit Korrekturfaktor und den Ergebnissen in Übereinstimmung mit der Zulassung MA 64-8635/2006.

Die ETA-Zulassung von Peikko PSB Doppelkopfkankern (wie auch die ETA-Zulassungen von anderen, ähnlichen auf dem Markt erhältlichen Produkten) ist die einzige offizielle Referenz für die Bemessung von mit Durchstanzbewehrung geplanten Systemen. Für die Bemessung solcher Systeme kann der Peikko Designer® verwendet werden, welcher kostenfrei auf der Website www.peikko.at verfügbar ist. Im Peikko Designer® Durchstanzmodul ist die ETA 13/0151 als Grundeinstellung für die Bemessung der Durchstanzbewehrung hinterlegt.

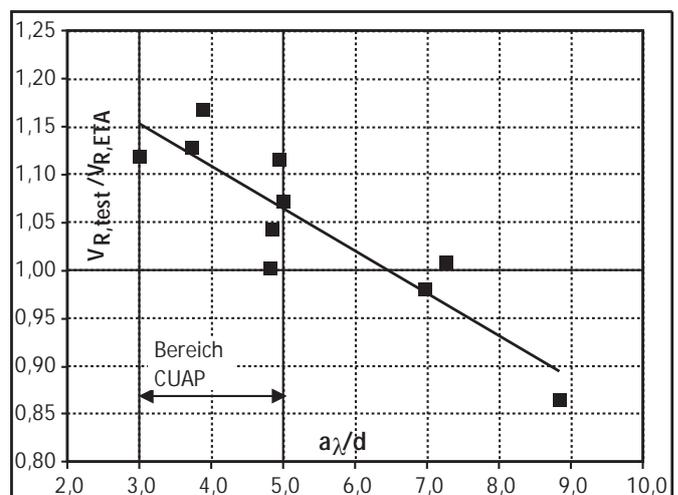


Abb.6 Sicherheitsbeiwerte nach a) ETA Bemessungsmodell b) verbessertem Bemessungsmodell

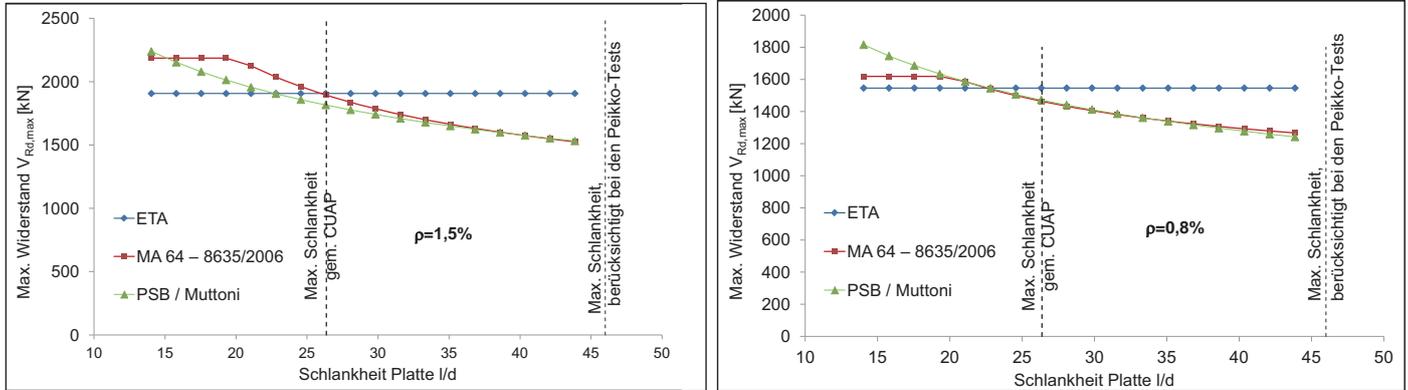
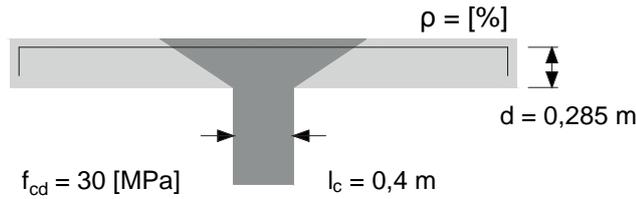


Abb.7 Vergleich der Widerstände von ETA 13/0151 und MA 64-8635/2006

Als Option wird es mit dem nächsten Programm-Update möglich sein, eine Bemessung nach Formel (3) und Berücksichtigung des Korrekturfaktors für die Schlankheit der Decke zu wählen, um folgendes zu erreichen:

- Mehr Sicherheit (vor allem für schlanke Decken)
- Ähnliche Bemessung im Vergleich zur vormaligen österreichischen Zulassung MA 64-8635/2006

FUNDAMENTPLATTEN UND EINZELFUNDAMENTE GEMÄSS ETA 13/0151

Das Verhalten von Peikko PSB Doppelkopfkankern in Fundamentplatten wurde durch drei Großversuche ermittelt, wobei die dicken, bewehrten Bodenplatten einmal durch die Stütze als auch durch den Widerstand der Bodenpressung belastet wurden. Das Testen von mit Doppelkopfkankern bewehrten Bodenplatten ist im CUAP 03.01/05 nicht zwingend vorgeschrieben.

Das CUAP 03.01/05 gestattet Bauprodukten mit ETA Zulassung, welche nicht gesondert in Bodenplatten getestet wurden, folgende Formel für die Bemessung des Durchstanzwiderstandes anzuwenden:

$$V_{Rd,max} = 1,5 \cdot V_{Rd,c} \quad (6)$$

Aufgrund dieser Tests von PSB Elementen in Bodenplatten erlaubt es die ETA 13/0151, folgende Formel anzuwenden, welche einen ca. 10% höheren Durchstanzwiderstand ergibt verglichen mit (6):

$$V_{Rd,max} = 1,62 \cdot V_{Rd,c} \quad (7)$$

Peikko PSB Doppelkopfkanker sind eine der wenigen (wenn nicht die einzigen) Produkte auf dem Markt, die für das Durchstanzen in Bodenplatten getestet wurden. Als Konsequenz

erlaubt eine Bemessung nach ETA 13/0151 bemerkenswerte Einsparungen bei den Fundamentstärken, sowohl im Vergleich zu Fundamentplatten mit Bügelbewehrung, als auch im Vergleich zu den meisten (wenn nicht allen) anderen auf dem Markt befindlichen Produkten.

REFERENZEN

- [1] EN 1992-1-1, Eurocode 2: Design of Concrete Structures—Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings, CEN, Brussels, Belgium, 2004, 225 pp.
- [2] fib Bulletin No. 66: Model Code 2010 - Final draft, V. 2, Lausanne, Switzerland, 2012, 370 pp.
- [3] MA 64-8635/2006 – Verordnung des Magistrates der Stadt Wien vom 30. Mai 2007 über die bis zum 31. Dezember 2011 befristete Zulassung der Peikko® PSB Doppelkopfelemente.
- [4] EOTA, Common Understanding of Assessment Procedure 03.01/05, Double headed studs for the increase of punching resistance in flat slabs on column, for European Technical Approval, Brussels, Belgium, February 2012, 29 p.
- [5] Ö-Norm B4700(01): Stahlbetontragwerke – Eurocode- nahe Berechnung, Bemessung und konstruktive Durchbildung. Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 2001.
- [6] SIA 262: Betonbau. SIA, Zürich, 2013.
- [7] Deutsches Institut für Bautechnik, European Technical Approval 13/0151 – PEIKKO PSB Punching reinforcement. Berlin, Germany, May 2012, 25 p.
- [8] Muttoni, A. Bujnak, J. Performance of slabs reinforced by Peikko PSB studs demonstrated by full scale tests and validated by ETA approval starting April 2013. Concrete connection 01/2013, Customer magazine of Peikko Group available online <http://tinyurl.com/m2ctg5e>
- [9] Hegger, J.; Beutel, R.; Kerkeni, N.: Einfluss der Deckenschlankheit auf den Durchstanzwiderstand nach DIN 1045-1, SIA 262, Ö-Norm B 4700(01) und Eurocode prEN 1992-1-1. Beton- und Stahlbetonbau 99 (2004), Heft 1, p. 23–32.