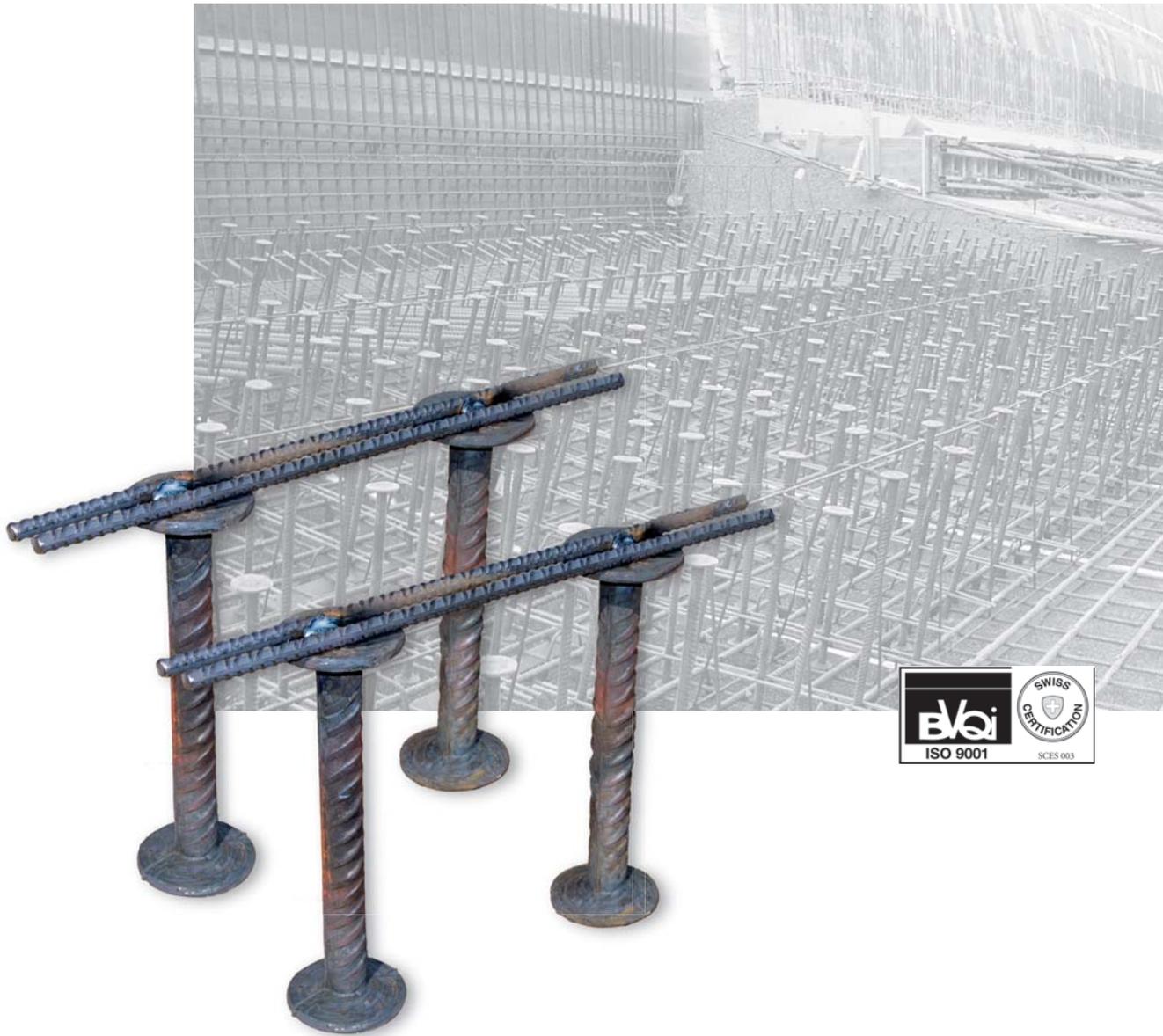


ancoPLUS®

Durchstanz- und
Schubbewehrungen



**Gutachten zur Bemessung für
ancoPLUS® gemäss SIA 262 (2003)**

ancotech



ANCOTECH AG, Produktion und Administration in Dielsdorf/Schweiz

ANCOTECH SA, production et administration à Dielsdorf/Suisse

Täglich entwickeln unsere Ingenieure Lösungen im Bereich Verankerungstechnik und Spezialbewehrungen für das Baugewerbe. Dabei kommt uns unsere über 20-jährige Erfahrung zugute, sowohl als Hersteller wie auch als Ingenieurbüro.

Nos ingénieurs travaillent quotidiennement à l'élaboration de solutions dans le domaine des armatures de poinçonnement et des ancrages pour la construction. Notre longue expérience de bientôt 20 ans nous est très précieuse tant au niveau de la production qu'à celui de notre bureau d'ingénierie.

ANCOTECH AG,
ein starker Name, eine starke Firma.

ANCOTECH SA,
Un nom solide, une entreprise solide.

ancotech

Bemessung des Durchstanzbewehrungssystems ancoPLUS gemäss SIA 262 (2003)

Dieser Bericht umfasst 13 Seiten und darf nur in voller Länge verbreitet werden .
Das Originaldokument wurde in französischer Sprache abgefasst. Bei Abweichungen
ist die französische Version massgebend.

Dr. Aurelio Muttoni

Professor an der 'Ecole Polytechnique
Fédérale de Lausanne (EPFL)

Dr. Miguel Fernandez Ruiz

Muttoni & Fernández, beratende Ingenieure
Ch. de Maillefer 37
1052 Le Mont sur Lausanne / Suisse

Projekt 07.A05, Bericht 07-A05-R1c, 20. November 2007

20.November 2007

Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort.....	2
2. Einleitung	2
3. Systembeschreibung	2
4. Referenzen	3
5. Abweichungsnachweis.....	4
a) Bemessung der Anker	4
b) Oberer Grenzwert des Durchstanzwiderstands	4
c) Äussere Prüfung der Durchstanzbewehrung	4
6. Bauliche Durchbildung	5
7. Bemessungsverfahren und Grenzen der Anwendung	6
a) Bemessung der Anker	6
b) Oberer Grenzwert des Durchstanzwiderstands	8
c) Äussere Prüfung der Durchstanzbewehrung	8
8. Vergleich der Versuchsergebnisse mit dem vorgeschlagenen Modell und der Bemessung gemäss SIA 262.....	8
9. Schluss	11
10. Anhang 1. Zitierte Ziffern aus der Norm SIA 262 (2003) [1].....	12

1. Vorwort

In diesem Dokument wird das Verhalten des Durchstanzbewehrungssystems ancoPLUS auf Grundlage der im Labor entwickelten Versuche der Firma ANCOTECH AG und anderer Versuche mit ähnlichen Systemen in der wissenschaftlichen Literatur untersucht. Die Gültigkeit dieses Dokumentes bleibt jedoch auf die darin behandelten Versuche beschränkt. Die Ersteller dieses Berichts übernehmen keinerlei Haftung für dessen Anwendung in der Praxis sowie dessen Software-Implementierung.

2. Einleitung

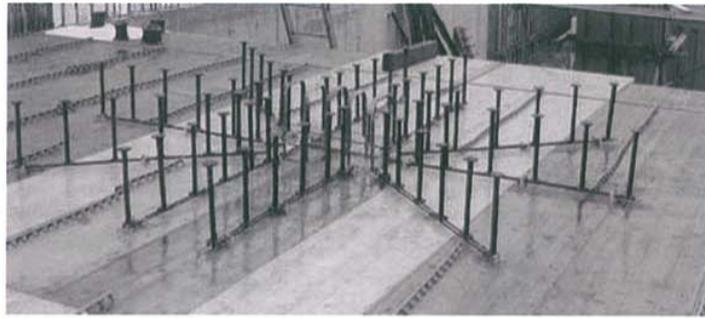
Gemäss Norm SIA 262(2003) für Betonbau [1] Paragraph 0.3 sind Abweichungen zu den Bemessungsvorschriften zulässig, wenn sie durch Theorie oder Versuche ausreichend begründet werden oder wenn neue Entwicklungen und Erkenntnisse dies rechtfertigen.“

Es wurden zahlreiche Durchstanzversuche an ancoPLUS- oder ähnlich bewehrten Plattenelementen durchgeführt. Sie zeigen, dass die Abweichungen zu den Bemessungsvorschriften und die Höchstwerte des Durchstanzwiderstands gerechtfertigt sind. Das vorliegende Dokument beschreibt und rechtfertigt diese Abweichungen und zeigt auf, wie ein mit SIA 262(2003) vergleichbares Sicherheitsniveau erreicht wird.

3. Systembeschreibung

ancoPLUS ist ein Bewehrungssystem gegen Plattendurchstanzungen, das aus einer Aneinanderreihung von vertikal ausgerichteten Anker besteht.

Die Anker des ancoPLUS-Systems bestehen aus gerippten Bewehrungen der Klasse B500B mit einer Streckgrenze von $f_{sk} = 500 \text{ N/mm}^2$. Die Verankerung der Bewehrungen erfolgt beidseitig durch Ankerköpfe mit einem Durchmesser, der mindestens das Dreifache der Bewehrungseisen beträgt. Der Durchmesser der verfügbaren Anker beträgt jeweils 10, 12, 14, 16, 20, 22, 25, 26, 28 und 30 mm.



a)



b)

Abbildung 1: ancoPLUS-System: (a) Kombination der Einzelteile, (b) Anker im Detail

Zur einfacheren Montage werden die Anker an einer Seite an einer oder zwei schmalen Stangen oder einem Flacheisen befestigt. Mit diesem System können die ancoPLUS-Teile vor dem Betonieren auf der Biegebewehrung einer Platte oder Gründungsplatte platziert werden.

Abbildung 1 zeigt ein Beispiel von ancoPLUS-Bewehrungen sowie eines Ankers. Nähere Angaben zum ancoPLUS-System sind in der Produktbeschreibung [14] verfügbar.

4. Referenzen

- [1] SIA 262, Construction en béton, Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zürich, 2003, 94 p.
- [2] Muttoni, A., "Effort tranchant sur dalles sans étriers et poinçonnement", Documentation D 0182, Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zürich, 2003, S. 57-65.
- [3] Birkle, G., "Punching Of Flat Slabs: The Influence Of Slab Thickness And Stud Layout", PhD. thesis, University of Calgary, Dept. of Civil Engineering, Canada, 2004, 152 p.
- [4] Gomes, R., Regan, P., "Punching Strength Of Slabs Reinforced For Shear With Offcuts Of Rolled Steel I-Section Beams", Magazine of Concrete Research, Vol. 51, No. 2, Thomas Telford, Londres, 1999, pp. 121-129
- [5] Beutel, R. R. K., "Durchstanzen schubbewehrter Flachdecken im Bereich von Innenstützen", PhD. thesis, Technischen Hochschule Aachen, Fakultät für Bauingenieurwesen, Deutschland, 2002, 267 p.
- [6] Müller, F-X, Muttoni A., and Thürlimann B., "Durchstanzversuche an Flachdecken mit Aussparungen", ETH Zürich, Institut für Baustatik und Konstruktion, Birkhäuser Verlag Basel-Boston-Stuttgart, 1984, 118 p.
- [7] Stein, T., Ghali, A., And Dilger, W., "Distinction between Punching and Flexura! Failure Modes of Flat Plates", ACI Structural Journal, Farmington Hills, Mich., V. 104, No. 3, 2007, pp. 357-365.
- [8] Müller, H. H., Müller U., "Bericht über einen Durchstanzversuch an einer Stahlbetonplatte zur Ermittlung der Plattentraglast", Technische Universität München, Institut für Bauingenieurwesen III, Lehrstuhl für Massivbau, München, Bericht 1281, Deutschland, 1991, 15 p. (Vertraulicher Prüfungsbericht).
- [9] Müller, H. H., Müller U., "Bericht über einen Durchstanzversuch an einer Stahlbetonplatte zur Ermittlung der Plattentraglast", Technische Universität München, Institut für Bauingenieurwesen III, Lehrstuhl für Massivbau, München, Bericht 1319, Deutschland, 1991, 15 p. (Vertraulicher Prüfungsbericht).
- [10] Müller, H. H., Müller U., "Bericht über einen Durchstanzversuch an einer Stahlbetonplatte zur Ermittlung der Plattentraglast", Technische Universität München, Institut für Bauingenieurwesen III, Lehrstuhl für Massivbau, München, Bericht 1320, Deutschland, 1991, 15 p. (Vertraulicher Prüfungsbericht).
- [11] Zilch, K., "Bericht über einen Durchstanzversuch an einer Stahlbetonplatte aus B25 bewehrt mit der ancoPLUS

Durchstanzbewehrung zur Ermittlung der Plattentraglast", Technische Universität München, Institut für Tragwerksbau, Lehrstuhl für Massivbau, München, Deutschland, 1994, 8 p. (Vertraulicher Prüfbericht).

[12] Stempniewski, L., Kreuser, K., "Prüfungsbericht: Durchstanzversuche an Stahlbetonplatten. Serie 1: Durchstanzbewehrung ancoPLUS", Universität Karlsruhe, Institut für Massivbau und Baustofftechnologie, Abteilung Massivbau, Karlsruhe, Deutschland, 2005, 11 p. (Vertraulicher Prüfungsbericht).

[13] Stempniewski, L., Kreuser, K., "Prüfungsbericht: Durchstanzversuche an Stahlbetonplatten. Serie 2: Durchstanzbewehrung ancoPLUS und Stahlpilze ZEUS", Universität Karlsruhe, Institut für Massivbau und Baustofftechnologie, Abteilung Massivbau, Karlsruhe, Deutschland, 2005, 14 p. (Vertraulicher Prüfbericht).

[14] ANCOTECH AG, "ancoPLUS Armatures de poinçonnement, Homologation délivrée par l'institut de surveillance de Berlin, Homologation nr. Z-15.1-158", 2004, 8 p.

5. Abweichungsnachweis

Die Firma ANCOTECH AG hat 10 Durchstanzversuche an ancoPLUS-bewehrten Plattenelementen durchführen lassen. Dabei handelte es sich um Plattenelemente mit vertretbarem Durchmesser (Dicke 0,28 bis 0,32 m, Breite der Proben 3,00 bis 5,20 m). Die Versuche wurden von anerkannten Forschungsinstituten durchgeführt, die Ergebnisse sind in den Berichten [8-13] aufgeführt.

Darüber hinaus sind die Ergebnisse weiterer 36 Versuche an bewehrungsverstärkten Plattenelementen, die dem ancoPLUS-System ähnlich sind, in der wissenschaftlichen Literatur verfügbar [3-7].

Alle in Betracht gezogenen Versuche zeigen, dass die Abweichungen zu den Bemessungsvorschriften in SIA 262(2003) [1] beim ancoPLUS-System gerechtfertigt sind. Diese Abweichungen betreffen die Ankerbemessung, den oberen Grenzwert des Durchstanzwiderstands und die äussere Prüfung der Durchstanzbewehrung (massgeblich für die Grösse des Durchstanzbewehrungsbereichs).

a) Bemessung der Anker

Laut SIA 262 (2003) § 4.3.6.5.1 "erfolgt die Bemessung der Durchstanzbewehrung auf Grundlage von Ziffer 4.3.3.3, indem die Berechnung auf eine Neigung der Kompressionsfelder α von 45° basiert."

Die Versuchsbewertung zeigt, dass die Anker bei Einhaltung der baulichen Vorschriften in Kapitel 5 als aufgeteilt betrachtet werden können.

b) Oberer Grenzwert des Durchstanzwiderstands

Laut SIA 262(2003) § 4.3.6.5.3. „wird zum Ausschluss eines Betonversagens im Stützbereich der Durchstanzwiderstand auf folgenden Wert begrenzt $V_{Rd} = 2 \cdot k_r \cdot d$ (55).“

Die Versuchsbewertung zeigt, dass diese Grenze bei Einhaltung der baulichen Vorschriften in Kapitel 5 erhöht werden kann.

c) Äussere Prüfung der Durchstanzbewehrung

§ 4.3.6.5.4. beschreibt die äussere Prüfung der Durchstanzbewehrung und gibt die zu beachtende effektive statische Höhe an (Abbildung 25 der Norm). Bei der Festlegung des Umfangs des Bemessungsschnitts ist der verstärkte Bereich als Auflagefläche zu betrachten; Kommentar 6 der Norm [2] beschreibt eine zusätzliche Begrenzung.

Der unten stehenden Abbildung entsprechend kann nach dieser Angabe der Tangentialabstand der Anker bis zu einem Höchstabstand in Betracht gezogen werden, welcher der zweifachen effektiven statischen Höhe entspricht.

Die Versuchsbewertung zeigt, dass die Grenze von $2d$ auf $4d$ erhöht werden kann.

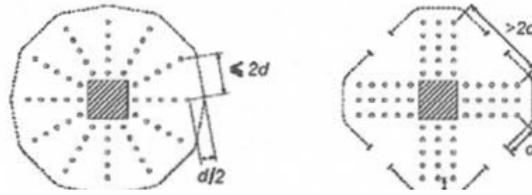


Abbildung 5.6 des Kommentars zur Norm SIA 262 [2]: Durchmesser des Bemessungsschnitts ausserhalb der Bewehrungseinheiten.

Die erwähnten Abweichungen sind in Kapitel 6 beschrieben. Der in Kapitel 7 zusammengefasste Vergleich mit den Versuchen ergibt, dass ein mit der Norm SIA 262(2003) für Platten ohne Durchstanzbewehrung vergleichbares Sicherheitsniveau erreicht werden kann.

6. Bauliche Durchbildung

Die in diesem Dokument beschriebenen Abweichungen sind bei Einhaltung der nachfolgend beschriebenen zusätzlichen baulichen Durchbildung gerechtfertigt:

1. Die ancoPLUS-Bewehrungen sind in Reihen mit mindestens zwei Anker pro Reihe angeordnet (siehe Abb. 2a).
2. Der Winkel der Anker zur Plattendruckseite muss 90° betragen (siehe Abb. 2b).
3. Für die Querkraft $V_{Rd} \geq 2.5 \cdot k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d$ muss der Abstand s_0 zwischen dem ersten Anker und der Stützseite (siehe Abb. 2b)

$$s_0 = 0.375 \cdot d$$

betragen, wobei d die mittlere statische Höhe $= (d_x + d_y) / 2$ der Platte ist. Auf Grund der Toleranzen bei der Platzierung des ersten Ankers gilt für dessen Endposition (vor Ort zu kontrollieren):

$$0.35 \cdot d \leq s_0 \leq 0.45 \cdot d$$

Für die Querkraft $V_{Rd} \leq 2 \cdot k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d$ gilt für den Höchstwert von s_0 :

$$s_0 \leq 0.60 \cdot d$$

Bei Zwischenwerten ist eine lineare Interpolation für den Höchstwert von s_0 zwischen den beiden vorgenannten Werten zulässig, siehe Abb. 2c.

Der Mindestwert von s_0 beträgt in allen Fällen $0,375 d$ (unter Berücksichtigung der vorgenannten Toleranzen), siehe Abb. 2c.

4. Beim Ankerabstand s_1 (siehe Abb. 2b) muss folgende Bedingung für die Querkraft $V_{Rd} \leq 2 \cdot k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d$ berücksichtigt werden:

$$s_1 \leq 0.75 \cdot d$$

Falls die Querkraft $V_{Rd} = 3 \cdot k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d$ beträgt, ist der Ankerabstand bis (einschliesslich) zum dritten Anker beschränkt auf

$$s_1 \leq 0.60 \cdot d$$

und beträgt ab dem dritten Anker. $s_1 \leq 0.75 \cdot d$

Bei Querkraftzwischenwerten kann der Höchstwert s_1 bis (einschliesslich) zum dritten Anker wie in Abb. 2d interpoliert werden und beträgt ab dem dritten Anker $s_1 \leq 0.75 \cdot d$.

5. Der Tangentialabstand der Reihen auf Höhe des zweiten Ankers ab der Stützseite (Abstand $s_{\max,2}$, siehe Abb. 2a) ist begrenzt auf

$$s_{\max,2} \leq 1.5 \cdot d$$

6. In der Zugzone der Platte müssen die Ankerpilze am äusseren Rand der Biegebewehrung platziert werden (siehe Abb. 2b).

7. Bei der Überdeckung der Ankerpilze in der Druckzone Δh_{inf} (siehe Abb. 1b) muss folgende Bedingung für die Querkraft $V_{Rd} \leq 2 \cdot k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d$ beachtet werden:

$$c \leq \Delta h_{\text{inf}} \leq \frac{d}{6}$$

wobei c die Bewehrungsüberdeckung ist. Falls $V_{Rd} = 3 \cdot k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d$, wird diese Bedingung zu

$$c \leq \Delta h_{\text{inf}} \leq \frac{d}{10}$$

Bei Querkraftzwischenwerten kann der Grenzwert für Δh_{inf} wie in Abbildung 2e angegeben interpoliert werden.

8. Beim Durchmesser der Durchstanzbewehrungen (d_b) müssen die Werte in Tabelle 1 berücksichtigt werden.

Tabelle 1: Durchmesser der zu verwendenden Anker (d_b) im Verhältnis zur statischen Höhe der Platte (d)

d [mm]	d_b [mm]	$(d_b/d)_{\max}$
<160	-	-
160 - 180	10 - 14	1/11.4
181 - 220	10 - 16	1/11.3
221 - 260	10 - 18	1/12.3
261 - 340	10 - 20	1/13.0
341 - 600	10 - 25	1/13.6
>600	10 - 30	1/20.0

7. Bemessungsverfahren und Grenzen der Anwendung

Das Bemessungsverfahren für ancoPLUS-Bewehrungen basiert auf dem Bemessungsverfahren der Norm SIA 262 (2003) [1] mit bestimmten Änderungen.

a) Bemessung der Anker

Die Bemessung erfolgt der Norm SIA 262 (2003) [1] entsprechend auf Grundlage eines Spannungsfelds ohne Einfluss des Spannbetons sowie mit 45° geneigten Druckstreben. Mit der vorgenannten baulichen Durchbildung kann der erste Anker ab der Stützseite vollständig aktiviert werden, während der zweite nur teilweise aktiv ist. Der Beitrag des zweiten Ankers wird berechnet, indem die Anker als aufgeteilt angenommen werden (ähnliche Methode wie bei den Balken, § 4.3.3.4.3), so dass folgender Term daraus abgeleitet werden kann:

$$V_{Rd} = n_r \cdot \frac{d}{\max\left\{s_1; s_0 + \frac{s_1}{2}\right\}} \cdot A_{sw} \cdot f_{sd}$$

wobei n_r die Anzahl der Ankerreihen, A_{sw} die Fläche eines Ankers und f_{sd} der Bemessungswert der Fließgrenze $f_{sd} = \frac{f_{sk}}{\gamma_s} \leq 435 \text{ N/mm}^2$ ist.

(a)

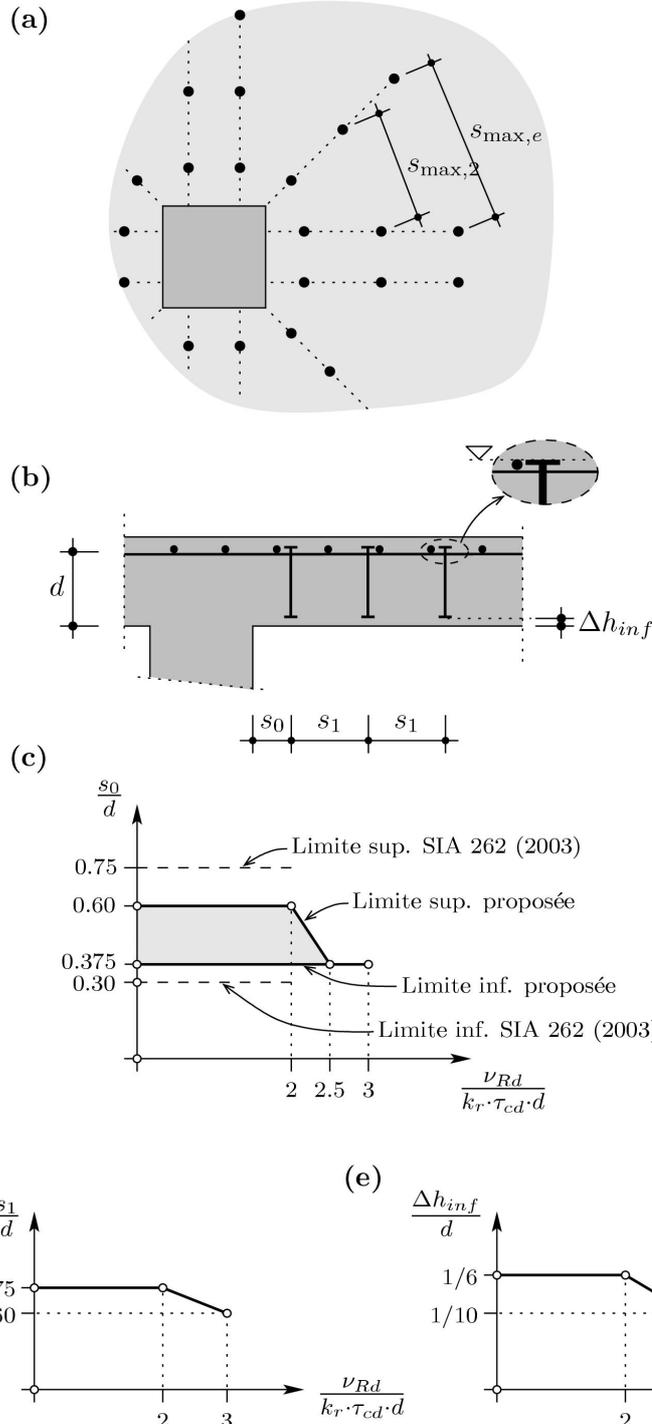


Abbildung 2: Bauliche Durchbildung für das ancoPLUS-System: (a) Situation; (b) Querschnitt der Platte; (c) Variation von s_0/d mit Abscherkraft; (d) Variation von s_1/d mit Abscherkraft; (e) Variation von $\Delta h_{inf}/d$ mit Abscherkraft

b) Oberer Grenzwert des Durchstanzwiderstands

Laut SIA 262(2003) § 4.3.6.5.3. „wird zum Ausschluss eines Betonversagens im Stützbereich der Durchstanzwiderstand auf folgenden Wert begrenzt: $v_{Rd} = 2 \cdot k_r \cdot d$ (55).“

Die Versuchsbeurteilung zeigt, dass diese Grenze erhöht werden kann. Gleichung 55 der Norm SIA 262(2003) kann ersetzt werden durch:

$$v_{Rd} = \frac{V_{Rd}}{u} = 3 \cdot k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d \leq 3.5 \cdot \tau_{cd} \cdot d$$

wobei die Grenze $v_{Rd} \leq 3.5 \cdot \tau_{cd} \cdot d$ die verfügbaren Versuchsergebnisse berücksichtigt.

c) Äussere Prüfung der Durchstanzbewehrung

Der Umfang des Bereichs mit Durchstanzbewehrung wird mittels einer Prüfung des Durchstanzens ausserhalb des verstärkten Bereichs ermittelt:

$$v_{Rd} = \frac{V_{Rd}}{u_{ext}} = k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d_v \leq 1.5 \cdot \tau_{cd} \cdot d$$

wobei d_v die in Abbildung 25 der Norm SIA 262 (2003) definierte verringerte statische Höhe ist und die Grenze $v_{Rd} \leq 1.5 \cdot \tau_{cd} \cdot d$ die verfügbaren Versuchsergebnisse berücksichtigt.

Bei der Bestimmung des Umfangs der Zugzone u_{ext} wird der maximale Tangentialabstand der Anker bis zu einer Grenze von

$$s_{max,e} \leq 4.0 \cdot d$$

berücksichtigt, wie in Abbildung 2a gezeigt (erhöhter Abstand im Verhältnis zu der im Kommentar zur Norm SIA 262 [2] angegebenen Grenze).

8. Vergleich der Versuchsergebnisse mit dem vorgeschlagenen Modell und der Bemessung gemäss SIA 262

Die mit dem vorgeschlagenen Bemessungsverfahren und der Norm SIA 262 (2003) [1] erzielten Ergebnisse werden in Tabelle 2 mit den Versuchen aus den Referenzquellen [3-13] verglichen. Abbildung 3 zeigt die unterschiedlichen in Tabelle 2 aufgeführten Durchstanzbewehrungssysteme.

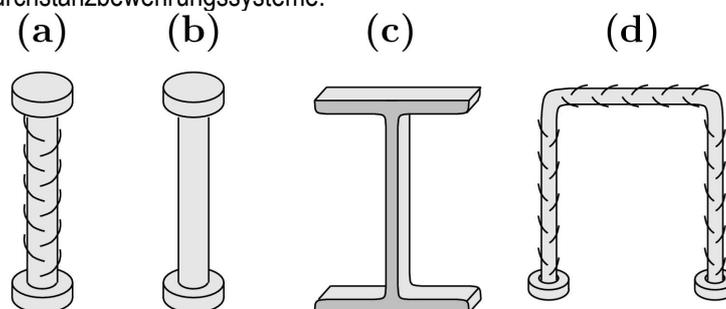


Abbildung 3: In Tabelle 2 berücksichtigte Durchstanzbewehrungssysteme: (a) gerippter Anker; (b) glatter Anker ; (c) geteiltes Profil; (d) Bügel mit Verankerung durch Ankerköpfe in der Plattendruckseite

Tabelle 2: Vergleich der Referenzversuche [3-13] mit dem in diesem Dokument vorgeschlagenen Verfahren und der Norm SIA 262 (2003) [1] (System siehe Abbildung 3)

Ref.	Platte	d [m]	System	Bruchart	d_b/d	$V_{R,test}/V_{R,mod}$	$V_{R,test}/V_{R,SIA}$
[3]	S1	0.12	-	Durchstanzung	-	1.26	1.26
	S2	0.12	(b)	Verstärkter Bereich	1/12	1.62	1.62
	S3	0.12	(b)	Verstärkter Bereich	1/13	1.56	1.56
	S4	0.12	(b)	Aussenseite	1/13	1.06	1.25
	S5	0.12	(b)	Verstärkter Bereich	1/13	1.62	1.62
	S6	0.12	(b)	Verstärkter Bereich	1/13	1.65	1.65
	S7	0.19	-	Durchstanzung	-	1.19	1.19
	S8	0.19	(b)	?	1/20	1.39	1.51
	S9	0.19	(b)	?	1/20	1.56	1.56
	S10	0.26	-	Durchstanzung	-	1.00	1.00
	S11	0.26	(b)	?	1/20	1.30	1.57
	S12	0.26	(b)	?	1/20	1.42	1.42
[4]	S1	0.16	-	Durchstanzung	-	1.19	1.09
	S1A	0.16	-	Durchstanzung	-	1.24	1.14
	S2	0.15	(c)	Verstärkter Bereich	1/26	1.60	1.60
	S3	0.16	(c)	Verstärkter Bereich	1/23	1.54	1.54
	S4	0.16	(c)	Aussenseite	1/20	1.80	1.80
	S5	0.16	(c)	Aussenseite	1/16	1.78	1.78
	S6	0.16	(c)	Aussenseite	1/16	2.08	2.08
	S7	0.16	(c)	Aussenseite	1/13	2.17	2.32
	S8	0.16	(c)	Aussenseite	1/13	2.33	1.48
	S9	0.16	(c)	Aussenseite	1/13	2.38	2.40
	S10	0.15	(c)	Verstärkter Bereich	1/26	1.70	1.70
S11	0.15	(c)	Verstärkter Bereich	1/22	1.94	1.94	
[5]	Z1	0.25	(a)	Stauchung	1/18	1.00	1.25
	Z2	0.25	(a)	Stauchung	1/18	1.08	1.35
	Z3	0.25	(a)	Stauchung	1/18	1.19	1.51
	Z4	0.25	(a)	Stauchung	1/18	1.14	1.54
	Z5	0.25	(a)	Stauchung	1/16	1.17	1.55
	Z6	0.25	(a)	Stauchung	1/16	1.12	1.50
	V4	0.35	(a)	Stauchung	1/22	1.05	1.28
	P1	0.19	-	Durchstanzung	-	0.99	0.99
[6]	P22	0.15	(d)	Stauchung	1/19	1.28	1.57
[7]	V1	0.12	(b)	Biegung	1/12	1.29	1.44
	V2	0.12	{b}	Aussenseite	1/12	1.13	1.41
	V3	0.12	(b)	Aussenseite	1/12	1.16	1.43
[12]	V1	0.24	(a)	Aussenseite	1/10	1.08	1.33
	V2	0.14	(a)	Aussenseite	1/10	1.12	1.37
	V3	0.24	(a)	Aussenseite	1/10	1.10	1.36
[13]	V4	0.24	{a}	Stauchung	1/12	1.23	1.3
	V5	0.24	(a)	Stauchung	1/12	1.23	1.3
	V6	0.24	(a)	Stauchung	1/12	1.23	1.28
[8]	91_V1	0.24	(a)	Aussenseite	1/17	1.47	1.47
[9]	91_V2	0.24	(a)	Aussenseite	1/15	1.14	1.14
[10]	91_V3	0.25	(a)	Aussenseite	1/18	0.97	0.97
[11]	94_V1	0.28	(a)	Aussenseite	1/18	1.18	1.18

MITTELWERT: 1.39 1.50
 COV: 0.26 0.22
 MIN: 0.97 0.97

Die statistischen Werte bei alleiniger Berücksichtigung der Versuche mit ancoPLUS-Bewehrung sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Es ist anzumerken, dass bei den Versuchen mit dem ancoPLUS-System [8-12] das Fließen der Durchstanzbewehrungen nicht die massgebliche Art des Bruches war.

Tabelle 3: Statistische Werte der Versuche an ancoPLUS-bewehrten Platten (Referenzen [8-3]).

	$V_{R,test}/V_{R,mod}$	$V_{R,test}/V_{R,SIA}$
MITTELWERT:	1.17	1.27
COV:	0.11	0.11
MIN:	0.97	0.97

Der Vergleich zwischen Versuchen und Bemessungsmodell ist in Abbildung 4 zusammengefasst, in der die Abszisse die Menge der Durchstanzbewehrungen und die Ordinate das Verhältnis zwischen gemessenem und vorgesehendem Widerstand angibt. Die Abbildung zeigt in allen drei Brucharten bei der in diesem Bericht vorgeschlagenen Methode eine bessere Korrelation als bei der SIA 262 (2003) [1]. Sie lässt ausserdem eine ausreichend grosse Reserve bei geringfügig durchstanzbewehrten Platten erkennen.

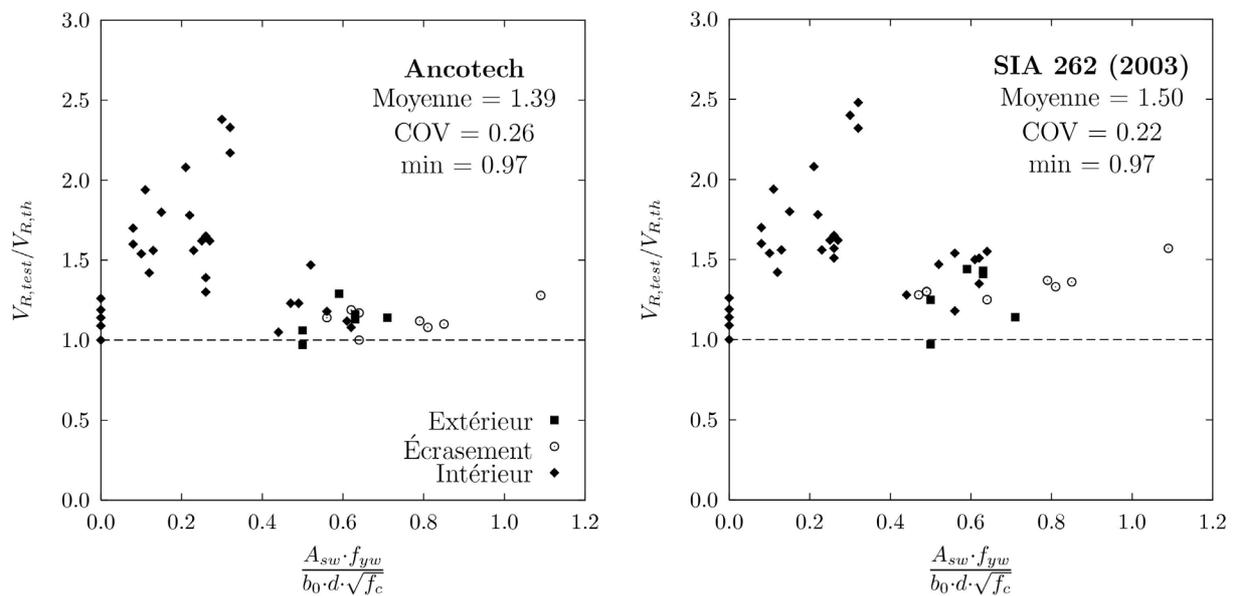


Abbildung 4: Vergleich zwischen Referenzversuchen [3-13] mit dem vorgeschlagenen Verfahren und dem Verfahren der Norm SIA 262 (2003) [1]

Ausgehend von den Ergebnissen in Tabelle 3 ist das erzielte Sicherheitsniveau in 95% der Versuche zufriedenstellend:

$$\frac{V_{R,test}}{V_{R,95\%}} = 1.17 \cdot (1 - 1.45 \cdot 0.11) = 1.01 > 1.0$$

In Bezug auf Tabelle 3 ist anzumerken, dass bei allen Versuchen mit dem ancoPLUS-System Brüche entstanden sind, entweder durch Stauchung oder an der Aussenseite des durchstanzbewehrten Bereichs. Abbildung 5 zeigt einen Vergleich zwischen dem in den Versuchen gemessenen Widerstand und dem vorgeschlagenen Modell für diese beiden Brucharten.

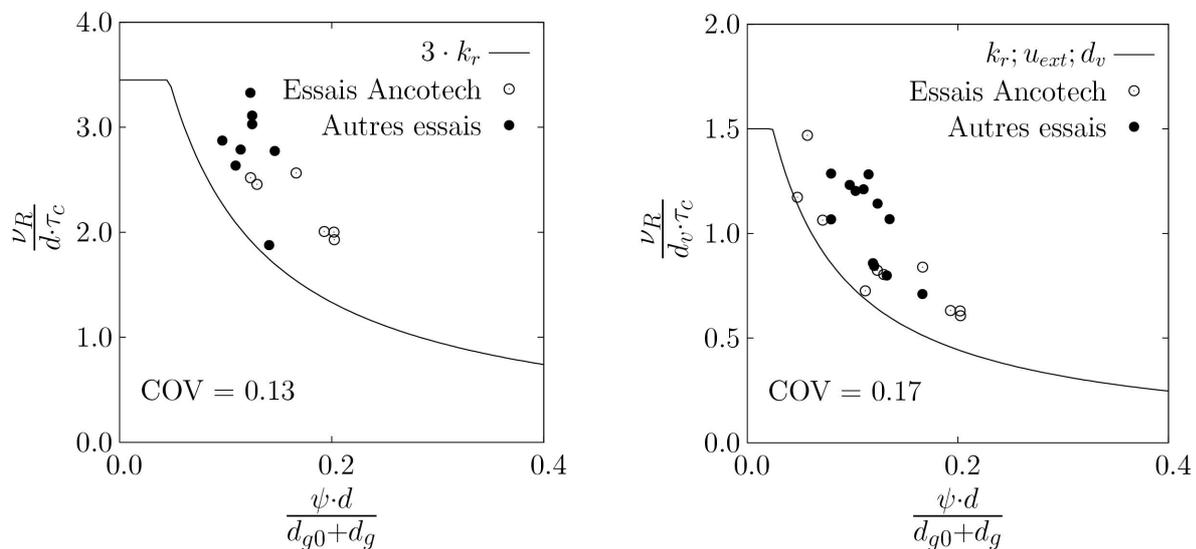


Abbildung 5: Vergleich der Referenzversuche [3-13] (Punkte im Diagramm) mit dem vorgeschlagenen Modell (Kurven) für die Brucharten (a) Stauchung und (b) Aussenseite des durchstanzbewehrten Bereichs

Abbildung 5 zeigt, dass sowohl bei der Bruchart Stauchung als auch beim Bruch an der Aussenseite des durchstanzbewehrten Bereichs eine Begrenzung des Höchstwertes im Bericht $v_R/(d_{tc})$ vorgeschlagen wird (3.5 beim Bruch durch Stauchung und 1.5 beim Bruch an der Aussenseite). Diese Grenzen berücksichtigen die verfügbaren Versuchsergebnisse und kommen in der vorgeschlagenen Berechnungsmethodologie zum Tragen, indem die Höchstwerte von k_r begrenzt werden (auf 1.15 bzw. 1.5, siehe Abschnitt 6 dieses Berichtes).

9. Schluss

1. Die Bemessung und Prüfung der ancoPLUS-Durchstanzbewehrungen kann auf Grundlage der in diesem Dokument beschriebenen Regeln mit einem Sicherheitsniveau realisiert werden, das mit dem der Norm SIA 262 (2003) für Platten ohne Durchstanzbewehrung vergleichbar ist.
2. Diese Bemessungs- und Prüfregeln sind mit dem Format der Norm SIA 262 (2003) [1] für Platten mit Durchstanzbewehrungen kompatibel.
3. Die in diesem Dokument beschriebenen Abweichungen sind bei Einhaltung der vorgebrachten zusätzlichen baulichen Durchbildung gerechtfertigt.

Lausanne, den 15. November 2007

Gezeichnet:
Prof. Dr Aurelio Muttoni

gezeichnet :
Dr. Miguel Fernández Ruiz

Das Originaldokument wurde in französischer Sprache abgefasst. Bei Abweichungen ist die französische Version massgebend.

10. Anhang 1. Zitierte Ziffern aus der Norm SIA 262 (2003) [1]

Ziffer 4.3.6.3.2

Der Beiwert k_r zur Berücksichtigung der Bauteilgrösse und des Biegegewiderstands beträgt:

$$k_r = \frac{1}{0.45 + 0.90 \cdot r_y} \geq \frac{1}{1 + 2.2 \cdot d} \quad d \text{ in (m)}$$

$$r_y = 0.15 \cdot l \cdot \left(\frac{m_{0d}}{m_{Rd}} \right)^{3/2} \quad l \text{ in (m)}$$

Ziffer 4.3.6.5.1

Die Bemessung der Durchstanzbewehrung erfolgt auf der Grundlage von Ziffer 4.3.3.3, wobei grundsätzlich von einer Druckfeldneigung α von 45° auszugehen ist. Die Durchstanzbewehrung kann mit ihrer Fließgrenze f_{sd} , höchstens jedoch mit 450 N/mm^2 in Rechnung gestellt werden.

Ziffer 4.3.6.5.3

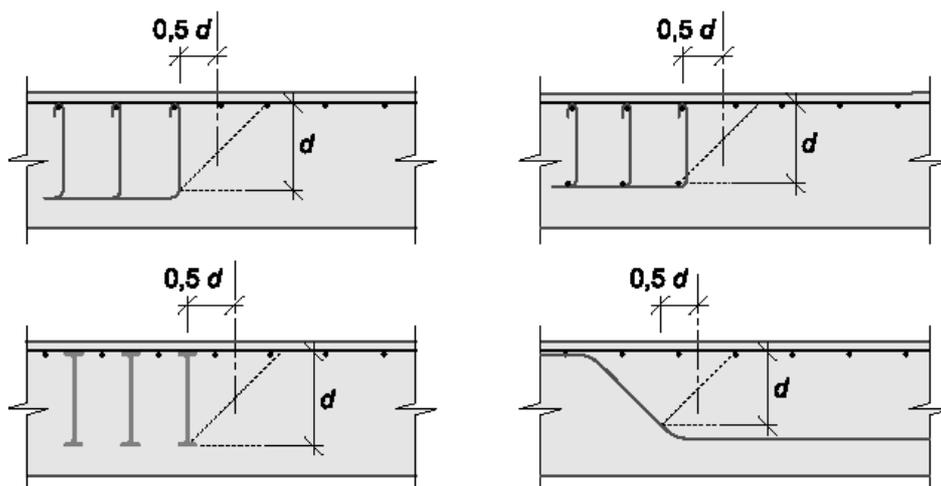
Damit ein Versagen des Betons im Stützenbereich ausgeschlossen werden kann, ist der Durchstanzwiderstand auf folgenden Wert zu begrenzen:

$$V_{Rd} = 2 \cdot k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d \quad (55)$$

Ziffer 4.3.6.5.4

Die Grösse des Bereichs mit Durchstanzbewehrung ist mit einem zusätzlichen Nachweis festzulegen. Die gestützte Fläche ist in diesem Fall durch die äussersten Bewehrungseinheiten definiert. Der Umfang des Nachweisschnitts kann gemäss Ziffern 4.3.6.2.1, 4.3.6.2.3 sowie Figur 25, der Bemessungswert der Querkraft gemäss Ziffer 4.3.6.2.2 und der Querkraftwiderstand gemäss Ziffer 4.3.6.3 bestimmt werden. Für die mittlere statische Höhe gelten die Angaben in Figur 25.

Figur 25: Statische Höhe im Übergang zum Bereich ohne Durchstanzbewehrung



Ziffer 4.3.3.4.3

Der Widerstand einer vertikalen Querkraftbewehrung beträgt

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{sd} \cdot \cot(\alpha) \quad (37)$$

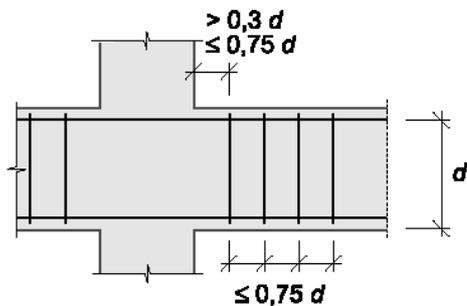
Der Widerstand einer geneigten Querkraftbewehrung beträgt

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{sd} \cdot (\cot(\alpha) + \cot(\beta)) \cdot \sin(\beta) \quad (38)$$

Ziffer 5.5.3.5

Eine Durchstanzbewehrung ist in einem Abstand von $0,3d$ bis $0,75d$ neben der gestützten Fläche einzulegen (Figur 39) und hat aus mindestens zwei Reihen zu bestehen. Der gegenseitige Abstand der Bewehrungselemente soll höchstens $0,75d$ betragen.

Figur 39: Anordnung einer Durchstanzbewehrung





ancoPLUS® im Einsatz Projektfotos

