

Innovative Verbunddeckensysteme mit stahlfaserbewehrten Betonen

F 2531

F 2531

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlußberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung BMVBS geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2009

ISBN 978-3-8167-8049-6

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00

Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

Innovative Verbunddeckensysteme mit stahlfaserbewehrten Betonen

Schlussbericht zum Forschungsprojekt Z6-10.07.03-06.09/II2-80 01 06-9

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung gefördert. (Aktenzeichen: Z6-10.07.03-06.09/II2-80 01 06-9)

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Autor.

Projektleiter: Prof.-Dr.-Ing. Jürgen Schnell
Sachbearbeiter: Dipl.-Ing. Florian P. Ackermann

Inhalt

Inhalt	i
Bezeichnungen	vi
1 Einleitung und Zielsetzung	1
1.1 Projektbeschreibung	1
1.2 Vorteile des untersuchten Deckensystems	2
1.3 Stand der Forschung	4
1.4 Funktionsweise des Deckensystems	5
2 Stahl-Verbunddecken	7
2.1 Funktionsweise der Verbunddecke	7
2.2 Profilblechtypen und Verbundwirkung	10
2.3 Normung	11
2.4 Berechnung und Bemessung von Einfeld-Verbunddecken	11
2.4.1 Allgemeines	11
2.4.2 Teilverbundtheorie	12
2.4.3 m+k – Methode	13
2.4.4 Versagen im Bereich positiver Momente (Schnitt I-I / Schnitt II-II)	14
2.4.5 Querkraftversagen im Beton (Schnitt III-III)	16
2.5 Anwendung der Fließgelenktheorie bei Verbunddecken	19
2.5.1 Allgemeines	19
2.5.2 Fließgelenkmodell bei teilweiser Verdübelung	21
2.6 Durchlaufende Verbunddecken (Schnitt IV-IV)	23
2.7 Bemessung im Brandfall	26
3 Stahlfaserbeton (Steel fibre reinforced concrete; SFRC)	28
3.1 Allgemeines zum Stahlfaserbeton	28
3.2 Anwendung und Normung	29
3.3 Tragverhalten und Wirkungsweise	31
3.3.1 Allgemeines	31
3.3.2 Druckfestigkeit	32
3.3.3 Zugfestigkeit	32
3.3.4 Auswertung der Biegezugversuche	34
3.3.5 Spannungs-Dehnungs-Linie	36
3.3.6 Biegung mit oder ohne Längskraft	38
3.3.7 Querkraft	39
3.3.8 Dauerstandverhalten von Stahlfaserbeton	42
3.4 Faserorientierung und Maßstabeffekt	48

3.4.1	Allgemeines	48
3.4.2	Berücksichtigung bei der Bemessung	50
3.4.3	Ermittlung der Faserorientierung am Bauteil	51
3.5	Rotationsfähigkeit	54
3.5.1	Allgemeines	54
3.5.2	Einflussparameter	58
3.5.3	Nachweis der Rotationsfähigkeit	60
3.5.4	Auswertung der Rotationsfähigkeit	62
4	Experimentelle Untersuchungen	63
4.1	Allgemeines	63
4.2	Versuchsprogramm	63
4.2.1	Übersicht	63
4.2.2	Serie S1	63
4.2.3	Serie S2	67
4.2.4	Serie S3	69
4.2.5	Serie S4	70
4.3	Herstellung der Versuchskörper	72
4.4	Baustoffe	74
4.4.1	Stahlfaserbeton	74
4.4.2	Stahlverbundbleche	76
4.4.3	Materialeigenschaften	77
4.5	Analyse der Faserverteilung	82
4.6	Versuchsdurchführung und Messungen	84
4.7	Versuchsergebnisse	86
4.7.1	Allgemeines	86
4.7.2	Versuchsergebnisse – Serie S1	86
4.7.3	Versuchsergebnisse – Serie S2	91
4.7.4	Versuchsergebnisse – Serie S3	100
4.7.5	Versuchsergebnisse – Serie S4	105
4.8	Tragverhalten des Deckensystems	110
5	Rechnerische Untersuchungen	112
5.1	Allgemeines	112
5.2	Berechnung der Stützmomententragfähigkeit	112
5.3	Berechnung der Feldmomententragfähigkeit	120
5.4	Auswertung der Längsschubtragfähigkeit der Serie S2	123
5.5	Tragfähigkeit bei Faserausfall über der Stütze	125
5.6	Berechnung der Querkrafttragfähigkeit	127
5.7	Auswertung der Rissweite	129

5.8	Berechnung der Rissweite im Grenzzustand der Tragfähigkeit - Nachweis der Rotationsfähigkeit	131
6	Bemessungsmodelle für stahlfaserbewehrte durchlaufende Verbunddecken	133
6.1	Bemessungsmodell I – Nachweisverfahren Elastisch-Plastisch (E-P)	133
6.1.1	Allgemeines	133
6.1.2	System und Belastung	134
6.1.3	Elastische Schnittgrößenermittlung	135
6.1.4	Nachweis der Biegetragfähigkeit	135
6.1.4.1	Stützquerschnitt (Schnitt IV-IV)	135
6.1.4.2	Feldquerschnitt (Schnitt I-I bzw. II-II)	136
6.1.5	Nachweis der Querkrafttragfähigkeit	136
6.1.6	Nachweis des Faserausfalls	137
6.1.7	Flussdiagramm des Nachweismodells	138
6.1.8	Überprüfung des Bemessungsmodells anhand der durchgeführten Versuche	139
6.1.9	Alternative Berechnung als Kette von Einfeldträgern	140
6.2	Bemessungsmodell II – Nachweisverfahren Plastisch-Plastisch (P-P)	141
6.2.1	Allgemeines	141
6.2.2	System und Belastung	141
6.2.3	Voraussetzung für die Anwendung der Fließgelenktheorie	141
6.2.4	Schnittgrößenermittlung nach der Fließgelenktheorie	142
6.2.5	Nachweis des Faserausfalls an der Stütze	146
6.2.6	Traglastnachweis	146
6.2.7	Ermittlung der plastischen Schnittgrößen	146
6.2.8	Nachweis der Biegetragfähigkeit	147
6.2.9	Nachweis der Querkrafttragfähigkeit	147
6.2.10	Flussdiagramm des Nachweismodells	148
6.2.11	Überprüfung des Bemessungsmodells anhand der durchgeführten Versuche	149
6.3	Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	150
6.3.1	Mindestbewehrung	150
6.3.2	Begrenzung der Rissbreiten	151
6.3.3	Begrenzung der Verformungen	154
6.4	Zusammenfassung	156
7	Zusammenfassung und Ausblick	159
8	Literatur	162

9	Anhang	168
9.1	Betonmischungen	168
9.1.1	Mischung Serie S1	168
9.1.2	Mischung Serie S2	169
9.1.3	Mischung Serie S3	170
9.1.4	Mischung Serie S4	171
9.1.5	Biegezugversuche – Serie S1 bis S4	172
9.2	Faserverteilung	174
9.2.1	Serie S1	174
9.2.2	Serie S2	175
9.2.3	Serie S3	176
9.2.4	Serie S4	177
9.3	Versuche – Serie S1	178
9.3.1	Versuchsstand und Messtechnik	178
9.3.2	Last-Zeit-Diagramme – Serie S1	179
9.3.3	Momentendiagramme	182
9.3.4	Rissbreiten	183
9.4	Versuche – Serie S2	186
9.4.1	Versuchsstand und Messtechnik	186
9.4.2	Last-Zeit-Diagramme – Serie S2	187
9.4.3	Last-Durchbiegungsdiagramme inklusive Endschlupf	189
9.4.4	Momentendiagramme	191
9.4.5	Biegelinien	194
9.4.6	Dehnungen im Profilblech	196
9.4.7	Rotation	198
9.4.8	Rissbreiten	199
9.5	Versuche – Serie S3	201
9.5.1	Versuchsstand und Messtechnik	201
9.5.2	Last-Zeit-Diagramme – Serie S3	202
9.5.3	Momentendiagramme	204
9.5.4	Dehnungen	205
9.5.5	Rissbreiten	208
9.6	Versuche – Serie S4	210
9.6.1	Versuchsstand und Messtechnik	210
9.6.2	Last-Zeit-Diagramme – Serie S4	211
9.6.3	Last-Durchbiegungsdiagramme inklusive Endschlupf	213
9.6.4	Momentendiagramme	215
9.6.5	Biegelinien	216
9.6.6	Rotation	218
9.6.7	Rissbreiten	219

9.7	Berechnete Stützmomententragfähigkeit _____	221
9.8	Berechnete Feldmomententragfähigkeit _____	230
9.8.1	Feldmomententragfähigkeit ohne Verbund und bei voller Verdübelung _	230
9.8.2	Feldmomententragfähigkeit bei teilweiser Verdübelung _____	232
9.8.3	Ausgewertete Teilverbundkurven der Versuche – Serie S2 _____	235
9.9	Feldmomententragfähigkeit bei Faserausfall an der Stütze _____	237