

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis 3

Zusammenfassung 6

Formelzeichen und Variablen 7

1 Einleitung 12

1.1 Problemstellung 12

1.2 Ziel dieser Arbeit 12

1.3 Vorgehensweise 12

2 Zusammenstellung der Grundlagen 14

2.1 Normatives Vorgehen 14

2.2 Stand der Wissenschaft 16

2.2.1 Verhalten von Hochbaudecken unter kombinierter Beanspruchung 17

2.2.2 Näherungsverfahren zur Ermittlung des zentrischen Zwangs gemäß /5/ 17

2.2.3 Näherungsverfahren zur Ermittlung des zentrischen Zwangs gemäß /6/ 17

3 Experimentelle Untersuchungen 18

3.1 Versuchsreihe Kurzzeitversuche 18

3.1.1 Versuchsaufbau 18

3.1.2 Versuchskörper 20

3.1.3 Messtechnik 28

3.1.4 Einwirkungen 28

3.1.4.1 Vertikallast 28

3.1.4.2 Längszugkraft 30

3.1.5 Versuchsablauf 33

3.1.5.1 Allgemeines 33

3.1.5.2 Versuchsserie 1 34

3.1.5.3 Versuchsserie 2 35

3.1.5.4 Versuchsserie 3 36

3.1.5.5 Versuchsserie 4 37

3.1.6 Versuchsergebnisse und Versuchsbeobachtungen 37

3.1.6.1 Allgemeines 37

3.1.6.2 Zugkraft 38

3.1.6.3 Durchbiegung 39

3.1.6.4 Reduzierte Bewehrung 40

3.1.6.5 Belastungsgeschichte 43

3.1.6.6 Rissbreiten 44

3.1.6.7 Theorie III. Ordnung 45

3.1.6.8 Festbetonprüfung 47

3.2 Versuchsreihe „Dauerstandbiegeversuche“ 47

3.2.1 Versuchsaufbau 49

3.2.2 Versuchskörper 58

3.2.3 Messtechnik 53

3.2.4 Vertikallast 53

3.2.5 Versuchsergebnisse / Versuchsbeobachtungen 54

3.3 Versuchsreihe „Dauerstandversuche mit zentrischem Zwang“ 56

3.3.1 Versuchsaufbau und -durchführung 56

3.3.2 Versuchskörper 58

3.3.3 Messtechnik 61

3.3.4 Versuchsergebnisse und Versuchsbeobachtungen 61

4 Theoretische Untersuchungen 64

4.1 Allgemeines 64

4.2	Materialmodell für Beton	64
4.2.1	Beton unter Druckspannungen	64
4.2.2	Beton unter Zugspannungen	64
4.2.3	Langzeitverhalten von Beton	67
4.2.3.1	Kriechen (Relaxation)	68
4.2.3.2	Schwinden	69
4.3	Materialmodell für Betonstahl	69
4.4	Modell für das Verbundverhalten zwischen Bewehrung und Beton	70
4.5	FEM-Rechenmodell	71
4.5.1	Strukturelemente	71
4.5.2	Bewehrungselemente	72
4.5.3	Abbildung von gerissenem Beton	74
4.6	Numerische Lösungsverfahren	74
4.7	Nachrechnung der Bauteilversuche	77
4.7.1	Nachrechnung der Versuchsreihe „Kurzzeitversuche“	77
4.7.1.1	Finite-Elemente-Modell	77
4.7.1.2	Ergebnisse der Versuchsnachrechnungen	82
4.7.2	Nachrechnung der Versuchsreihe „Dauerstandbiegeversuche“	97
4.7.2.1	Finite-Elemente-Modell	87
4.7.2.2	Ergebnisse der Versuchsnachrechnungen	89
4.7.3	Nachrechnung der Versuchsreihe „Dauerstandversuche mit zentrischem Zwang“	91
4.7.3.1	Finite-Elemente-Modell	91
4.7.3.2	Ergebnisse der Versuchsnachrechnung	94
4.7.4	Nachrechnung der Bauteilversuche aus /41/	95
4.7.4.1	Finite-Elemente-Modell	96
4.7.4.2	Ergebnisse der Versuchsnachrechnung	97
4.7.5	Zusammenfassung der Versuchsnachrechnungen	99
4.8	Numerische Simulationen	99
4.8.1	Zwang- / Zugbeanspruchung	100
4.8.2	Einfluss der Bewehrung auf die zentrische Zwangskraft unter kombinierter Beanspruchung	105
4.8.3	Verbundkriechen	107
4.8.4	Betonalter beim Belastungsbeginn (Kriechen)	108
4.8.5	Material- und Systemparameter	109
4.8.6	Durchlaufplatten mit feldweise unterschiedlichen Stützweiten und / oder mit feldweise unterschiedlichen Einwirkungen	111
4.8.7	Steifigkeit der verformungsbehindernden Bauteile	116
4.8.7.1	System 1	117
4.8.7.2	System 2	118
4.8.7.3	System 3	119
4.8.7.4	Zusammenfassung	121
4.8.8	Zusammenstellung der Erkenntnisse der numerischen Simulationen	121
4.8.9	Spannungen im reinen Zustand II	123
4.8.10	Vergleich mit publizierten Bemessungsvorschlägen	125
4.8.10.1	Ermittlung des zentrischen Zwangs gemäß /5/	127
4.8.10.2	Ermittlung der zentrischen Zwangskraft gemäß eigenem Näherungsverfahren	130
4.8.10.3	Ermittlung der zentrischen Zwangskraft anhand nichtlinearer FEM-Berechnungen	131
4.8.10.4	Zusammenfassung	133
5	Vorschlag zur Ermittlung der Zwangbeanspruchung	134
6	Anwendungsbeispiele	138
6.1	1. Beispiel	138
6.1.1	Rissbreitenbegrenzende Bewehrung gemäß Abschn. 7.3.2 der /1/ in Verbindung mit /2/ und /3/ ..	138
6.1.2	Rissbreitenbegrenzende Bewehrung gemäß dem in dieser Arbeit vorgestellten Verfahren für eine kombinierte Beanspruchung aus Last und zentrischem Zwang	139
6.1.3	Nichtlineare Finite-Elemente-Berechnung	140

6.1.4	Fazit	141
6.2	2. Beispiel	141
6.2.1	Rissbreitenbegrenzende Bewehrung gemäß Abschn. 7.3.2 der /1/ in Verbindung mit /2/ und /3/ ..	142
6.2.2	Rissbreitenbegrenzende Bewehrung gemäß dem in dieser Arbeit vorgestellten Verfahren für eine kombinierte Beanspruchung aus Last und zentrischem Zwang	142
6.2.3	Nichtlineare Finite-Elemente-Berechnung	144
6.2.4	Fazit	144
6.3	3. Beispiel	145
6.3.1	Rissbreitenbegrenzende Bewehrung gemäß Abschn. 7.3.2 der /1/ in Verbindung mit /2/ und /3/ ..	145
6.3.2	Rissbreitenbegrenzende Bewehrung gemäß dem in dieser Arbeit vorgestellten Verfahren für eine kombinierte Beanspruchung aus Last und zentrischem Zwang	145
6.3.3	Nichtlineare Finite-Elemente-Berechnung	146
6.4	4. Beispiel	147
6.4.1	Rissbreitenbegrenzende Bewehrung gemäß Abschn. 7.3.2 der /1/ in Verbindung mit /2/ und /3/ ..	147
6.4.2	Rissbreitenbegrenzende Bewehrung gemäß dem in dieser Arbeit vorgestellten Verfahren für eine kombinierte Beanspruchung aus Last und zentrischem Zwang	148
6.4.3	Nichtlineare Finite-Elemente-Berechnung	149
6.4.4	Fazit	151
6.5	5. Beispiel	151
6.5.1	Rissbreitenbegrenzende Bewehrung gemäß /1/ in Verbindung mit /2/ und /3/	151
6.5.2	Rissbreitenbegrenzende Bewehrung gemäß dem in dieser Arbeit vorgestellten Verfahren für eine kombinierte Beanspruchung aus Last und zentrischem Zwang	152
6.5.3	Nichtlineare Finite-Elemente-Berechnung	153
6.5.4	Fazit	154
6.6	Zusammenfassung der Erkenntnisse aus den Anwendungsbeispielen	154
7	Vorschlag zur Berücksichtigung der zentrischen Zwangskraft der Deckenplatten bei der Bemessung verformungsarmer aussteifender Bauteile.....	155
8	Teilvorgefertigte Deckensysteme und Durchbiegung	158
8.1	Teilvorgefertigte Deckensysteme	158
8.2	Verformungsverhalten unter kombinierter Beanspruchung	158
9	Zusammenfassung	159
9.1	Allgemein	159
9.2	Normatives Vorgehen	159
9.3	Experimentelle Untersuchungen.....	159
9.4	Theoretische und numerische Untersuchungen.....	159
9.5	Näherungsverfahren	160
10	Literatur.....	161
	Anhang A	163
	Anhang B	167
	Anhang C	200
	Anhang D	252