

Fortschritt-Berichte VDI

Reihe 4

Bauingenieurwesen

Dipl.-Ing. Matthias Portmann,
Dortmund

Nr. 196

Ein Beitrag zur
numerischen Analyse
des dynamischen
Stabilitätsverhaltens
von Stahlbeton-
stützen unter
Anprallbelastungen

VDI Verlag

HLuHB Darmstadt



15755555

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Problemstellung, Motivation und Zielsetzung.....	1
1.1.1	Einführung in das Problemfeld.....	2
1.2	Aufbau der Arbeit.....	4
1.3	Relevante Forschungsaktivitäten aus der Vergangenheit.....	5
2	Stand der Kenntnis.....	7
2.1	Werkstoffeigenschaften von Stahl und Beton.....	7
2.1.1	Materialeigenschaften des Betons.....	7
2.1.2	Materialeigenschaften des Stahls.....	11
2.2	Verbundverhalten von Stahl und Beton.....	13
2.3	Materialverhalten unter stoßartiger Beanspruchung.....	16
2.3.1	Verhalten des Bewehrungsstahls bei stoßartiger Beanspruchung.....	17
2.3.2	Verhalten des Betons bei stoßartiger Beanspruchung.....	18
2.3.3	Verbundverhalten bei stoßartiger Beanspruchung.....	23
2.3.4	Erinnerungsvermögen (Memory-Effect).....	24
2.3.5	Bewertung des Kenntnisstandes zu Dehngeschwindigkeitseffekten.....	25
2.4	Tragverhalten quergestöbener Stützen.....	25
2.4.1	Das Stabilitätsproblem im Stahlbetonbau (Begriffsdefinition).....	25
2.4.2	Phasen des Tragverhaltens.....	27
2.4.3	Rissbildung.....	30
2.4.4	Einfluss behinderter Längsdehnungen.....	31
2.4.5	Plastizierungseffekte.....	32
2.4.6	Einfluss großer Verformungen.....	33
2.4.7	Dämpfung.....	33
2.4.8	Das Kontaktproblem.....	34
2.5	Ermittlung möglicher Stoßbeanspruchungen.....	36
2.6	Möglichkeiten der Analyse.....	38

3	Modellbildung	40
3.1	Vorüberlegungen	40
3.2	Systemtheoretische Überlegungen zur Modellbildung.....	40
3.3	Reduzierung der Komplexität des Problems	40
3.3.1	Definition der Lagerungsbedingungen der Stütze.....	41
3.3.2	Beanspruchungsart.....	42
3.3.3	Material.....	42
3.3.4	Rissbildung.....	43
3.3.5	Stützengeometrie und bauliche Durchbildung	43
3.3.6	Mögliche Versagensarten	44
3.4	Finite-Elemente-Modell.....	45
3.4.1	Diskretes Rissmodell.....	45
3.4.2	Beschreibung der Bewehrung.....	47
3.4.3	Berücksichtigung des Verbundes zwischen Stahl und Beton.....	48
3.4.4	Zugverhalten des Betons im vordefinierten Riss.....	49
3.4.5	Schubverhalten im vordefinierten Riss.....	49
3.4.6	Dimension des Modells	50
3.4.7	Wahl der Elementtypen	50
3.4.8	Wahl der Netzweite	53
3.4.9	Aufbau des Finite-Elemente-Modells.....	53
3.4.10	Programmierung des Modellaufbaus für spätere Parameterstudien	54
3.5	Verbundmodell zum Finite-Elemente-Modell.....	56
3.6	Materialmodellierung zum Finite-Elemente-Modell.....	61
3.6.1	Charakteristische Materialkennlinie für die Scheibenelemente (PLANE42).....	61
3.6.2	Charakteristische Materialkennlinie für die Stabelemente (LINK 1).....	62
3.6.3	Berücksichtigung des zyklischen Stahlverhaltens	64
3.6.4	Berücksichtigung des geschwindigkeitsabhängigen Materialverhaltens	65
3.6.5	Definition der Dehngeschwindigkeit.....	66
3.6.6	Berücksichtigung des Memory-Effects	67
3.6.7	Geschwindigkeitsabhängige Materialkennlinien für die Scheibenelemente.....	68
3.6.8	Geschwindigkeitsabhängige Materialkennlinien für die Stabelemente.....	70

3.7	Programmierung der Materialmodellierung	72
3.8	Berücksichtigung des Dämpfungsverhaltens	74
3.9	Transiente Analyse (Zeitintegration)	75
3.9.1	Das Newmark-Verfahren	76
3.9.2	Wahl der Zeitschrittweite	76
4	Verifikation	79
4.1	Vorüberlegungen	79
4.2	Experimentelle Untersuchungen von Feyerabend	79
4.2.1	Versuchsaufbau und Stützenparameter	79
4.3	Modifikation des entwickelten Finite-Elemente-Modells	81
4.4	Stoßkraftverlauf	82
4.5	Gegenüberstellung der Ergebnisse	83
4.6	Bewertung der Verifikation	85
5	Parameterstudie	88
5.1	Mögliche Ausgangspunkte von Parameterstudien	88
5.2	Parametervariation	89
5.3	Ergebnisse der Parameterstudie	91
5.3.1	Variation des Stützenquerschnittes	91
5.3.2	Variation der Stützenlänge	92
5.3.3	Variation der Auflast	92
5.3.4	Variation des Rissabstandes	93
5.3.5	Variation der Längsbewehrung	93
5.4	Bewertung und Auswertung der Parameterstudie	94
6	Bewertung des entwickelten Finite-Elemente-Modells	95
7	Zusammenfassung und Ausblick	97
	Literaturverzeichnis	99
	Anhang	106