Ebene und räumliche Rahmentragwerke

Von

Dr. Ing. Viktor Kupferschmid

Oberingenieur der Zentralverwaltung der
Bauunternehmung Carl Brandt,
Düsseldorf

Mit 252 Textabbildungen

Wien
Springer-Verlag
1952

ISBN-13: 978-3-7091-7804-1 e-ISBN-13: 978-3-7091-7803-4
DOI: 10.1007/978-3-7091-7803-4

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.

Copyright 1952 by Springer-Verlag in Vienna.
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1952

Vorwort

Im vorliegenden Buch wird die Berechnung ebener und räumlicher Rahmentragwerke auf einheitlicher Grundlage behandelt. Es wendet sich in erster Linie an den jungen Fachkollegen.

Da durchgerechnete Beispiele am schnellsten und klarsten den Sinn einer Aufgabe vermitteln, wird auf sie ein besonderer Wert gelegt. Um die Beispiele jedoch nicht zu umfangreich zu gestalten, werden meist einfache, oft symmetrische Systeme behandelt. Die Rechengenauigkeit ist, um gute Übereinstimmung der Kontrollen zu erhalten, meist größer, als praktisch erforderlich wäre.

Einige Kapitel, wie z. B. die Berechnung von Rahmen mit Zugbändern, die Vereinfachungsmöglichkeiten bei der Berechnung räumlicher Rahmentragwerke durch Wahl bestimmter Stabquerschnitte, die Berechnung von durch Decken ausgesteifter räumlicher Rahmentragwerke und namentlich die im Anhang gebrachte unmittelbare Berechnung des zweiteiligen Stockwerksrahmens und des Virendeelträgers dürfte auch ältere Fachkollegen interessieren.

Sonst nicht übliche Bezeichnungen, wie z. B. „Grundverschiebungen“, „Grundgleichungen“ usw. sowie die Einteilung der räumlichen Rahmentragwerke sind nur gewählt, um eine klare, einheitliche Fassung zu erhalten. Auch der „Rahmen mit verschieblichen, aber unverdrehbaren Knoten“ soll eine eindeutige Vorstellung vermitteln.

Die grundlegenden Gedanken der Behandlung der Rahmentragwerke in der vorliegenden Art folgen aus der „Deformationsmethode“ von Ostenfeld (Verlag Julius Springer, Berlin, 1925) und dem Momentenausgleichsverfahren von Cross. Das Buch entstand in den Jahren nach dem Kriege. Das Manuskript wurde im März 1949 abgeschlossen. Zur Zeit der Bearbeitung stand nur wenig Literatur zur Verfügung. Im Literaturverzeichnis sind jedoch auch einschlägige Werke mitaufgeführt, die zu einem späteren Zeitpunkt erschienen sind.

Den Herren Professoren Dr. Ing. E. Melan der Technischen Hochschule in Wien und Dr. Ing. Beer der Technischen Hochschule

in Graz, zur Zeit an der Universität in Tucumán, Argentinien, möchte ich für ihr Interesse danken, das sie der Entstehung dieses Buches entgegengebracht haben.

Besonderen Dank schulde ich Herrn Otto Lange, Springer-Verlag. Der Springer-Verlag Wien hat die Herausgabe des Buches trotz der schwierigen Verhältnisse in der vorliegenden sorgfältigen Ausstattung ermöglicht.

Düsseldorf, im September 1951

V. Kupferschmid

Inhaltsverzeichnis

Erster Teil

Theoretische Grundlagen

I. Allgemeines Verfahren zur Berechnung verschieblicher Rahmentragwerke	1
1. Festhaltungen bei Berücksichtigung und bei Vernachlässigung der Stablängskräfte in Rahmen mit geraden Stäben	2
2. Festhaltungen bei Rahmen mit krummen Stäben oder Stabzügen	3
3. Berechnung der Festhaltekräfte	4
4. Belastung des verschieblichen Systems, Angriffskräfte	4
5. Grundverschiebungen und Grundverschiebungszustände	5
6. Kräftegruppen der Grundverschiebungen	6
7. Ableitung der Grundgleichungen	6
II. Das Momentenausgleichsverfahren von Cross	9
1. Allgemeines	9
2. Erweiterte Fassung und Ableitung	9
3. Vorzeichenregel	13
4. Abklingungs- oder Übergangszahlen	14
5. Stabsteifigkeiten	15
6. Sonderfall: Rahmen mit geraden Stäben mit veränderlichen Trägheitsmomenten	15
7. Sonderfall: Rahmen mit geraden Stäben mit konstanten Trägheitsmomenten	16
8. Systemskizzen	17
9. Zahlenbeispiel 1	18
10. Allgemeine Vereinfachungen bei Rahmensymmetrie	23
11. Vereinfachungen bei symmetrischen Rahmen mit geraden Stäben mit konstanten Trägheitsmomenten	24
12. Zahlenbeispiel 2	25
13. Allgemeinste Fassung des Crossschen Ausgleichsverfahrens	27
III. Der Rahmen mit verschieblichen, aber unverdrehbaren Knoten	30
1. Grundlagen	30
2. Die Möglichkeiten zur Durchführung von Verschiebungen	32
3. Kontrolle des Momentenausgleiches	33
4. Eigenarten des Rahmens mit verschieblichen, aber unverdrehbaren Knotenpunkten	33
IV. Allgemeine Berechnungsgrundlagen	34
1. Der beiderseits eingespannte gerade Stab mit veränderlichem Trägheitsmoment	34
2. Der einseitig eingespannte gerade Stab mit veränderlichem Trägheitsmoment	35

3. Der beiderseits eingespannte Bogen und Stabzug	35
4. Parallelverschiebung der Stabenden beim beiderseits und einseitig eingespannten Stab	35
5. Die virtuelle Arbeit beim ebenen Rahmen	37
6. Formänderungswerte	41
7. Die virtuelle Arbeit bei schiefer (räumlicher) Stabbiegung	43

Zweiter Teil

Ebene Rahmen

I. Übersicht	47
II. Rahmen mit geraden, aufeinander senkrecht stehenden Stäben	49
1. Zahlenbeispiel 3	49
2. Zahlenbeispiel 4	52
3. Berechnung mittels Umlagerung	57
4. Zahlenbeispiel 5	58
5. Zahlenbeispiel 6	59
III. Allgemeine Rahmenformen mit nur geraden Stäben	61
1. Zahlenbeispiel 7	62
2. Zahlenbeispiel 8	66
3. Zahlenbeispiel 9	74
IV. Rahmen mit Zugbändern	78
1. Grundlagen	78
2. Zahlenbeispiel 10	78
V. Rahmen mit krummen und polygonalen Stäben	81
1. Der eingespannte Bogen und Stabzug	81
2. Das verschiebbliche System	84
3. Der einseitig gelenkig gelagerte Bogen oder Stabzug	85
4. Zahlenbeispiel 11	87
5. Zahlenbeispiel 12	88
6. Zahlenbeispiel 13	88
VI. Rahmen mit nur aus zwei Stäben bestehenden Stabzügen . .	95
1. Grundlagen	95
2. Zahlenbeispiel 14	97
3. Zahlenbeispiel 15	107

Dritter Teil

Räumliche Rahmentragwerke

I. Einteilung der räumlichen Rahmentragwerke	110
II. Räumliche Rahmentragwerke erster Ordnung	112
Zahlenbeispiel 16	112
III. Ausgleich von Bieigungs- und Torsionsmomenten in räum- lichen Rahmentragwerken erster Ordnung	121
1. Grundlagen	121
2. Der Einfluß der Torsionssteifigkeit auf das Berechnungsergebnis	125
3. Zahlenbeispiel 17	127

IV. Umwandlung räumlicher Rahmentragwerke zweiter und dritter Ordnung im Rahmentragwerke erster Ordnung . . .	132
1. Grundlagen	132
2. Zahlenbeispiel 18	140
V. Räumliche Rahmentragwerke zweiter Ordnung	147
1. Räumlicher Momentenausgleich, Ausgleichsschema	147
2. Beispiel für die Berechnung eines Ausgleichsschemas	152
3. Zahlenbeispiel 19	154
4. Zahlenbeispiel 20	165
VI. Durch Scheiben ausgesteifte räumliche Rahmentragwerke . . .	171
1. Grundlagen	171
2. Zahlenbeispiel 21	172

Anhang

Unmittelbarer Ausgleich eines verschieblichen Systems

I. Der symmetrische zweistielige Stockwerksrahmen	177
1. Grundlagen	177
2. Zahlenbeispiel 22	180
3. Zahlenbeispiel 23	181
4. Zahlenbeispiel 24	184
II. Der Virendeelträger	186
1. Grundlagen	186
2. Zahlenbeispiel 25	186
3. Zahlenbeispiel 26	188
4. Zahlenbeispiel 27	189
Literaturverzeichnis	193
Sachverzeichnis	195