



Doctoral Thesis

Nichtlineare FE - Analyse von Stahlbetonplatten und -schalen mittels linearisierter Fließbedingungen im Knotenkraftraum

Author(s):

Glanzer, Günter Fritz

Publication Date:

2000

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004037891> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 13889

**Nichtlineare FE - Analyse
von Stahlbetonplatten und -schalen
mittels linearisierter Fließbedingungen
im Knotenkraftraum**

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

Günter Fritz Glanzer
Dipl.-Ing. TU Graz

geboren am 22.2.1966
von Österreich

Angenommen auf Antrag von:
Prof. Dr. Edoardo Anderheggen, Referent
Prof. Thomas Vogel, Korreferent

2000

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit ist Bestandteil eines grösseren Projektes, das die optimale Bemessung und Analyse von Stahlbetonplatten und -schalen zum Inhalt hat. Da im Zuge der Bemessung weder die Verformungen noch der Duktilitätsbedarf des Baustahles kontrolliert werden, analysiert folgende Arbeit einerseits diese Nachteile und liefert andererseits als Zusatz noch die Traglast. Dafür wird ein nichtlineares Berechnungsverfahren nach der Methode der finiten Elemente entwickelt, das ein eigens dafür entwickeltes Elementgesetz im Knotenkraftraum zum Kernstück hat.

Nach der Darstellung der kontinuumsmechanischen Grundlagen und der fundamentalen Gleichungen für eine finite Element Diskretisierung, folgt die Beschreibung der Elementmodelle. In dieser Arbeit werden drei- und vierknotige ebene Elemente nach der Free Formulation Theorie für Platten und Schalen verwendet. Eine Formulierung mit korrotierten Koordinaten erlaubt es, beschränkt auf kleine Verzerrungen, sowohl geometrische, als auch materialbedingte Nichtlinearitäten zu berücksichtigen.

Um die Effizienz der nichtlinearen Analyse zu erhöhen, erfolgt hier eine Materialbeschreibung im Knotenkraft - Verschiebungsraum und nicht wie bisher im Spannungs - Verzerrungsraum. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass die Knotenkräfte mit den äusseren Knotenlasten exakt im Gleichgewicht sind, was für die Berechnung bzw. für die Analyse von Stahlbetonkonstruktionen besonders wichtig ist. Ausserdem entfallen bei dieser Modellierung auch die aufwendigen Integrationsprozeduren zur Neubildung der Elementsteifigkeitsmatrix. Als Grundlage zur Materialbeschreibung dienen linearisierte Fliessbedingungen, durch die sich elastoplastische Materialien beschreiben lassen. Zentrale Probleme sind einerseits die Entwicklung eines computergerechten Algorithmus zur Modellierung dieses Materialgesetzes, welches in Folge als Elementgesetz bezeichnet wird, und andererseits, um das Konzept der Knotenkräfte aufrecht zu erhalten, die Herleitung der geometrischen Steifigkeitsmatrix für das Biegeverhalten aus den Membranknotenkräften.

Abgerundet wird diese Arbeit noch durch zusätzliche Werkzeuge, wie die Maschenverfeinerungen für bestimmte Strukturbereiche oder die Behandlung von unterschiedlichen Plattenstärken. Auch ein Verfahren zur Modellierung von Unterzügen mittels Schalenelementen wird vorgestellt. Zum Abschluss wird das entwickelte Programm anhand von numerischen Beispielen erläutert, und die daraus erhaltenen Lösungen mit theoretisch bekannten Lösungen verglichen. Auch die Handhabung des gesamten Programmpaketes, welches Bemessungs- und Analysemodul vereint, wird anhand eines praktischen Beispiels gezeigt.

Summary

This thesis is part of a larger project involving the optimum reinforcement dimensioning and nonlinear analysis of concrete plates and shells. During the optimisation process there is no deflection and ductility check and therefore this work analyses these disadvantages and in addition calculates the ultimate load. Therefore a nonlinear analysis is used, based on the finite element method, which has as a main item a newly developed element law in the element nodal force space.

After summarizing the basic equations of continuum mechanics and for finite element discretisation, plate and plane shell elements with three or four nodes are described based on the Free Formulation theory. A formulation with corotated coordinates allows, for small strains only, to take into account geometrical and material nonlinearities.

In order to increase the efficiency of nonlinear analysis, a material description in the nodal - displacement space and not as is usually done in the stress - strain space, is carried out. This description has the advantage that the nodal forces are in perfect equilibrium both with one another and with the external loads. This is very important for example in the analysis of reinforced concrete structures. In fact, the expensive numerical integration procedures for determining the tangential element stiffness matrices and element forces are no longer needed. The basis of the material description with nodal forces is the theory of plasticity as well as the method of linear yield conditions, which has been applied successfully for elasto - plastic materials. The main problems to be solved were the development of an algorithm to allow a computerized modelling of elasto - plastic materials in the element nodal force space with an element law, as well as, following the concept of the nodal forces, the determination of the geometric stiffness matrix directly from the membrane nodal forces.

Finally, the development of some essential tools, like mesh refinement for certain structural regions and the treatment of different plate thicknesses is illustrated. Also a new method of modelling beams with shell elements is proposed. The work is completed by the presentation of the developed program and verifying it by means of some numerical examples. These solutions are compared with the theoretical ones. The use of the whole package, in combination with dimensioning and analysis, is demonstrated using practical examples.