ETH zürich

ETH Library

Interaktive Steuerung nichtlinearer Finite-Element-Berechnungen

Doctoral Thesis

Author(s):
Maag, Hans

Publication date:
1985

Permanent link:
https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-000342885

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.

Dissertation ETH Nr. 7808

INTERAKTIVE STEUERUNG NICHTLINEARER FINITE-ELEMENT-BERECHNUNGEN

Abhandlung
zur Erlangung
des Titels eines Doktors der technischen Wissenschaften

der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von
Hans Maag
Dipl. Bauingenieur ETH
geboren am 6. August 1949
von Bachenbülach ZH

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. E. Anderheggen, Referent
Prof. Dr. B. Thürlimann, Korreferent

Zürich, 1985

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit präsentiert ein Vorgehen, das die interaktive Kontrolle und Steuerung nichtlinearer Finite-Element-Analysen erlaubt. Im Gegensatz zu den heutzutage üblichen FE-Berechnungen im sogenannten "Batch"-Betrieb verfolgt dabei der Programmbenutzer die massgebenden Kontrollgrössen der Analyse in Echtzeit auf dem Bildschirm. Aufgrund dieser Information hat er die Möglichkeit, den Berechnungsablauf über ein Eingabemedium zu steuern.

Als Grundlage zum entwickelten interaktiven FE-Programm sind die kontinuumsmechanischen Beziehungen hergeleitet. Je nach dem, ob die statischen und kinematischen Zustandsgrössen auf die initiale oder auf die aktuelle Konfiguration bezogen werden, spricht man von der Totalen-Lagrange-Formulierung oder von der Mitgehenden-Lagrange-Formulierung. Beide Betrachtungsweisen werden dargestellt. Die resultierenden Bewegungsgleichungen werden in der zeitlichen Dimension mit direkten Integrationsmethoden gelöst. Die im erwähnten Programm implementierten Methoden für statische und dynamische Analysen werden präsentiert und ihre numerischen Eigenschaften diskutiert.
Da der Erfolg eines interaktiven Programms wesentlich von der Gestaltung der Benutzerschnittstelle abhängt, werden die Grundlagen der sogenannten Mensch-Maschine Kommunikation behandelt. Nach einem Überblick über die Betriebsarten der Datenverarbeitung und der Definition einiger Begriffe im Zusammenhang mit Dialogfragen wird das Verhalten des Benutzers im Dialogbetrieb mit dem Computer erläutert. Anforderungen an die Antwortzeiten eines interaktiven Systems werden diskutiert. Darauf aufbauend werden Regeln und Empfehlungen zur technischen Gestaltung des Bildschirmdialogs vorgeschlagen.
Als Synthese dieser Betrachtungen wird die Entwicklung eines nichtlinearen Finite-Element-Programms mit interaktiver Arbeitsweise behandelt. Ausgehend vom bereits existierenden linearen, modular aufgebauten FE-Programmsystem FLOWERS werden die nichtlinearen Programmteile implementiert. Neben Fragen zu Datenstrukturen, die von den verschiedenen Integrationsalgorithmen gleichzeitig verwendet werden, sind die Schnittstellen zu den bereits bestehenden Modulen des FLOWERS-Programmsystems und zu den Elementen der Elementbibliothek beschrieben. Die Gestaltung der Mensch-Maschine Kommunikation mit Hilfe hierarchisch strukturierter Menü-Dialogen wird präsentiert.
Über erste Erfahrungen mit interaktiven FE-Analysen wird berichtet und drei durchgeführte Anwendungen werden vorgestellt.

Summary

In the present work a method is presented which allows the interactive solution of nonlinear Finite-Element problems. Contrary to the usual batch oriented FE-calculation procedures, this method allows the program user to follow the problem parameters in real time on a terminal screen. The user, by using special input menus, has the ability to change solution parameters and thus control the nonlinear step-by-step solution procedure.

As a basis for the development of the interactive nonlinear FE-Program, important Continuum mechanics relations are presented. According to whether the static and kinematic variables are referred to the initial or actual configuration, a Total-Lagrangian or Updated-Lagrangian Formulation is used. Both Formulations will be discussed. The resulting equation of motion are solved in the time domain with direct integration procedures. Static and dynamic analysis methods which have been used in the above mentioned program will be presented and their numerical properties discussed.
Since the success of an interactive program is dependent upon the nature of the user interface, the so called man-machine dialogue is treated. After an overview of the different methods used in data processing and the definition of several terms in connection with man-machine dialogues, the relationship between the computer and the interactive user will be described. Stipulations on the responsetime of an interactive system will be discussed. Recommendations concerning the technical organization of the screen dialoge will be advanced.

The realisation of these considerations - the developement of an interactive nonlinear FE-program - will be treated. The program will be implemented in the already existing linear FE-program FLOWERS. Questions concerning the complex nature of the Datastructures, which are used by different integration procedures are answered. The interface between the already existing modules of the programsystem FLOWERS and to the implemented elements are described. The structure of the man-machine communication is presented with hierarchical menu dialogues.
Experiences with interactive FE-Analysis will be reported and three applications will be presented.