



Doctoral Thesis

Dreidimensionale numerische Simulation des mechanischen Verhaltens von Beton auf der Ebene des Mesogefüges

Author(s):

Hörsch, Tilman

Publication Date:

2002

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004445730> →

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. 14815

Dreidimensionale numerische Simulation
des mechanischen Verhaltens von Beton
auf der Ebene des Mesogefüges

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

TILMAN HÖRSCH
Dipl.-Ing., Univ. Stuttgart

geboren am 19.12. 1966

Deutschland

Aufgenommen auf Antrag von:

Prof. Dr. F.H. Wittmann

Prof. Dr. V. Slowik

Prof. Dr. E. Anderheggen

Dr. H. Sadouki

2002

Das zweite Kapitel beinhaltet eine Beschreibung zementgebundener Werkstoffe. Zunächst werden die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Gefügekomponenten beschrieben. Anschliessend wird auf das Verhalten von Beton unter mechanischen Belastungen sowie auf zeitabhängige Prozesse, wie Kriechen und Schwinden eingegangen.

Im dritten Kapitel werden theoretische Grundlagen für die numerische Simulation behandelt. Kapitel vier beschreibt die Methodik zur Erstellung des numerischen Modells. Die nichtlinearen Werkstoffmodelle und deren Implementierung werden in Kapitel fünf erläutert.

In Kapitel sechs wird zunächst das numerische Modell validiert. Durch linear elastische Berechnungen ermittelte effektive Werkstoffkennwerte werden mit experimentell abgesicherten analytischen Modellen verglichen. Anschliessend erfolgt die Berechnung der effektiven Mörtel­eigenschaften durch eine Dimensionsanalyse.

Die Simulation des Schädigungsverhaltens unter dem Einfluss unterschiedlicher Belastungen steht im Mittelpunkt von Kapitel 7. Dabei werden gezielt Werkstoff­eigenschaften variiert und die Auswirkungen auf Rissbildung und das makroskopische Verhalten untersucht. In Kapitel 8 wird das entwickelte Modell für zwei ausgewählte Beispiele angewendet. Verformungen und Schädigung werden mit experimentellen Ergebnissen verglichen.

Die Folgerungen aus den wichtigsten Ergebnissen dieser Arbeit und Ausblicke auf weitere mögliche Entwicklungen werden in Kapitel 9 beschrieben.

Abstract

Properties of concrete have been simulated and analyzed by two-dimensional models (e.g. the Numerical Concrete) for many years. In this thesis a three-dimensional model for concrete is developed taking the composite structure into consideration. First, rounded aggregates are supposed to be in a mortar matrix. In between a contact zone, the so called interfacial transition zone (ITZ), can be considered. The aggregates, modelled as spheres or ellipsoids, follow a predefined size distribution and are placed inside the specimen by using a random generator. In a second step the model is meshed with finite tetrahedra elements by means of a suitable algorithm. Finally the constitutive laws for the components are defined. For the dimension of the mortar matrix a special defined maximum aggregate diameter is taken into consideration and it is supposed to be homogeneous with effective properties. The contact zone is assumed to be a weak zone and it is described by statistically distributed material properties. The damage evolution of concrete will be described with a fictitious crack model for the tension range and with a plasticity model for the compression range. Quasistatic loading as well as time-dependent stresses and deformations, induced by variable temperature and relative humidity, are considered. The influence of the properties of the components on the effective mechanical behaviour are elaborated by systematic variation of the material properties and the boundary conditions.

In the introduction terms of reference of this work are defined and a survey of the actual fields of research concerning the numerical simulations of concrete are given.

The second chapter deals with basic properties of cement-based materials. At first, the chemical and physical properties of the components are described. Then the behaviour of concrete under quasistatic loading and time dependent deformations, like creep and shrinkage, are considered.

The third chapter deals with fundamentals of numerical simulation. In chapter four the method for developing the numerical model is described. The nonlinear material models and their implementation are explained in chapter five.

Chapter six starts with the validation of the numerical model. Effective material properties, as determined by linear elastic calculations, are compared with experimentally validated analytical models. Finally, the calculations of effective mortar properties are calculated.

The focus of chapter five is the simulation of the damage evolution under diverse loading conditions. In this context material properties are varied in a specific manner and the influence on crack formation and the global macroscopic behaviour are investigated. In chapter eight the developed numerical model is applied to study two examples. Obtained deformations, stiffness and damage are compared with experimental results.

Conclusions based on most important results of this work and an outlook for further possible research are described in chapter 9.