

Schriftenreihe des Lehrstuhls für Statik TU München

Band 18

**Joseph Jordan**

**Effiziente Simulation großer Mauerwerksstrukturen  
mit diskreten Rißmodellen**

Shaker Verlag  
Aachen 2012

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: München, Techn. Univ., Diss., 2011

Copyright Shaker Verlag 2012

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-0714-5

ISSN 1860-1022

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## Effiziente Simulation großer Mauerwerksstrukturen mit diskreten Rissmodellen

### Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird ein Strukturmodell für die effiziente Berechnung von großen Mauerwerksstrukturen im Rahmen der Finite-Elemente-Methode entwickelt. Bei großskaligen experimentellen Versuchen zeigten sich typische Rissmuster mit überwiegend horizontaler, vertikaler und diagonaler Ausrichtung, die auf den Mauerwerksverband mit der regelmäßigen Struktur von Stein und Mörtelfugen zurückzuführen sind. Im numerischen Modell wird mit einer sogenannten *Einheitszelle* das Tragverhalten eines repräsentativen Mauerwerksausschnitts beschrieben. Die Einheitszelle besteht aus einem Element-Patch, um mit entsprechend orientierten Kontaktelementen die jeweiligen Versagensmoden diskret abzubilden. Mit dieser Vernetzung werden Struktureigenschaften des Mauerwerksverbands makroskopisch beschrieben und geometrische Größen wie Steinformat und Überbindemaß berücksichtigt. Das treppenförmige Fugenversagen durch Stoß- und Lagerfuge wird vereinfacht mit einem diagonalen Kontaktelement beschrieben. Dadurch konnte die gute Qualität der diskreten Rissmodellierung auf der Mesoskala mit der numerischen Effizienz von herkömmlichen Makromodellen kombiniert werden.

Für Fugen- und Steinversagen sind separate Materialgesetze vorgesehen. Im Vergleich zu einem homogenisierten Ersatzwerkstoff bleiben die Versagensmodelle und die Identifizierung von Materialparametern für die Komponenten Stein und Mörtel relativ einfach. Das Strukturmodell erzielte bei der Validierung an Schubwänden bestehend aus quadratischen Steinen sehr gute Berechnungsergebnisse. Durch einfache geometrische Anpassung bei der Vernetzung konnte die Einheitszelle auf weitere Steinformate angewendet werden.

## Efficient simulation of large masonry structures with discrete crack models

### Abstract

In this thesis a numerical model for the efficient simulation of large scale masonry structures with the finite element method is developed. In experimental large scale tests, a typical crack pattern with a preferred horizontal, vertical and diagonal orientation was observed, which can be attributed to the masonry bond. In the numerical calculations, a so-called *unit cell* was used to describe the typical load carrying behaviour of a representative sample of masonry. The unit cell consists of an element patch in order to model the respective failure modes with corresponding oriented interface elements (discrete crack model). With this finite element mesh structural properties of the masonry bond can be described macroscopically while the geometry of the stones is taken into account. The step-wise failure in the mortar joints through vertical and horizontal joints is described by a diagonal interface element. Using this method, the high quality of discrete crack models at meso scale simulations can be combined with the numerical efficiency of classical macromodels.

Individual material models for the cracks in the mortar joint and failure of the units are developed. Compared to a homogenised material description the failure criteria and the determination of material parameters for the components mortar and stone remain relatively simple. The unit cell was validated with large scale experimental tests of shear walls. Using square-shaped units, the simulation achieved very good results even under complex cyclic loading. Simple geometric adaption in the meshing procedure allow for the unit cell to also be applied to other shapes of the units.