

Modellierung und numerische Simulation von Hangrutschungen

PROF. DR. DIETER DINKLER, PROF. DR. ANDREAS ZILIAN, DIPL.-ING FRITHJOF PASENOW

Institut für Statik, Technische Universität Braunschweig, Beethovenstraße 51, 38106 Braunschweig

Hangrutschungen und durch Hangrutschungen ausgelöste Impulswellen in Gewässern können aufgrund der Analogie zu fluidähnlichen Bewegungen schnell rutschender Bodenmaterialien als instationäre Drei-Phasen-Strömung aus Bodenmaterial, Wasser und Luft untersucht werden, wenn die Modellgleichungen sowohl den Phasenübergang fest-flüssig und die Auflockerung des Bodenmaterials als auch das Eintauchen des Bodenmaterials in eine Flüssigkeit beschreiben können. Die Modellierung der betrachteten physikalischen Vorgänge erfolgt in Euler'scher Betrachtungsweise. In den Phasengebieten ist die Beschreibung der drei als inkompressibel und unmischbar angenommenen Fluidphasen auf den Navier-Stokes-Gleichungen begründet. Für das viskose Bodenmaterial ist eine Fluidformulierung mit einem nichtlinear viskoplastischen Modellansatz gewählt, der für Luft und Wasser mit entsprechender Wahl der Materialparameter auf einen linear viskosen Newton'schen Modellansatz zurückgeführt wird. Signifikante Struktur- und Gestaltänderungen der Fluidgebiete während der Impulswellenentstehung motivieren die Verwendung der Level-Set-Methode [3] zur Erfassung der Grenzflächendynamik. Somit ist sowohl die einfache Lokalisierung von Grenzflächen als auch die einfache Bestimmung geometrischer Grenzflächeneigenschaften möglich. Die Diskretisierung der Modellgleichungen erfolgt mit der stabilisierten Raum-Zeit-Finite-Element-Methode [2], mit der die diskrete Beschreibung der Physik zeitabhängiger Grenzflächen oberflächengekoppelter Gebiete möglich ist. Grenzflächenseitig unterschiedliche Materialeigenschaften sowie Oberflächenspannungsphänomene auf den Grenzflächen führen zu un stetigen Spannungsverläufen über die Grenzflächen hinweg. Dies äußert sich durch starke und schwache Unstetigkeiten in den Lösungsverläufen der physikalischen Beschreibungsvariablen. Zur Approximation der un stetigen Lösungsausprägungen werden die lokal in den Grenzflächenbereichen erweiterten Ansätze der X-FEM [1] eingesetzt, die mit knotenweise konstruierten Sprungfunktionen auf starke Unstetigkeiten angereichert sind. Schwach un stetige Lösungsverläufe werden durch die diskrete Auswertung von Grenzflächenübergangsbedingungen auf den Grenzflächen mit Hilfe eines eingebetteten Penalty-Verfahrens erzwungen. Das Berechnungsmodell wird für ausgewählte 2D-Anwendungsbeispiele diskutiert.

Literatur:

- [1] T. Belytschko, R. Gracie, G. Ventura. A review of extended/generalized finite element methods for material modeling. *Model. Simul. Mater. Sci. Engrg.*, Vol. 17, 043001 (24pp), 2009.
- [2] B. Hübner, E. Walhorn, D. Dinkler. A monolithic approach to fluid-structure interaction using space-time finite elements. *Comp. Meth. Appl. Mech. Engrg.*, Vol. 193, 2087–2104, 2004.
- [3] S. Osher, J. A. Sethian. Fronts propagating with curvature-dependent speed: Algorithms based on Hamilton-Jacobi formulations. *J. Comp. Phys.*, Vol. 79, 12–49, 1988.