

Numerische Simulation flexibler Schutzsysteme

gegen Steinschlag

Validierung der Software FARO



Universität
Karlsruhe (TH)



Diplomarbeit von Alexander Butz

entstanden am Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos

Einführung

Flexible Schutzsysteme gegen Steinschlag bestehen aus Drahringnetzen, Stahlseilen, Bremsen und Stahlstützen. Die Aufgabe dieser Systeme besteht im Schutz von Siedlungsräumen und Infrastruktureinrichtungen. Aufgrund des komplexen Tragverhaltens dieser Konstruktionen kann deren Bemessung bisher nur empirisch erfolgen. Diese Diplomarbeit ist Teil eines Projektes zur Entwicklung der Software FARO (Falling Rocks), mit der der Abbremsvorgang eines Steins in einem solchen Schutzsystem simuliert werden kann.

Modellierung

Von besonderem Interesse ist die numerische Modellierung des Drahringnetzes. Die einzelnen Ringe des Netzes werden mit einem Acht-Knoten-Ringelement diskretisiert (Abb.1).

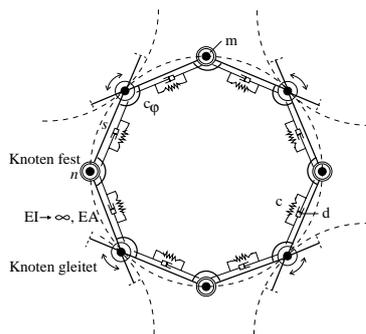


Abb. 1: Finites Ringelement

Um das Gleiten der Kontaktstellen zwischen den Ringen im Modell zu erfassen, können sich die gemeinsamen Knoten zweier Ringelemente auf den angrenzenden Stabsegmenten frei bewegen. Die mechanischen Eigenschaften (z.B. Biegesteifigkeit, Plastizierung des Ringquerschnitts) werden durch entsprechende Parameter in der numerischen Berechnung berücksichtigt, die anhand von Versuchen bestimmt und kalibriert werden müssen.

Versuchsdurchführung

Um genauere Kenntnisse über das Tragverhalten der Schutzsysteme zu erhalten, wurden quasi-statische und dynamische Versuche (Abb. 2) durchgeführt. Zur gezielten Untersuchung der Einflüsse einzelner Systemkomponenten wurden bei den Versuchen verschiedene Randbedingungen berücksichtigt. Der eingesetzte Wurfkörper besteht aus zwei Betonhalbkugeln mit einer integrierten Beschleunigungsmesstechnik (Abb. 3).

Der bei den dynamischen Versuchen aufgezeichnete Beschleunigungs-Zeit-Verlauf liefert sehr genaue Informationen über den Abbremsvorgang des Wurfkörpers in dem Schutzsystem.



Abb. 2: Versuchsstand



Abb. 3: Halber Wurfkörper

Ergebnisse

Auf Basis der gewonnenen Versuchsdaten kann der jeweilige Einfluss der untersuchten Parameter auf das Tragverhalten der Schutzkonstruktion ermittelt und in dem finiten Elementmodell berücksichtigt werden. In dem vorgestellten Beispiel wurde der Wurfkörper aus einer freien Fallhöhe von 5.0 m in einem unverschieblich gelagerten Drahringnetz abgebremst. In Abb. 4 ist der Beschleunigungs-Zeit-Verlauf des Wurfkörpers, sowie das Ergebnis der numerischen Berechnung dargestellt.

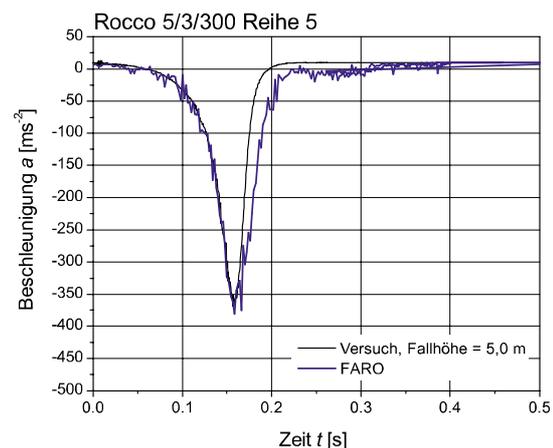


Abb. 4: Beschleunigungs-Zeit-Verlauf des Wurfkörpers

Die Berechnung stimmt in der Belastungsphase sehr gut mit den Versuchsdaten überein, erst während der Entlastung treten Abweichungen zwischen beiden Ergebnissen auf. Die für die Bemessung der Konstruktion massgeblichen Belastungen folgen aus dem Maximalwert der Beschleunigung, der hier mit dem numerischen Modell richtig erfasst wird.