

原子力発電所の周辺斜面を対象とした斜面崩壊解析手法の開発

背景

原子力発電所における周辺斜面の地震時安定性に関しては、耐震設計審査指針の改訂により、地震随伴事象として、斜面崩壊による原子力施設への影響を考慮することが盛り込まれた。これにより、周辺斜面の崩壊が原子力施設に及ぼす影響を評価するため、崩落岩塊の到達距離の予測を目的とした斜面崩壊解析等が、重要な課題となっている。斜面崩壊解析による検討には、崩落岩塊の衝突や跳ね返りおよび転がり挙動等による到達距離の変動やばらつきを考慮し、岩塊が施設に到達する可能性評価が必要とされている。さらに、このような岩塊の崩落挙動を考慮した到達距離予測手法の開発が望まれている。

目的

岩塊の転動挙動を解析できる個別要素法を用いて、岩塊同士の衝突や転がりによる崩落挙動の影響を考慮した到達距離予測手法を開発し、振動台による斜面崩壊実験等の数値シミュレーションによりその妥当性を示す。

主な成果

1. 個別要素法による崩落岩塊の到達距離予測手法の開発

岩塊の形状に依存する転がり特性を表現するため、岩塊の形状係数^{*1}を考慮した二次元の多角形要素による粒子モデルを作成し、斜面崩壊による崩落岩塊の到達距離予測手法を開発した。本手法は、岩塊同士の衝突や滑りの影響を表す反発係数と動摩擦係数を主な入力物性とし、必要に応じて衝突時の衝撃力を評価することができる。これらの解析に必要な入力物性を求めるための試験方法とモデル化手法および解析手法を提示した。

2. 斜面崩壊実験の数値シミュレーションによる提案手法の検証

上記の手法を用いて斜面模型の崩落岩塊とした粒径 20-40mm 碎石(高さ 100m 斜面で約 1.7m~3.3m 相当)の物性評価とモデル化、同モデルによる斜面崩壊実験の数値シミュレーションを実施し、以下の結果を得た。

- (1) 個々の碎石を斜面上から 1 個ずつ崩落させる実験を対象として、碎石の形状係数^{注1)}を考慮した本粒子モデルを実験と同じ様に斜面上から 1 個ずつ崩落させる解析を行い、個々の碎石粒子に関する到達距離の頻度分布を再現できることを確認した。
- (2) 碎石による斜面模型を用いた振動台実験の数値シミュレーションの結果、加振により崩壊した斜面上から衝突と跳ね返りを繰り返しながら崩落する碎石群の挙動や到達距離を良好に再現できることを示し、本手法の妥当性を検証した。

なお、本研究で対象とした振動台実験は、(独)原子力安全基盤機構からの平成 18 年度受託研究として実施した。

今後の展開

崩落岩塊の 3 次元的な拵りを含む崩落挙動の把握とそれらを表現できる解析手法の提案を行い、斜面崩壊による影響評価手法の高度化を図る。

主 担 当 者 地球工学研究所 地震工学領域 上席研究員 栃木 均

関連報告書 「地震時崩落岩塊の到達距離に関する影響要因の検討—斜面崩壊を想定した振動台実験と二次元個別要素解析による影響予測手法の開発」 電力中央研究所報告:N08084(2009 年)

*1: 碎石粒子の投影断面に関する断面積 A と外周長 L の 2 乗の比(A/L^2)として定められ、粒子の形状が丸みを帯びてくるにつれて大きくなり、円の場合に最大で $1/(4\pi)$ となる。本研究では、粒子の転がり易さを表す指標とした。

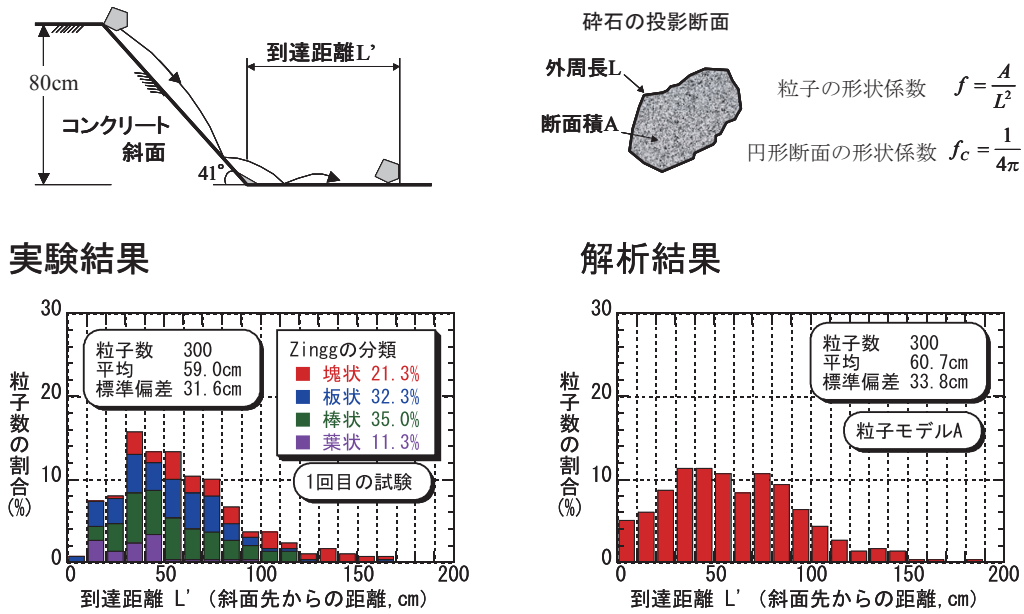


図1 個々の碎石粒子の転がりによる到達距離の実験結果と解析結果の比較

斜面上から碎石粒子を1個ずつ崩落させる実験を行い個々の碎石粒子の転がりによる到達距離の頻度分布を明らかにした。次に、これらの碎石粒子の転がり特性を表現するため、碎石粒子の形状係数*1を考慮した粒子モデルを作成し、実験と同じ様に碎石粒子を1個ずつ崩落させる解析を行い、実験結果を再現できることを確認した。

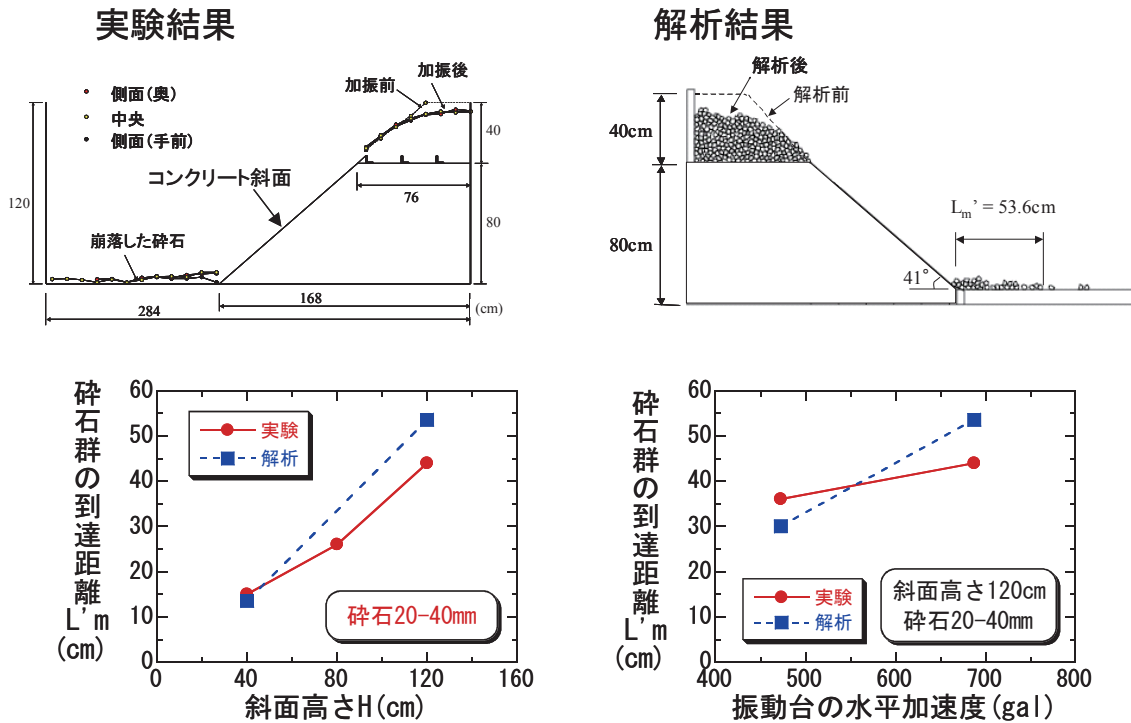


図2 碎石群の崩落による到達距離の実験結果と解析結果の比較

コンクリート斜面上に作成した碎石による斜面モデルを振動台で加振することにより崩落させ、斜面高さや振動台加速度による碎石群の到達距離の変化状況を把握した。これらの振動台実験を対象とした数値シミュレーションを実施し、本手法による粒子モデルを用いることで、斜面高さや振動台加速度による到達距離の変化状況を再現できることを示し、解析手法の妥当性を検証した。