

個別要素法による土砂流動解析の計算条件に関する一考察

東北大学	正会員	○森口 周二
日揮株式会社	非会員	太田 勇真
東北大学	正会員	高瀬 慎介
東北大学	正会員	寺田堅二郎
鉄道総合研究所	正会員	阿部 慶太
東京工業大学	非会員	青木 尊之

1. はじめに

個別要素法(Discrete Element Method: DEM)¹⁾ は、斜面災害の予測やリスク評価にも応用されており、その有用性が報告されている。しかし、落石や土砂を直接的に表現できるという利点を有する一方で、工学的に利用する際に必要となる計算条件や入力パラメータの感度の情報は十分に議論されていない。今後、実務レベルでのDEMの利用価値を高めるためには、工学的に意味のある結果を得るために最低限必要となる計算条件や、評価の手順などを整備しておく必要がある。本研究では、DEMを土砂流動解析に適用する上で留意すべき工学的条件を整理することを目的として、大規模土砂流動実験の再現解析を実施し、その結果を分析した。

2. 実大規模土砂流動実験

本研究で再現解析の対象とした実大規模実験²⁾ は、図-1 に示す試験場で実施されたものである。流動土砂の体積や粒度分布が異なる実験ケースが存在するが、本研究では1.0m³の碎石(粒度調整碎石 M40)を流動させたケースを対象とした。斜面は、幅5.0m、長さ5.0mの43°勾配斜面、長さ5.77mの29°勾配斜面および長さ7.5mの平坦部からなる。また、底面は盛土表面にコンクリート吹付け工を行い、その上にPC板を複数枚敷設している。斜面下には、荷重計を内蔵した装置が設置されており、これにより土砂の衝撃力が計測された。なお、碎石は斜面上部のトラックの荷台に所定の体積となるように投入され、荷台を斜面流下方向に向けて傾けていくことで流動させている。

3. 再現解析と結果の考察

本研究で用いたDEMプログラムは、球要素とポリゴン要素で物体形状を表現するものであり、碎石については、球要素または球要素を連結した非球形要素の集合体として表現し、斜面形状の表現にはポリゴン要素を用いた。接触力モデルは、バネ、ダッシュポット、スライダーを含む一般的なものであるが、振動方程式との対応を考慮して、バネ定数、反発係数、摩擦係数を入力パラメータとしている。解析では、実験と同じ寸法と形状の斜面を作成し、トラックの荷台を模擬した箱を斜面上部に用意し、その中に配置した要素群を流下させることで実験を再現した。バネ定数、反発係数、粒度分布、要素サイズ、要素形状を様々に変化させて、解析結果の変化を確認した。

図-1 は実験で撮影された碎石の流動の様子である。解析結果については、特徴的なものとして、図-2 に非球形要素を用いたケースを示している。図-3 は、球形要素を用いたケースの衝撃力の時系列データを示しており、要素サイズが異なる場合の結果を比較したものである。また、図-4 は、衝撃力の最大値に関して粒径との関係を示したものであり、球形要素(spherical)と非球形要素(non-spherical)について結果を示している。なお、非球形要素については、底面摩擦を変化させた結果も示している。これらの結果より、実現象の衝撃力を再現するためにはある一定の要素サイズ以下であることが重要であり、非球形要素を用いることで高精度に実現象を表現できることを確認した。ただし、非球形要素は入力パラメータが解に与える影響の感度が高く、工学的な利用を考える上では、過大評価を前提として球形要素を用いるという工学的判断があってもよいと考えられる。

キーワード 土砂流動, 衝撃力, 個別要素法, 大規模実験

連絡先 〒980-0845 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1 東北大学災害科学国際研究所 TEL 022-752-2131



図 - 1 実験結果

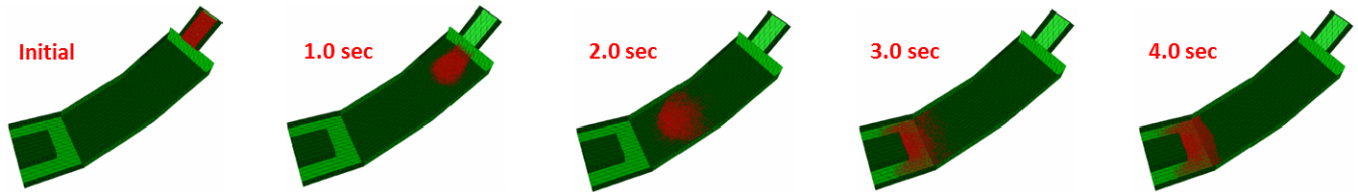


図 - 2 解析結果（非球形要素）

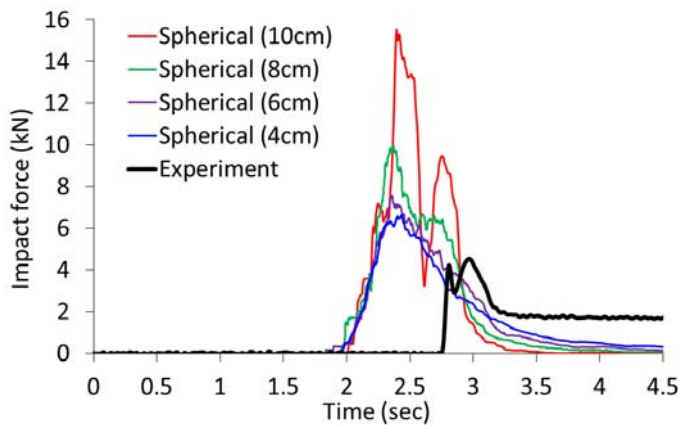


図 - 3 解析から得られた衝撃力の時刻歴（球形要素）

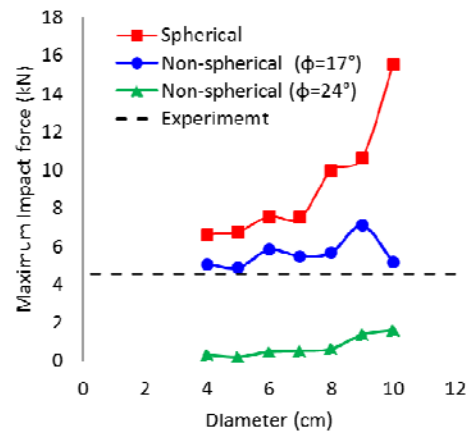


図 - 4 解析から得られた粒径と最大衝撃力の関係

4．まとめ

本研究では、DEM を土砂流動解析に適用する際に必要となる計算条件を整理することを目的として、実大規模土砂流動実験の再現解析を実施し、その結果に基づいて工学的観点から計算条件について考察した。得られた知見を以下にまとめる。今後、解析結果のさらなる分析を進め、DEM を土砂流動解析に適用する際に必要となる計算条件や手順をより明確に整理していく予定である。

参考文献

- 1) Cundall P. A. and Strack O. D. L.: A discrete numerical model for granular material, Geotechnique, 29, pp.47-65, 1979.
- 2) 阿部慶太, 中島進, 渡辺健治, 獅子目修一, 雪岡剛哲, 中瀬仁, 中村英孝, 中村晋: 大型斜面による岩塊転動と土砂流動の挙動および衝撃荷重特性に関する検討, 第 59 回地盤工学シンポジウム, pp.155-162, 2014.

謝辞

原子力規制庁より貴重な実験データを提供頂いた。また、本研究の一部は、科学研究費補助金・基盤研究(S)課題番号 26220002「ものづくり HPC アプリケーションのエクサスケールへの進化」から支援を頂いた。記して謝意を表す。