



東北大学

東北大学

担当部署連絡先：研究推進部 研究推進課 基盤研究係

kenjyo@grp.tohoku.ac.jp

作成日：2020年1月31日

更新日：—

科研費
KAKENHI

地盤の支える機能から流れる性質までの統合表現による数値シミュレーション

研究者所属・職名：災害科学国際研究所・教授

ふりがな てらだ けんじろう

氏名：寺田 賢二郎

主な採択課題：

- [基盤研究\(A\)「遡上津波と構造物の相互作用評価のためのマルチスケール数値実験」\(2013-2015\)](#)
- [基盤研究\(A\)「災害リスク評価のためのマルチステージ破壊シミュレーション手法の開発」\(2016-2018\)](#)

分野：計算科学、防災工学

キーワード：計算力学、地盤工学、土砂災害、連続体力学、相変化

課題

近年のゲリラ豪雨による斜面崩壊や堤防決壊を物理現象として表現すると、“強固な砂質地盤が水によって物性が変化し、重力などの駆動力に対して材料的にクリティカルな状態に達するときに、局所的な安定性の喪失が地盤構造物全体の崩壊の引き金となって大規模な災害に発展する”、となる。本研究では、(1) 降雨により固体としての地山を支えている地盤から砂粒子のかみ合わせが外れて粘性流体かのごとく振る舞う物性変化をシームレスに繋ぐ数値モデルを構築し、(2) 地盤構造物の安定状態から崩壊過程を経て最終形態に至るまでを一気通貫で再現可能な数値シミュレーション手法を開発することを目的とする。

(1)は、従来、主に構造物を支える固体としてモデル化されてきた地盤材料モデルを、水をふんだんに含む土砂として流動化する挙動まで表現しようという試みである。そして(2)は、(1)の高度化された材料モデルを用いて地盤材料の変形履歴を大変形～流動の遷移過程を追跡するために、物質粒子と計算格子を用いることで幅広い表現性能が期待されている物質粒子法 (Material Point Method: MPM)にこれを実装して、大規模な災害現象への適用性向上を目的とした計算スキームの開発を行うものである (図1)。

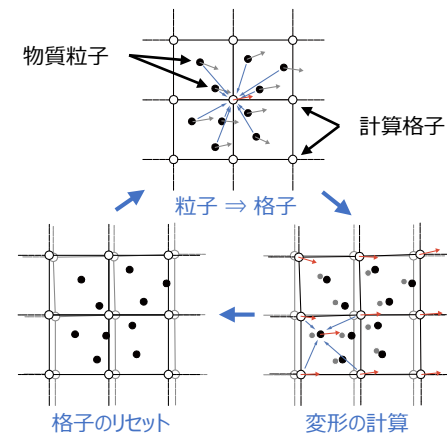


図1 MPMのイメージ図



東北大学

東北大学

担当部署連絡先：研究推進部 研究推進課 基盤研究係

kenjyo@grp.tohoku.ac.jp

作成日：2020年1月31日

更新日：—

科研費
KAKENHI

地盤の支える機能から流れる性質までの統合表現による数値シミュレーション

研究成果

地盤が固体から流体へと遷移する材料モデルの定式化を行い、固体粒子と流体粒子を個別の層で表現するMPMを開発した。そして、河川堤防の決壊を模擬した模型実験を行い、開発した新しいシミュレーション手法の表現性能に関する検証を行った。模型実験では、長時間にわたる堤体への水の浸透がある程度まで進行した段階で土砂の流動化が始まり、最終的には概ね砂の摩擦角に近い傾斜で堆積する様子が確認された（図2）。開発した手法による数値解析結果でも、水の浸透の挙動が概ね実験と整合することが確認され、構造が不安定化する浸透の程度や地盤材料の特徴的な滑り面などの破壊モードもよく一致する結果が得られた。すなわち、物質粒子を用いることにより物質の変形履歴に依存した複雑な土の材料挙動を表現することが可能となり、従来の固体の数値計算手法と同程度の精度が得られ、従来法と比較して現象の表現性能が向上した。そして、物質粒子と計算格子を用いることにより、構造が崩壊した後の土砂流動も一貫した枠組みで表現できるようになった。水圧の影響に加え、土骨格と水の相互運動による流体力に起因する浸食・運搬（輸送）などの幅広い現象の再現性能を有し、堤防の越流破壊の表現性も確認している（図3）。さらに、従来の固体の数値計算で用いられてきた土の材料モデルを物質点法に適用し、流動領域まで対応する上で、土骨格構造の破壊を考慮した手法の有効性が確認されたことも重要な知見である。



図2 模型実験の写真

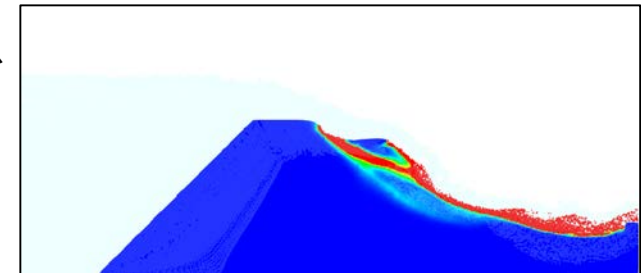


図3 越流による堤防決壊の数値解析

今後の展望

本研究で開発した計算手法によれば、統計的手法や実験では予測が困難である大規模な土砂災害へ適用することで、実地形情報を反映させた精緻かつ詳細な情報を得られることが期待され、実践的な防災対策ツールとなることが期待される。また、堤防や土砂防護壁などの防災構造物の設計ツールとしても有用となると考えられる（図4）。そして、より緻密な材料モデルを物質粒子に付与することにより、更に広範な現象の再現を試みる計画である。ただし、高精細な解析が可能になった半面、計算コストは増大するため、今後はデータ科学に基づく次元削減モデルの適用など、新たな展開も視野に入れている。

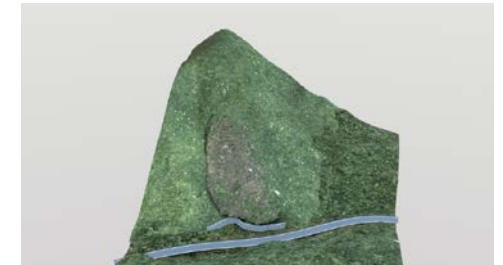


図4 実地形モデルを用いた地滑り解析