

地層情報を用いた2次元大変形解析モデル構築の効率化に関する検討

鹿島建設(株) 正会員 ○野中沙樹 飯山かほり

1. はじめに

日本では毎年全国各地で土砂災害が発生しており、多くは豪雨や台風、地震に起因するものである。特に前者は近年の気候変動によってそのリスクが増加すると考えられ、既存の土砂災害ハザードマップも科学的根拠に基づき更新していく必要がある。こうした中、広域での斜面崩壊リスクを適切かつ効率的に評価するための技術開発が進められている^{1, 2)}。崩壊リスクに加えその流出範囲や周辺構造物への影響までを評価したい場合には大変形解析手法の適用も考えられる。しかし、このような解析手法はモデルの作成コストと計算コストが非常に高いこと、地盤特性の情報不足からパラメータ設定が難しいことが課題である。このうち後者についてはアンサンブル解析が一策となるが、それにはモデルの作成コストを大幅に低減する技術が不可欠となる。そこで本研究では、地盤大変形解析用モデルの効率的な作成方法について検討した。

2. 地層境界情報を利用した地盤モデルの作成

本研究では、大変形解析手法のうち Material Point Method（以下、MPM）³⁾を対象とした2次元解析モデルの自動生成を目標とし、試解析まで実施した。既往研究⁴⁾より土質情報だけでなく、地質年代や堆積環境を考慮することで精度の良い力学モデルの推定が可能があると述べられている。そこで本稿では、地盤情報として地層情報を利用する方法について検討した。なお、モデル自動生成には都市丸ごとのシミュレーション技術研究組合が開発が進められているデータ処理プラットフォーム（Data Processing Platform; 以下、DPP）⁵⁾を活用し、必要な機能は新たに開発した。DPPは、多種多様な形式のデータから様々な地盤解析の入力ファイルや可視化モデル等を自動生成する技術である。地盤解析モデルの作成手順は以下のとおりである（図-1）。

- ① 地表および地層境界データを統合し、複数の地層境界情報を持つ3次元オブジェクトを生成する。
- ② ①で作成した3次元地層境界オブジェクトに対して、平面座標2点を指定することで2点を結ぶ断面で切り出し、地層境界を囲むポリゴン群を生成する。
- ③ 地層断面を囲むポリゴンの内部をメッシュ化し粒子を配置することで、地盤解析の形状情報の入力ファイルと2次元断面の可視化ファイルを出力する。

以上の機能開発により、地層情報を考慮したMPMの2次元解析モデルの自動作成が可能となった。

3. 解析モデルの構築と試解析

開発した機能を検証するため、実在地域を対象に2次元MPM解析の入力ファイルを生成し、斜面崩壊シミュレーションを行った。試解析の対象断面は、図-2(a)のエリアから、地表面の標高値を参考に位置を選定した。本研究では地層データとして、地表面の標高値は基盤地図情報数値標高モデル5mメッシュ（標高）を、

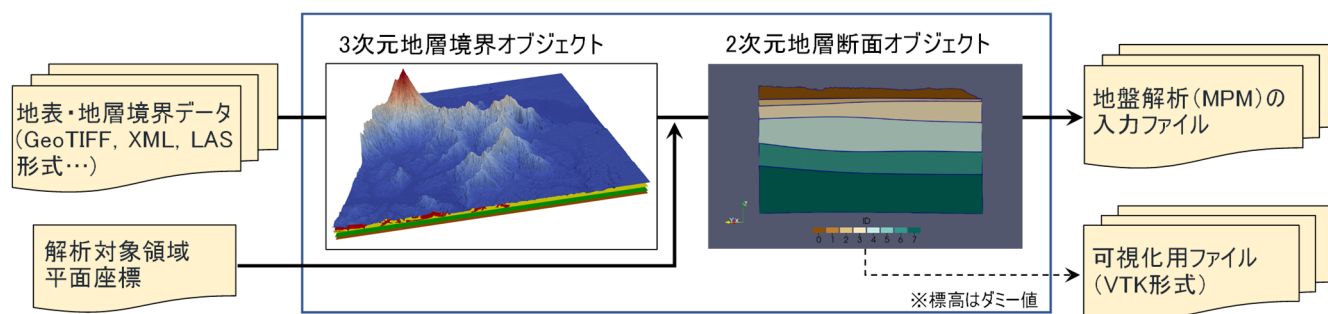


図-1 DPPを活用した地盤解析モデルの自動構築手順

キーワード 斜面崩壊, データ変換, 地盤モデル, モデル自動構築, データ処理プラットフォーム

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

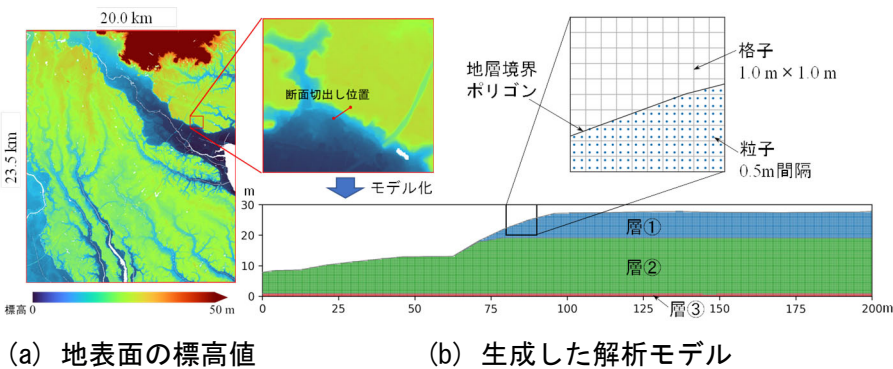


表-1 各層のテスト用材料パラメータ

	層①	層②, 層③
密度	1,850 kgm ⁻³	
ヤング率	1.8 MPa	180 MPa
ポアソン比	0.3	
内部摩擦角	15度	30度
ダイレイタンスー角	0度	
粘着力	10 Pa	100 kPa

図-2 地層情報を利用した2次元MPMモデルの自動生成例

各地層境界の標高値はほぼ水平なダミー値を使用し、5mメッシュのGeoTIFFファイルを生成した。

MPMは、格子と粒子を組み合わせた計算手法のため、入力ファイルとして格子点と粒子の情報および境界条件設定の情報が必要となる。標高0m以上の領域を解析領域として、粒子は地層断面のポリゴン内部に位置する点で生成した。生成した入力モデルを図-2(b)に示す。メッシュは1m×1m間隔で粒子が存在しないメッシュも含めて6,000メッシュ、粒子は0.5m間隔で、総数17,056個生成した。また、境界条件はメッシュに対して設定し、底面で水平・鉛直方向を固定、左右端で水平方向のみ固定する条件を自動設定した。なお、現状では2次元正方形メッシュの生成と各メッシュ内部に等間隔でn×n個の粒子生成が可能である。

今回生成した形状モデルは、層①～層③の3つの層に分かれている。それぞれの層に定義した材料パラメータを表-1に示す。本検討は大変形解析が実行可能であることの確認を目的としているため、材料パラメータは層①と層②、③で強度に差が出るようなダミー値とした。

この解析モデルに対して、時間刻み0.0002秒、1,000,000ステップ分の計算を実行したところ、図-3に示すように、上層の粒子の崩壊と、崩壊後に粒子の変位が収束するまで解析できることを確認した。

4. おわりに

地層情報から2次元大変形解析モデルを効率的に作成するための方法を検討し、試験的に作成した地層データを用いたモデル化と大変形解析が適切に実行できることを確認した。今後は、地層情報に加え土質情報を活用して地盤物性パラメータを合理的に設定する必要がある。また、3次元CADデータや2次元地層縦断面等のベクターデータの活用を視野に入れ、モデル生成方法を拡張する予定である。

謝辞

地層境界ダミーデータの作成にあたっては産業総合研究所の宮地良典氏・野々垣進氏からご助言を頂きました。また、都市丸ごとのシミュレーション技術研究組合で開発されたDPPを活用致しました。ここに併せて謝意を表します。

参考文献

1) Dolojan et al. : Mapping method of rainfall-induced landslide hazards by infiltration and slope stability analysis, Landslides, Vol.18., No.6, pp.2039-2057, 2021.

2) 木下ら : 物理探査技術を活用した深層崩壊リスク評価手法の試行事例と今後の課題, 土木技術資料, Vol.64, No.11, pp.12-15, 2022.

3) Kumar et al. : Scalable and modular material point method for large scale simulations, 2nd International Conference on the Material Point Method, 2019.

4) 若松加寿江, 吉田望 : 土の繰り返しせん断特性のモデル化と地質年代・堆積環境の影響, 地盤工学ジャーナル, Vol.8, No.2, pp.265-284, 2013.

5) Takeyama et al. : Automatic Construction of Three-Dimensional Ground Model by Data Processing, IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, Vol.26, No.6, pp.2881-2887, 2021.

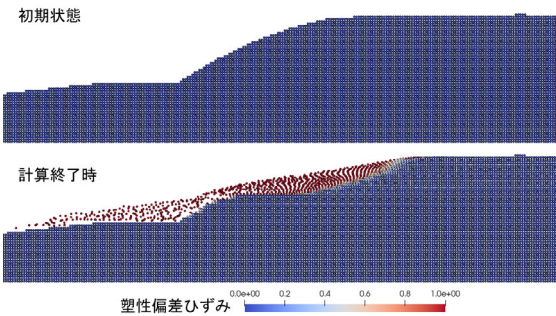


図-3 作成した入力モデルを用いたシミュレーション結果