

個別要素法 (DEM) による地震時盛土崩壊形状の検討

鹿島建設(株) 正会員 ○宇津野 衛
 四国電力(株) 馬場 達也, 平田 正憲
 (株) 四電技術コンサルタント 橋本 光生
 鹿島建設(株) 正会員 田部井 和人

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震では、住宅地や道路として造成された盛土部において、沈下、変形や崩壊などにより甚大な被害が発生している。電力施設においても、盛土近傍に重要設備がある場合、地震時の盛土崩壊による設備への影響を事前評価することが重要である。近年、地盤を不連続体として扱う個別要素法 (DEM: Distinct Element Method) が、大変形や崩壊現象を再現可能な解析手法として注目されつつある。そこで、DEM を用いて仮定の盛土を想定した地震応答解析を行い、盛土の性質の違いが盛土の崩壊形状に与える影響について検討した。DEM 解析プログラムとしては、米国 Itasca 社製 PFC2D ver4.0 を用いる。

2. 検討手順

- ①DEM 粒子の粒径分布は図-1 に示す仮定の粒径加積曲線から質量百分率 40～100%の粒度範囲をモデル化の対象とし、この粒度範囲を3段階に分割して、分割範囲の中央値(16.5 mm, 37.0 mm, 78 mm)を代表とする3つの粒径で粒度モデルを作成する。ただし、計算コストを考慮して盛土モデルの粒子数が数万程度になるように粒径を比例倍した。
- ②盛土モデルの底盤部は、底面形状に沿って粒径 13.4 cm の粒子を配置し、各粒子を剛結してモデル化する。盛土部は、①で設定した粒度分布になるように粒子を底盤上部に発生し、重力落下させ、整形することにより作成する。図-2 に DEM による盛土モデルを示す。
- ③盛土の強度特性としては、粘着力が大きく内部摩擦角が小さい場合 (以下 c 材) と、粘着力がなく内部摩擦角が大きい場合 (以下 ϕ 材) の2ケースを考えた。盛土の弾性変形特性は c 材と ϕ 材で同一とした。
- ④盛土の強度特性を示す粘着力と内部摩擦角は、DEM では粒子間摩擦角と粒子間ボンディング力を用いてモデル化する。盛土モデルの粒径分布を再現した供試体で、二軸圧縮シミュレーションを実施し、盛土物性を再現しうる値を設定する。
- ⑤盛土の弾性変形特性は、DEM では粒子間ばね定数と粘性減衰定数でモデル化され、既往の検討を参考に DEM モデルの振動特性が有限要素法モデルと整合するように設定した。④及び⑤で設定値である盛土物性と同定した DEM パラメータを表-1 に示す。

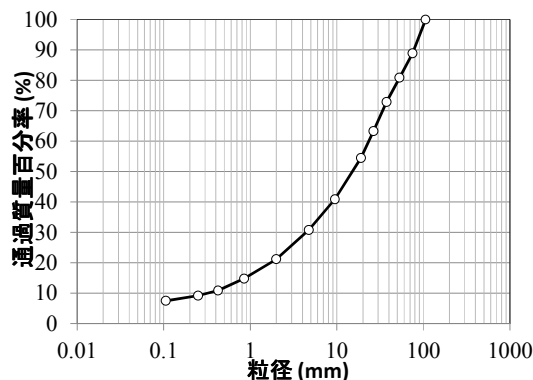


図-1 粒径加積曲線

- ⑥盛土モデルを自重で安定させた後、底盤部の剛結された粒子群に 50 秒間の地震波を入力する。

3. 解析結果

解析結果として崩壊初期の変位コンターを図-3 及び図-4 に示す。図-3 の盛土材を c 材としたケースでは、崩壊初期から変位の大きな

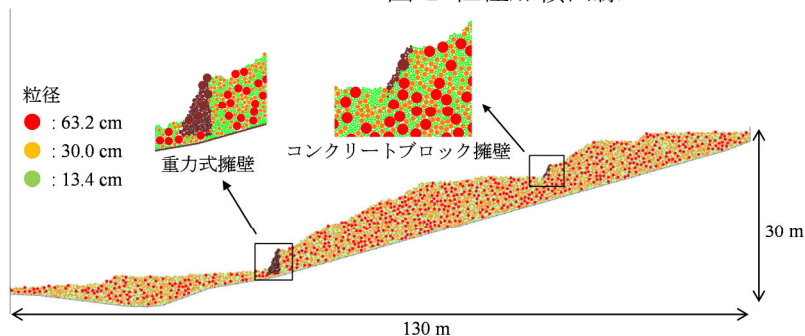


図-2 DEM による盛土モデル

キーワード 個別要素法, 盛土斜面

連絡先 〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 KI ビル 鹿島建設(株) 土木設計本部 TEL03-6229-6684

表-1 盛土材物性値とDEM解析パラメータ

	パラメータ	単位	c 材	φ 材
盛土材 物性値	密度	kg/m ³	2,160	2,160
	せん断弾性係数	MN/m ²	184	184
	ポアソン比	—	0.45	0.45
	減衰定数	-	0.1	0.1
	粘着力	kN/m ²	50	0
	せん断抵抗角	°	15	40
DEM パラメータ	粒子間ばね定数 (法線, 接線)	MN/m	700	
	減衰定数 (法線)	—	2.0	
	減衰定数 (接線)	—	1.0	
	粒子間ボンディング力 (法線, 接線)	kN	30	0.5
	粒子間摩擦角	°	18	85

凡例：粒子の変位量

■: 0~50cm ■: 50~100cm ■: 100~150cm
■: 150~200cm ■: 200~250cm ■: 250~300cm
■: 300~350cm ■: 350~400cm ■: 450cm~

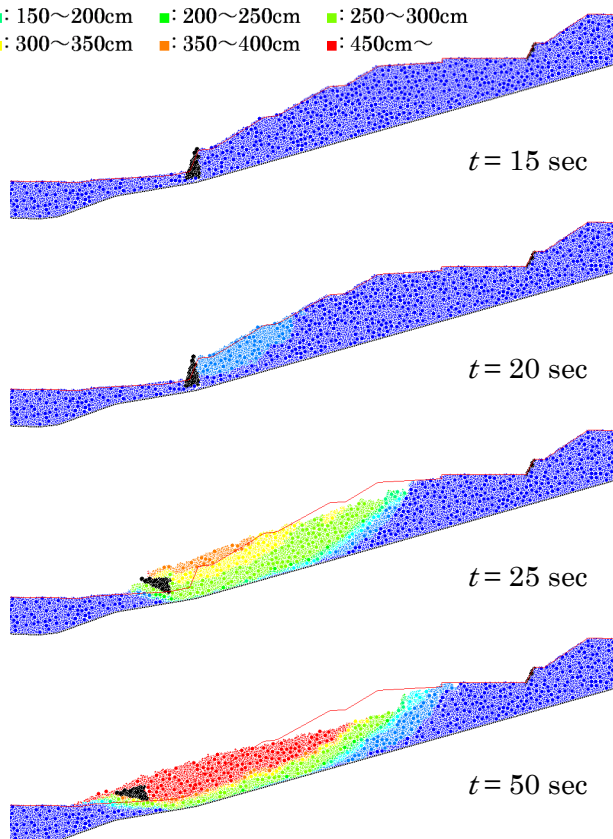


図-3 変位コンター図 (c 材)

凡例：粒子の変位量

■: 0~50cm ■: 50~100cm ■: 100~150cm
■: 150~200cm ■: 200~250cm ■: 250~300cm
■: 300~350cm ■: 350~400cm ■: 450cm~

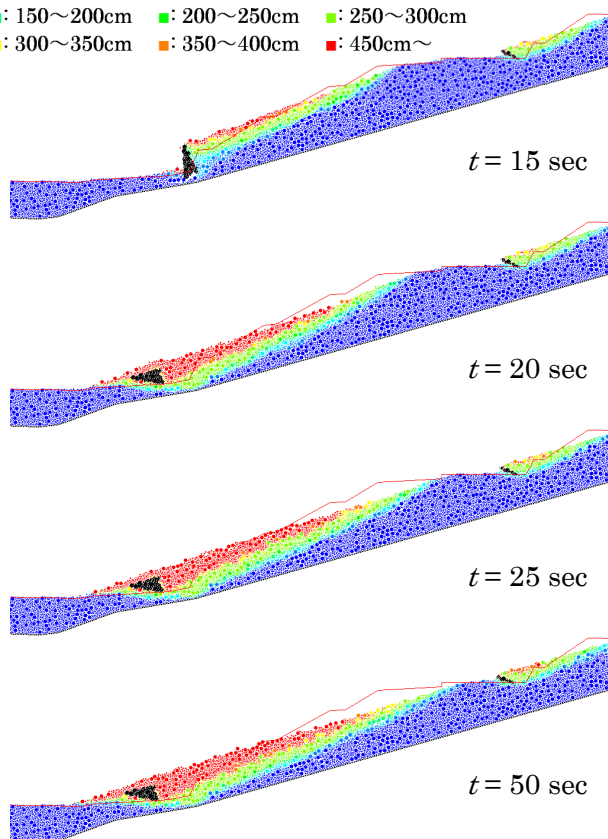


図-4 変位コンター図 (φ 材)

部分が円弧状に分布しており、重力式擁壁の底盤部分にかかる深い領域で滑っている。最終形状においても円弧状の深い領域で変位が大きく分布しており、c 材で考えられるようなすべりを再現できていると考えられる。一方、図-4 の盛土材を φ 材としたケースでは、盛土表面の粒子が崩壊初期から大きく滑動しており、コンクリートブロック擁壁および重力式擁壁が転倒している。最終形状では、直線上に変位の大きな領域が分布しており、c 材とは異なる崩壊形状となっている。φ 材では拘束圧が小さい表層付近で崩壊が発生しやすいが、DEM 解析においても同様の結果を示している。

4. おわりに

DEM を用いて仮想盛土による地震時崩壊解析を行った。一般的に盛土材が c 材の場合は円弧状の深い滑りが生じ、φ 材の場合は盛土表面から滑り初め、深部にまで滑りが進行していくと想定されるが、DEM においても同様の崩壊現象がシミュレーションできる事が確認できた。今後は実験や実際の崩壊現象との比較により DEM 解析の精度を検証するとともに、実用化に向けた検討を行いたいと考えている。