転動,流動した岩塊,土砂のリスク評価に向けた検討(2) -岩塊,土砂の転動,流動衝撃試験の再現解析に関する検討-

鉄道総合技術研究所 正会員 〇阿部 慶太, 中島 進,渡辺 健治,獅子目 修一 東電設計 正会員 中瀬 仁 正会員 元 原子力安全基盤機構 中村 英孝,村田 雅明 中村 日本大学 正会員 晋 東京都市大学 正会員 吉田 郁政

1. 目的

重要構造物の原子力発電所へのリスク評価においては,想定を超える地震動が作用した際に斜面が崩壊し, 転動,流動した岩塊,土砂が発電施設に衝突した場合も想定しておく必要がある.そこで,筆者らは,岩塊, 土砂の転動,流動衝撃試験¹⁾を実施した.本稿では,当該実験の再現解析に関する検討結果について報告する.

2. 再現解析

2.1 はじめに

本検討では、岩塊および土砂の転動、流動挙動を評価するのに有効な解析手法について、不連続体による 解析手法に着目し検討するものとし、解析手法は、個別要素法(DEM)と粒子法(MPM)を用いた.DEM では粒子間をばねおよびダッシュポット,MPMでは構成則でモデル化した(図-1).

2.2 解析モデル

図-2に流路、岩塊模型の解析モデルを示す. 流路形状、岩塊、土砂の初期位置および反力 壁の位置を試験条件に基づき設定し、流路は 剛な境界,反力壁は DEM では剛な境界, MPM では弾性体でモデル化した. 岩塊模型につい ては, 三次元レーザースキャナで岩塊模型の 形状を読み取り、粒子の集合でモデル化した. その際, MPM では構成則に弾性体モデルを用 いた. 岩塊模型の入力パラメータについては, 跳ね返り試験のシミュレーションを行い,解析 より求めた跳ね返り係数が実験結果と同等に なるように設定した. 土砂模型についても粒子 の集合でモデル化し、DEM、MPM ともに三軸 圧縮試験結果と同等になるように入力パラメ ータを決定した. その際, MPM では, 構成則 として弾完全塑性のドラガープラガーモデル を用いた.また、底面摩擦係数については、剛 体模型による滑動試験を実施し、当該試験結果 に基づき,解析に用いる値を設定した.

岩塊または土粒子

MPM 🔷 応力ひずみ関係

粒子

粒子



図-3 解析結果例(左図:岩塊,右図:土砂)

キーワード 岩塊, 土砂, 転動, 流動, DEM, MPM
連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 TEL042-573-7261

-543-

2.3 解析結果

図-3 に解析結果の一例(岩塊は DEM(塊状 40cm),土砂は MPM(砕石 0.5m³)の結果)を示す.岩塊転動 については、DEM では転動が、MPM では滑動が卓越する結果となった.一方、土砂流動については、DEM では粒子数が少ないこともあり、粒子が個別に分散する結果となり、MPM では、実験結果に類似した平坦部 において扇状に広がる結果となった.

速度(m/s)

3. 解析結果と試験結果の比較

3.1 岩塊模型の速度

図-4 に塊状 20cm 岩塊模型の速度の大き さを比較した結果を示す(x, y 方向は図-2 参照). 比較した位置は,43 度勾配斜面と 29 度勾配斜面の境界(位置①),29 度勾配 斜面と平坦部の境界(位置②) および当該 境界から4.0m 離れた位置(位置③)である. 全体的に解析結果は試験結果を過小評価し たが,到達距離に大きく影響する,位置③ での速度の再現性も踏まえると,DEMの解 析結果の方が試験結果に近い.これは,底 面接触時に摩擦が岩塊に作用した際,弾性 体でモデル化した MPM では,DEM に比べ 岩塊内部にひずみが生じ,運動エネルギー が過度に消費されたためと考えられる.

3.2 土砂模型の到達距離

図-5 に砕石 0.5m³ 土砂模型の 29 度勾配斜 面と平坦部境界からの到達距離の大きさを 比較した結果を示す. DEM では試験結果に 対し過大な評価となった一方, MPM では実 験結果と同等な結果となった. これは, 前 述したように, DEM では粒子数が少なく, 粒子が個別に分散したためである.





図-5 土砂模型(砕石 0.5m³)の到達距離の大きさの結果



図-6 衝撃荷重(塊状 20cm)の最大値の結果

3.3 岩塊および土砂の衝撃荷重

図-6 に塊状 20cm 岩塊模型が反力壁に衝 突した際に作用した衝撃荷重の最大値を示

す(方向については文献 1)参照).岩塊模型については、全体的に解析結果は試験結果を過小評価したが、 衝突方向以外の方向成分の割合が大きい点も含め、DEM の解析結果の方が試験結果に近くなった.なお、土 砂模型の場合については、試験結果を過大評価した.以上の点は、DEM でのばね定数、MPM での剛性の設定 や、反力壁および岩塊形状のモデル化が影響したことが考えられ、改善に向けた検討が必要である.

4 まとめ

岩塊, 土砂の転動, 流動試験に関する再現解析を行った. その結果, DEM は岩塊転動に, MPM は土砂流動 に適用性が高い傾向が確認された. ただし, 試験結果のさらなる再現性向上に向けた検討が必要である.

参考文献

1)獅子目他:転動,流動した岩塊,土砂のリスク評価に向けた検討(1)-岩塊,土砂の転動,流動衝撃試験の概要-,第69回土木学会年次学術講演会,2014.