

MPMを用いた斜面崩壊による土砂流下・堆積挙動に関する基礎的検討

日本大学工学部 正 中村 晋

1.はじめに

近年発生した大規模な地震、例えば2011年東北地方太平洋沖地震や2016年熊本地震により生じた斜面崩壊は白河市葉ノ木平の家屋倒壊、国道57号線及びJR豊肥本線の閉塞などの被害をもたらした。このような斜面崩壊が構造物に及ぼす影響は、直接的には考慮されていない。防護施設的设计などで崩壊土砂の衝突に対する影響を簡易に考慮する方法は示されてものの、重要な社会基盤施設については斜面崩壊が構造物に及ぼす直接的な影響の評価が必要と考えられる。

著者は、大規模の斜面モデルを対象として土砂流下、堆積挙動および衝撃作用の計測とMaterial Point Method (MPM)を用いたその挙動の再現解析を実施している¹⁾。崩壊土砂の流下・堆積挙動は斜面勾配や斜面との摩擦特性などの斜面形状の特性によって異なると考えられる。ここでは、再現性を検証された解析手法MPMを用い、斜面形状などの斜面崩壊をもたらす素因の違いが堆積挙動に及ぼす影響の検討を行った。検討対象とする素因は斜面勾配、流下土量及び摩擦角である。ここで用いる解析手法のMPMはSulskyらにより提案され、Updated-Lagrangian法と陽解法の組み合わせであるが、粒子を用いるため格子法以上に大変形後の挙動を解析できる手法である。

2. 解析モデル及び条件

解析モデルは、図-1で示したように既往の再現解析で用いた2つの勾配を有する斜面モデルを単一の勾配を有する斜面モデルに修正した斜面土砂部、斜面部及び平坦部で構成されるモデルを用いた。地盤材料の構成モデルには、既往の研究で用いた土砂モデルと同じ弾完全塑性のDrucker-Pragerモデルおよびパラメータを用いた。

解析パラメータとして、まず斜面勾配は20度から60度まで、10度ずつ増加させた。次に、摩擦角は既往の再現解析では30度を用いていたが、それより小さな20度と大きな40度の間を5度ずつ変化させた値を用いた。さらに、土砂の流下体積は既往の再現解析でもちいた 1.0m^3 に加え、 2.0m^3 と 3.0m^3 についても検討を実施した。体積は底面形状を変えずに高さのみを増加させた。また、既往の研究では体積 1.0m^3 の時、流下時には拘束圧なども小さいことを踏まえ、粘着力を実験値の0.1倍と設定したが、体積 2.0m^3 、 3.0m^3 については底面から土砂の体積 1.0m^3 分の粘着力のみ実験値の0.1倍とし、他は実験より得られた値とした。格子間隔は既往の研究で最も再現性があると示された 0.05m を用いた。これらの解析パラメータを組み合わせた57ケースが検討ケースとなるが、摩擦角の値が斜面勾配の値より大きい場合は検討から除外した。

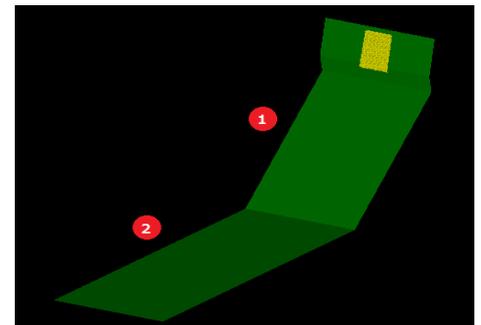


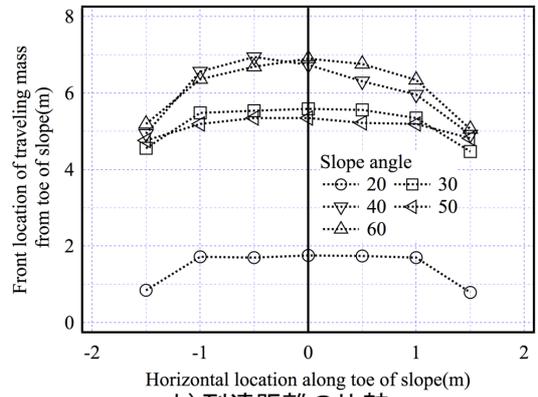
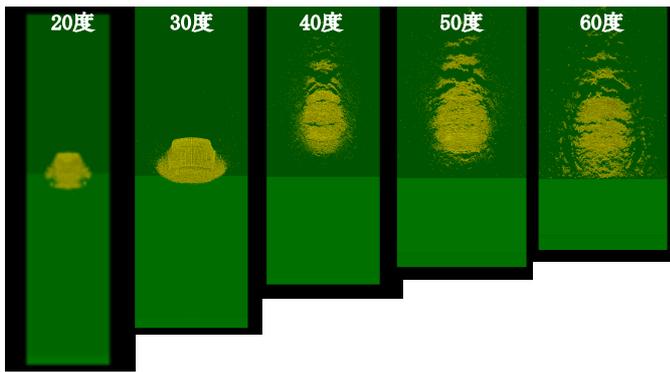
図-1 解析モデル

3. 平坦部における平面堆積状況

体積 1.0m^3 および 3.0m^3 に対する堆積挙動に及ぼす影響として、摩擦角20度のケースに関する平面状況と到達距離の比較を図2、3に示した。到達距離は各図の(a)で示した平面状況より、法尻中心から法尻に沿った 0.5m 間隔で法尻から青線で示した堆積先端までの距離を読み取った。堆積と群として堆積している領域とした。図-2、3より、斜面勾配が大きくなると土砂の到達距離が勾配に応じて長くなるが、勾配が40度より大きくなると逆に到達距離は若干小さくなる傾向がみられた。また、体積が小さい場合には、土砂は単一粒子の到

キーワード：斜面崩壊，土砂，MPM，堆積挙動

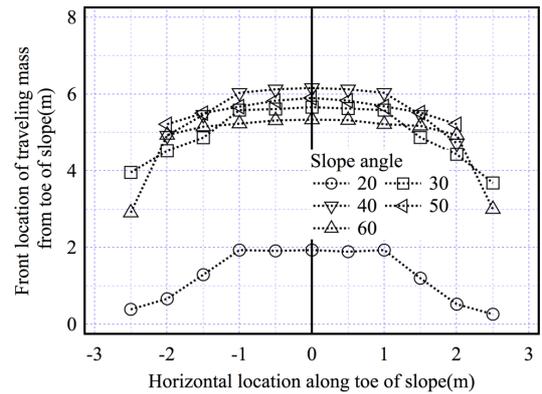
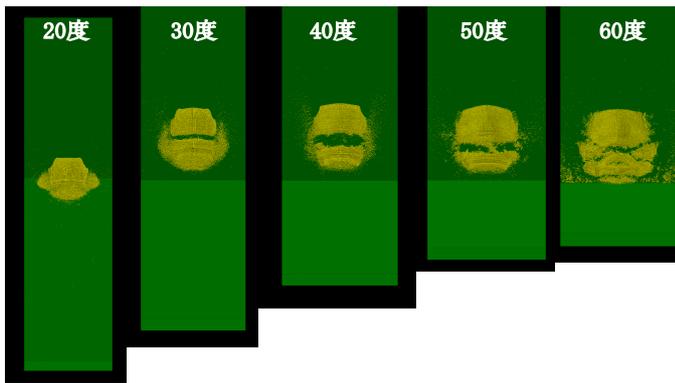
連絡先：〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中川原1 TEL 024-956-8712



a) 平面堆積状況の比較

b) 到達距離の比較

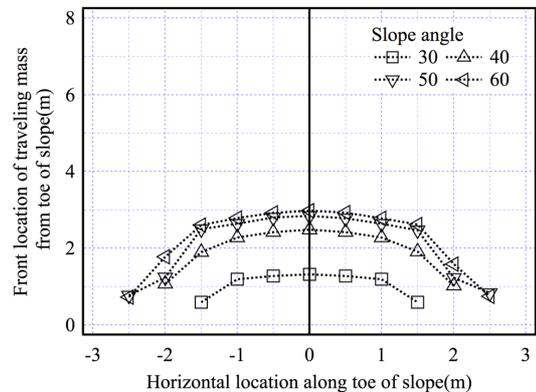
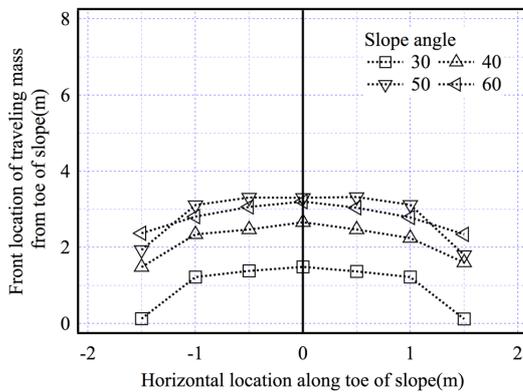
図-2 斜面勾配に応じた平面堆積状況と到達距離の比較 (体積 1m³, 摩擦 20度)



a) 平面堆積状況の比較

b) 到達距離の比較

図-3 斜面勾配に応じた平面堆積状況と到達距離の比較 (体積 3m³, 摩擦 20度)



a) 体積 1.0m³

b) 体積 3.0m³

図-4 斜面勾配に応じた到達距離の比較 (摩擦 30度)

到達距離の長い大きいものみられるが、体積の増加により群として挙動していることが分かる。しかし、群として初期の状態のまま一体として流下、堆積するのではなく、分離して流下、堆積していることが分かる。また、体積の大きなケースの到達距離は土砂内の粘着力分布の違いなどもあり、体積の小さいケースより若干短くなっている。次に、摩擦角が30度のケース(斜面勾配30度から60度)について、斜面勾配に応じた到達距離の比較を体積 1.0m³ および 3.0m³ について図-4 に示す。体積が小さい場合には、摩擦角 20 度に対するケースの斜面勾配と平面堆積状況との関係と類似の傾向が見られるが、到達距離が摩擦角の小さい場合に比べて小さくなっている。さらに、体積が大きい場合には到達距離が斜面勾配とともに増加する傾向が見られる。

参考文献

1) 中村晋・阿部慶太・渡辺健治・中島進. 実験による崩壊土の流下挙動と衝撃作用の分析及び MPM による再現解析. 土木学会論文集C (地圏工学). 2018年, 74巻, 3号, pp.259-274.