

桐生市がけ崩れ災害のDEMシミュレーションとその考察

群馬大学 正会員 若井 明彦
 群馬大学 正会員 鶴飼 恵三
 群馬大学 正会員 清水 義彦
 群馬大学大学院 学生会員 長田 健吾

1. はじめに

有限要素法（FEM）や従来の斜面安定計算の主流である極限平衡法（LEM）といった固体力学に基づく解法では、崩壊位置や崩壊土量を推定することはできても、崩壊した後の土砂の到達距離に関する予測は不可能である。本研究では、平成14年7月に群馬県桐生市で発生した豪雨時のがけ崩れ災害を例に、個別要素法（DEM）により土砂到達範囲の数値シミュレーションを行うことを試みた。

2. 被害の概要

平成14年7月10日午前8時から11日午前3時にかけて、連続雨量251mm（最大36mm/hr）の降雨により桐生市内で多数の土砂災害が発生した。発生した崩壊の多くは崩積土や風化土による浅層崩壊であった。崩壊土砂が土石流化して広範囲に被害を及ぼした一例を除くと、多くの例では崩壊土砂ががけ下近傍に留まったため、隣接する民家のみが被害を受けた。本研究では、土石流が発生したケースおよび土砂が家屋等に到達して停止したケースを除く各ケースについて、斜面形状と崩壊土砂の到達距離との関係を調べた。表-1に調査結果の概要を記す。 f_r は土砂到達範囲を摩擦板上の質点の滑動現象になぞらえた摩擦係数である（海堀1986）。 f_r と斜面勾配との関係を土木研究所資料の値（1976, 1979）とともに図-1に示す。一般に斜面勾配の相違は土の物性を反映しているため、 f_r がにより変化すると考えられるが、移動土砂のエネルギー損失量は局所的な勾配の変化角度にも依存するため、幾何学的条件に基づく f_r 値の検討も必要とされている（海堀1986）。

表-1 桐生市のがけ崩れ（平成14年）における土砂移動距離の調査結果。

ケースNo	勾配 $\theta(^{\circ})$	崩壊幅 W(m)	崩壊厚さ t(m)(推定)	崩壊高さ H'(m)	到達距離 L'(m)	等価摩擦係数 $f_r (= \tan \alpha)$	備考
1	65	14.	1~2	6.1	4.0****	(1.5未満)	・家屋に到達して停止
2	30*	9.2	1~2	7.0	15.	0.50	・土留(0.8m高)上崩壊
3	80** 55***	15.	3~4	7.0	7.7****	(0.91未満)	・二段石積み崩壊 ・家屋に到達して停止
4	約50	10~20	1程度	6.2	0.8****	(7.8未満)	・土留(1.2m高)上崩壊 ・家屋に到達して停止
5	63	17.	3~5	35.	45.	0.78	・がけ下の川(幅5.5m,深さ3.5m)を越えて停止
6	44* 68** 43***	5.5	1~2	8.6	約10	0.86	・土留(3m高)上部の斜面(土留め頂部に2.3m幅の小段あり)の崩壊
7	50	15.	3~4	12.	21.	0.57	・布団籠式土留めの崩壊
8	30* 67** 51***	26.	2~3	14.8	10****	(1.5未満)	・土留め(4.1m高)を含む斜面崩壊 ・道路フェンスにより停止
9	約30	約15.	0.5~1	約66	約150	(0.44未満)	・崩壊後に土石流化
10	不明	11.	不明	7.3	7.****	(1.0未満)	・家屋に到達して停止
11	80	4.	0.5~1	3.	2.	1.5	・土留(1m高)上崩壊
12	約26	約10.	3~4	約8.	約34.	(0.24未満)	・水路部の段差位置で停止
13	50	6.6	1~2	約20	約20****	(1.0未満)	・落石防護柵により停止

* 地表が露出している部分の傾斜角
 ** 土留め部分の傾斜角
 *** 平均傾斜角
 **** 家屋等に到達して停止した(参考値)

キーワード がけ崩れ, 斜面, 崩壊, 到達距離, 個別要素法

連絡先 〒376-8515 桐生市天神町1-5-1 群馬大学工学部建設工学科 若井明彦 TEL 0277-30-1624

3. 解析の概要

現場毎の崩壊土砂の土質工学的性質の相違や、土砂を運搬する地下水量の影響などを無視して、均一の物性を有する単純な円形要素（粒径は一定でない）からなるDEMによりがけ崩れの再現を試みた。今回は計算機容量を考慮して、要素数が適当な個数になるように調整し、平均30cm程度の正規分布をなす粒度の要素群を用いた。各要素を土粒子に見立てるのではなく、今回のようにある一定範囲内の土塊の運動を代表する自由度として要素を考えるのであれば、マクロ挙動が実際の地盤挙動に合うように適当なパラメータを選択する必要が生じる。紙面の都合上、入力定数の一覧は省略するが、要素試験の再現と併せて今後の検討が必要である。

4. 実測と解析結果の比較

表-1のうちケース2, 5, 6, 7, 11の実測と解析結果との比較を図-2に示す。適切なパラメータを選択したDEM解析に基づく予測結果と実際の到達距離との一致度は良好である。

5. 今後の課題

DEMの入力パラメータを現場土の物性から決定する手法の確立、またDEMで得られた知見を利用した簡易かつ新たな到達範囲予測法の確立が望まれる。これらについては今後の課題としたい。

参考文献

- ・ 海堀正博（1986）：山腹崩壊土砂の運動に関する研究（京都大学学位論文）。
- ・ 土木研究所資料1-109, 1-492（1976, 1979）：がけ崩れ災害の実態について，建設省土木研究所。

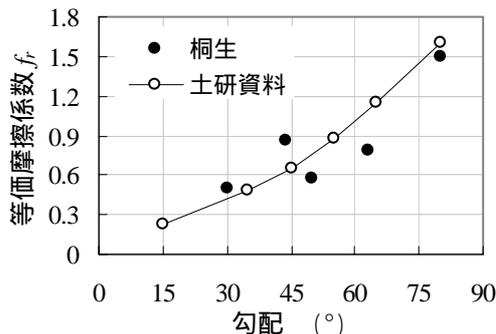


図-1 斜面勾配と等価摩擦係数の関係。

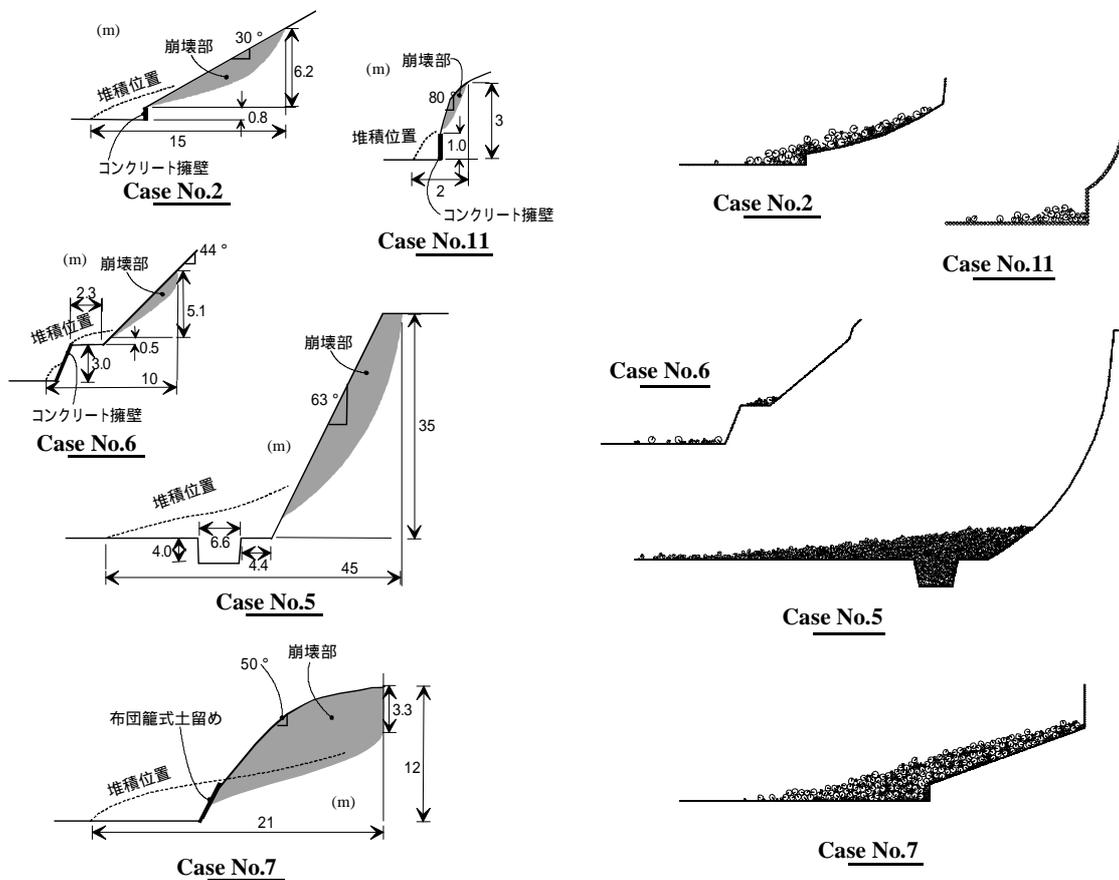


図-2 崩壊後の土砂の到達範囲（実測とDEM解析結果）。