

土砂災害対策工に関する不連続変形法解析

九州大学大学院 学生会員 ○津末 佳朋 九州大学大学院 フェロー 善 功企
 九州大学大学院 正会員 陳 光斉 九州大学大学院 正会員 笠間 清伸

1. 背景および目的

急傾斜地に家屋・道路などの重要な財産が面する我が国において、斜地崩壊などの土砂災害が発生した場合、その被害は甚大なものとなり得る。したがって、土砂災害の被害の未然防止や、被害軽減は重要であり、擁壁や崩土ポケットなどの対策工の設置は有効な対策である。これら対策工の合理的な設計・設置にさいし、崩土の運動挙動に関する検証や擁壁・土石ポケットの設置位置の検証が不可欠である。落石や崩土の運動諸量の評価は、現場実験よるものと、数値解析によるものがある

複数の物体の接触・衝突問題や多数の粒が寄り集まった粒状体の挙動問題など幅広い課題に対応できる数値解析を用いた評価手法の中に、不連続変形法(DDA: Discontinuous Deformation Analysis)がある。これは岩盤構造物を主たる解析対象として開発された手法であり、高い汎用性を有する¹⁾。しかしながら、DDAを設計などの実業務に適用した例は少ない。

本文では、危険な実斜面における合理的な土砂災害対策工の設計を目指し、DDAを用いて実際に崩壊が発生した斜面に対して事例解析を行い、崩土の移動および、対策効果の検証を行い、DDAの土砂災害対策工検討への適用性を確かめた。

2. 解析概要

2009年に大分県竹田市片ヶ瀬において、大雨により斜面崩壊が発生した。崩壊が発生した斜面には治山ダムが設置されていたものの、斜面下の道路に停車していた車8台が被災した。本事例をもとに、以下に示す解析を行い、DDAの適用性を考察した。図-1に崩壊した斜面の崩壊前後の様子を示す。

この事例では、降雨により地盤強度が低減したために斜面崩壊が発生したものと考えられる。このため、DDAシミュレーションを用い、初期の地盤強度から10%ずつ強度を低減させていき、実際の崩壊状況を再現できる入力割合(%)を調査した(以下、地盤強度入力割合と称する)。座標データをもとに作成したDDAモデルを図-2に示す。崩壊領域の分割にはポロノイ分割を用い、分割個数は感度分析の結果を踏まえて、崩壊領域の面積を分割個数で除した値が0.8となるようにした。ここで、図中に記した番号は地層を表す。解析に際して使用した各地層の物性値および初期の地盤強度を表-1に示す。また、解析パラメータの設定は既往の

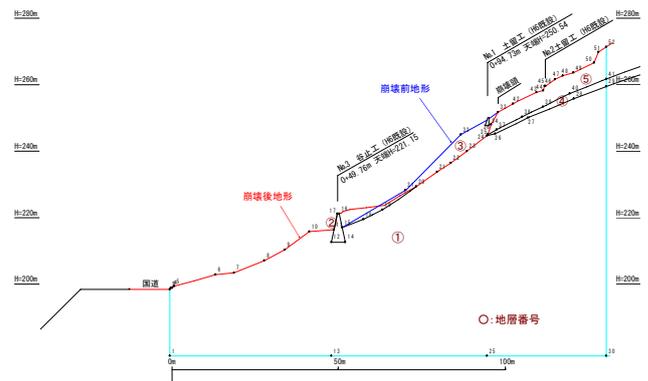


図-1 崩壊した斜面の崩壊前後の様子

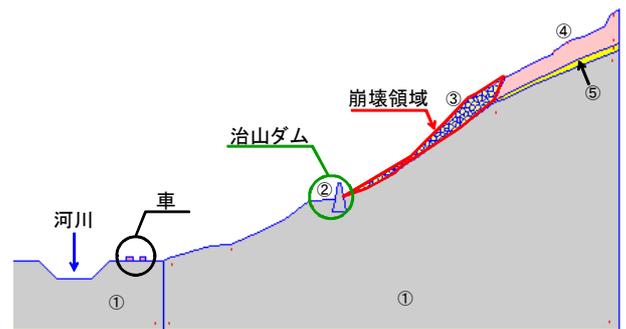


図-2 座標データをもとに作成した DDA モデル

表-1 各層の物性値および初期の地盤強度

層区分	単位体積重量 γ_s [kN/m ³]	粘着力 c [kPa]	内部摩擦角 ϕ (°)	引張強度 T [kPa]	弾性係数 E [kPa]	ポアソン比 ν (-)
①	20.0	150.0	30.0	30.0	1.0E+06	0.30
②	24.5	1.0E+04	45.0	2.0E+03	1.0E+07	0.20
③	17.0	20.0	25.0	4.0	7.0E+03	0.35
④	18.0	50.0	30.0	10.0	5.0E+04	0.35
⑤	17.0	20.0	25.0	4.0	7.0E+03	0.35

文献²⁾の推奨値を参考にして、時間間隔 $\Delta t=0.01$ [sec]、およびペナルティばね係数 $p=1.0 \times 10^7$ [kPa]とした。

この事例の被災現場では、斜面下の車が河川まで押し出された。この実際の状態に近いモデルで DDA 解析を行い、崩壊した斜面に設置されていた治山ダムの効果を検証した。ここで、斜面下に停車している車を想定してブロックを設置した。そして、車の先には河川に見立てたポケットを設置した。治山ダムがある場合と、ない場合とで停車している車への衝突力および車の移動量を調査した。各ブロックの物性値は、表-1 と同一とし、車ブロックは、崩土と同一の物性を持つものと仮定した。

3. 解析結果

図-3 に、崩壊が発生した地盤強度入力割合に対する治山ダムに作用する崩土の力 F_x の変化を示す。入力割合 50%以下で崩壊が発生し、入力割合 30%で治山ダムを崩土が越流した。崩土の越流が発生した入力割合 30%時が最もダムに作用する力が大きかった。

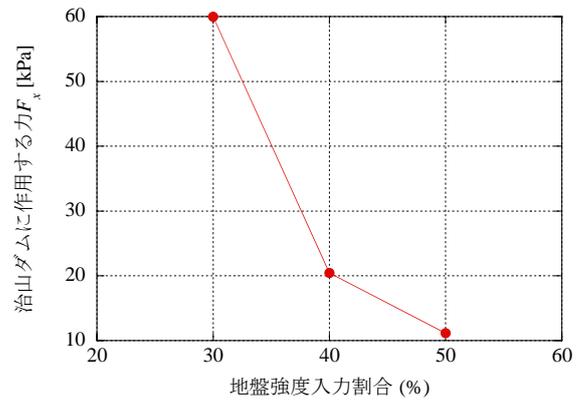


図-3 地盤強度入力割合に対するダムに作用する力

図-4 に、地盤強度入力割合 40%および 30%時の解析結果を示す。崩土の越流が発生した入力割合 30%時の結果が現場の崩壊状況に近い。現場において、降雨による地下水位の上昇があったとしても、30%まで地盤強度低減していたことは考えにくい。しかし、崩壊当時に大雨が降っていたことを考慮すると、降雨による摩擦低減が寄与したために、入力割合 30%時と等価な崩壊が起きたものと考えられる。

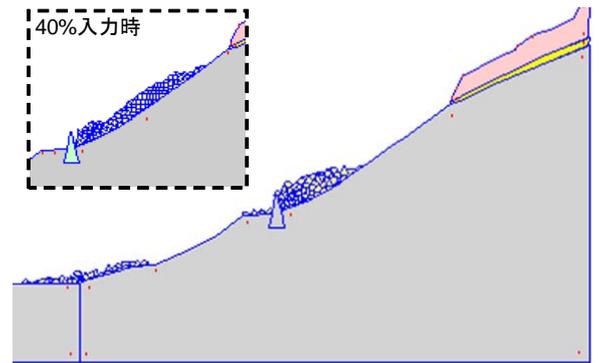


図-4 地盤強度入力割合 40%および 30%時の結果

図-5 に、治山ダムがない場合の解析結果を示す。ダムがある場合では、車は河川の手前で停止したのに対し、ダムがない場合は、車が河川に押し流された。

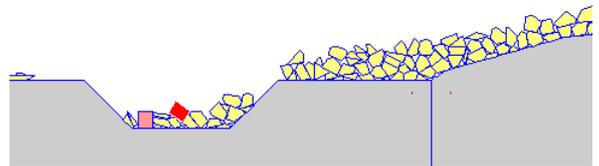


図-5 治山ダムがない場合の解析結果

図-6 に崩土が車に及ぼす影響(衝撃力 F_x [kPa]および移動量 D [m])のケース比較を示す。ここで、ケース No.1 は治山ダムがある場合で、No.2 はダムがない場合である。ダムがあることで、車に作用する衝撃力は0.16倍に、移動量は0.24倍になった。このダムの効果 E を以下のように定義すると、 $E=0.76$ であった。ここで、 $E=(D_2-D_1)/D_2$ (D_1 :ダムあり時の車の移動量、 D_2 :ダムなし時の車の移動量)

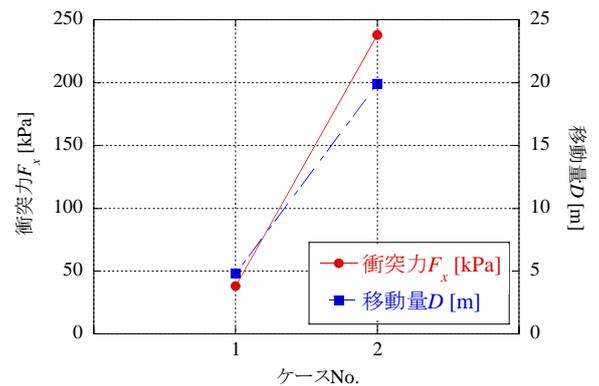


図-6 崩土が車に及ぼす影響のケース比較

DDA シミュレーションを用いることで、土砂対策工効果の検証が行え、既存対策工だけでなく、これから対策が要求される箇所の対策工検討も行えると考えられる。

4. まとめ

- (1) 地盤強度を 30%入力することで、大分県竹田市の斜面崩壊を DDA シミュレーションで再現できた。
 - (2) 当斜面に設置されていた治山ダムの効果は $E=0.76$ であった。
- <参考文献> 1) 大西 有三, 佐々木 猛, Gen-Hua Shi: 不連続変形法(DDA), 丸善株式会社, pp.59-102, 2005.
 2) 津末佳朋: 地震時崩壊土石の移動に関する不連続変形法, 西部地区部会報, 第 33 号, pp.59-62, 2009.