

TOPOTUBE による地形分割を用いた表層崩壊予測と崩壊土砂の流下モデル

京都大学大学院
京都大学防災研究所
株式会社建設技術研究所

○孝子 綸 関 山野井一輝
堤大三 藤田正治
和田孝志

1. はじめに

豪雨に起因する表層崩壊は直接または土石流や天然ダムを通じて人的被害を引き起こすだけでなく、下流に供給された崩壊土砂によって河床の上昇や河川構造物の被害を引き起こす。例えば、平成 25 年 10 月 15~16 日に伊豆大島で発生した土砂災害では、大金沢等の流域で複数の表層崩壊が面的に発生し、それに起因する土石流・泥流により元町地区の広い範囲で人的・物的な被害が生じた¹⁾。このような土砂災害に備えるためには、警戒避難を中心としたソフト対策が重要であるが、このとき、降雨を元に斜面崩壊の場所と規模・およびそれに伴う土石流まで統合的に評価できればハザードマップや避難計画の立案に供する。そこで、本研究では実用的な計算負荷で、広範囲に適用でき、かつ崩壊の面的・時間的分布や崩壊土砂量の推定に加え、それに伴う土石流氾濫過程の予測までを統合的に評価できるモデルの構築を目的とする。

本研究では、2013 年台風 26 号によって大規模な土砂災害が発生した伊豆大島元町地区大金沢流域(図 1)を対象地域とした。図で灰色に表示されているエリアは地表面攪乱エリア(表層崩壊の発生場および土石流の流下・堆積場)である。同地域の斜面崩壊発生場の勾配は 30~40° であり、表層は 14 世紀の割れ目噴火以降に形成されたテフラ層である。

2. 数値モデル

解析は、TOPOTUBE²⁾を用いた地形分割により、降雨流出解析・斜面安定解析を連続させて行う。TOPOTUBE 法では等高線と、それに直行する直線で地形を分割するため、地表面構造を考慮した表面流

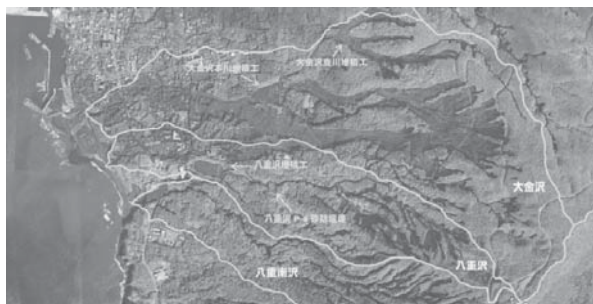


図 1 元町地区 大金沢流域¹⁾

の流下方向を再現することができる。よって、流域内の尾根部から谷部までの水の流れを複数の TUBE の集合として 1 次元的に取り扱えるメリットがある。降雨流出は Kinematic Wave 法を用い、表面流を Manning 則、中間流を Darcy 則により解析した。次に、得られた水深の時間変化を入力値として、簡易 Janbu 法による斜面安定解析と動的計画法による最小安全率断面の探査を組み合わせた解析を行った。以上の方法により、すべり面形状から崩壊土砂量を得ることが可能である。したがってこれと崩壊タイミングの計算値を入力として、一次元土石流解析を行った。崩壊が発生した TUBE において、崩壊発生地点を上流端とし、崩壊した土砂量を土石流解析入力値とした。

3. 適用結果

計算条件として降雨データには 2013 年 10 月 1 日 00:00 から 10 月 17 日 00:00 までに気象庁大島観測所で観測された降雨と TUBE 毎の安全率変動グラフを図 3 に、与えた土壌パラメータは表 1 に示す。おおむね各 TUBE の安全率が 1 を下回った時刻は実際の崩壊発生推定時刻(16 日 2:30~3:00)と一致した。また、安全率 1 を下回らない TUBE NO.635(図 2) は実際にも崩壊が発生していない。

洪水ピーク後の斜面崩壊の崩壊深の分布を図 4 に示す。図 1 と比較し、斜面崩壊判定箇所はおおむね実際の地表攪乱エリア源頭部に位置している。また、崩壊位置からの土石流による侵食により、地表攪乱エリアを概ね再現できる可能性がある。

得られた崩壊土砂量、面的分布、崩壊タイミングから TUBE No.351 を代表として一次元土石流解析を実施した。計算条件を表 2 に、計算結果を図 5 に示

表 1 用いた土壌パラメータ一覧

TOPOTUBE 最大幅[m]	10	充填密度(g/cm ³)	2.1
土層厚さ[m]	2	粘着力(kN/m ²)	7.35
透水係数[m/s]	1.0×10 ⁻⁴	内部摩擦角(°)	20
間隙率	0.56	Manning 粗度係数	0.07

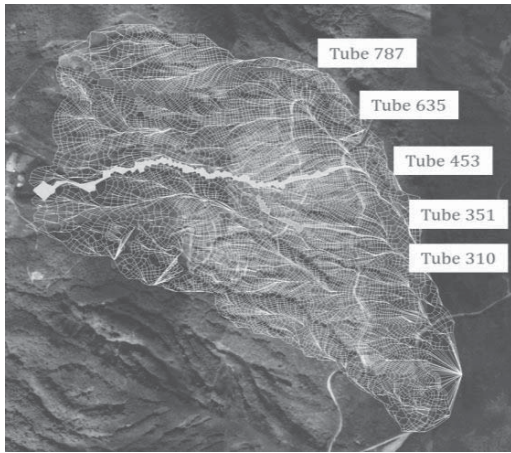


図2 TOPOTUBEによる地形分割とTUBEの抽出

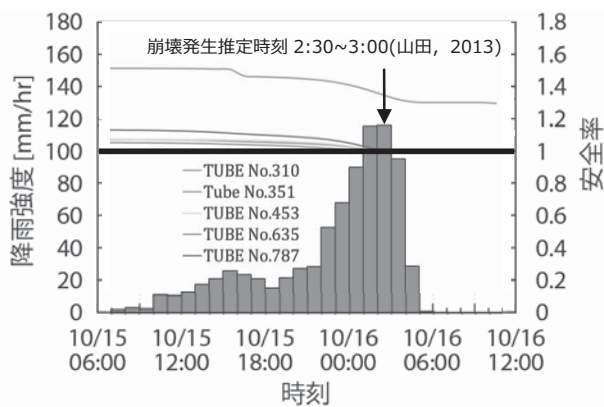


図3 大島観測所で観測された降雨とTUBE毎(図2)の安全率変動グラフ

す。このとき、土石流発生時刻は安定計算による崩壊発生時刻(16日 03:26:00)とし、移動床厚さは安定解析と同様に2mとした。

結果として、土石流発生から約1分程度で土石流がおおむねTUBE351下流端まで達した。その後、勾配の小さな下流付近を中心に土砂が堆積した。侵食深はおおよそ1m前後となり、上流部においては概ね実際の地表面の侵食深と一致した。

4. まとめ

TOPOTUBE法, Kinematic Wave法, 簡易Janbu法, DP法を統合し, 斜面崩壊の面的分布, 形状, 土砂量, 崩壊タイミングを算定可能な崩壊モデルを構築した。伊豆大島への適用により降雨のピーク時刻と崩壊の発生時刻が概ね一致することを確認した。またこれらを入力値に用いて高橋モデルによる一次元土石流計算を実施し, 実測値に近い侵食深が得られた。今後, 全TUBEを対象とし, 合流を考慮した土石流解析を実施する予定である。

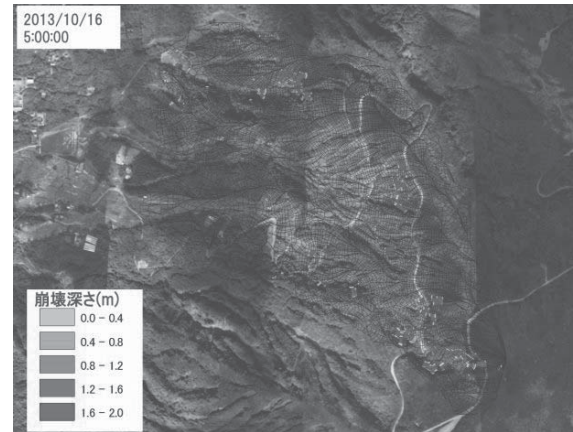


図4 崩壊深の面的分布

表2 土石流計算の条件

土砂量[m ³]	754.0
水量[m ³]	780.5
間隙流体の密度[g/cm ³]	1.0
平均粒径[mm]	1.0
侵食速度係数	0.0007
堆積速度係数	0.1

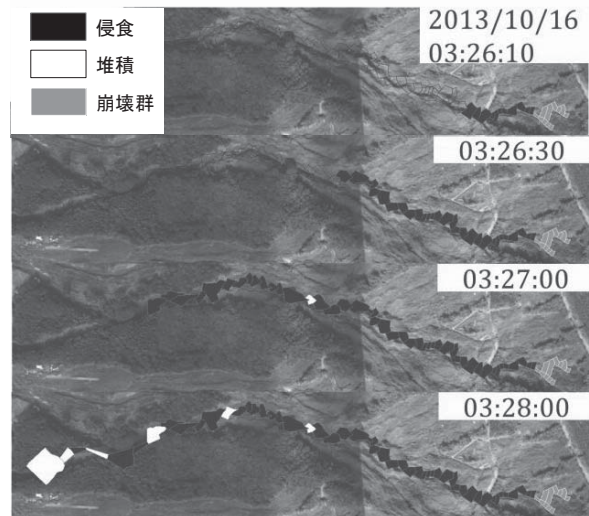


図5 TUBE No. 351における1次元土石流解析結果(土石流発生時刻:03:26:00)

参考文献

- 1) 石川芳治・池田暁彦・柏原佳明・牛山素行・林真一郎・森田耕司・飛岡啓之・小野寺智久・宮田直樹・西尾陽介・小川洋・鈴木崇・岩佐直人・青木規・池田武穂: 2013年10月16日台風26号による伊豆大島土砂災害, 砂防学会誌, Vol.66, No.5, pp.61-72, 2014
- 2) Wu, W., Sidle, R. C.: A distributed slope stability model for steep forested basins, Water Resources Research, Vol.31, No.8, p.2097-2110, Aug, 1995.