

山地小流域における土砂流出に対する危険度予測のための簡易的な流量観測について（その2）

ー令和5年の観測実績と危険度予測モデルの検証ー

神戸市立工業高等専門学校： 鳥居宣之
（一財）建設工学研究所：○笠原拓造

1. はじめに

土砂災害警戒区域（土石流）や道路の事前通行規制区間等においては、流域面積が数ヘクタール程度の小溪流が数多く存在する。これら山地小溪流における土砂流出は、降雨期間中のある時点から突発的に流量を増すような挙動を示し、そのタイミングや流出量は、流域面性が小さいがゆえに地形や植生、地盤の状況、雨の降り方などの溪流ごとの条件の違いが大きく影響することが予測される。本報告は、令和5年（2023年）5月7日に発生した土砂流出について、近隣の溪流で昨年検討した簡易な流出モデル¹⁾を用いて再現計算を行い、実際の現象と比較し、今後のモデル改良に向けた課題について整理した結果を報告する。

2. Webカメラを用いた流況観察

2.1. 流況観察の概要

兵庫県神戸市北区に位置する流域面積約0.013km²（1.3ha）の溪流をモデル流域として観察を実施した（図-1参照）。設置や撤去が容易で比較的安価なWebカメラを設置し、溪流の流出状況を動画で撮影した（図-2参照）。Webカメラは現地の流況をリアルタイムで確認できるほか、約1カ月間連続した動画が取得できる。当流域では、過去の観察より連続雨量が約150mmを超えるあたりから地表流が発生するが、通常は水は流れていない。溪床には砂礫が堆積し、地表流は砂礫の隙間を流れるため、動画からPIV（Particle Image Velocimetry）解析等により流速を観測することは難しい。このため量水標や流速観測用に流れを横方向から捉えるTimeLapsカメラ等は設置していなかった。降水量は気象庁の解析雨量（1kmメッシュ10分更新）を収集した。

2.2. 観察結果（2023年5月7～8日の観察事例）

停滞前線上を発達した低気圧が通過し最大時間雨量強度35mm、総降雨量190mmの豪雨となった。この雨で阪神地域を中心に土砂災害警戒情報が発表され、西宮では24時間降水量が5月の観測史上1位を記録した。当溪流では、5月7日深夜23:27に土砂流出が発生した。流出した土砂の大部分はWebカメラ付近の緩勾配の溪床に堆積したが、一部は下流の道路へ流出した（図-3参照）。

2.3. 現地概査（流出土砂の発生源）

当流域は、Webカメラ設置箇所付近と源頭部の山頂緩斜面を除き、ほとんどの区間が溪床勾配15度以上の土石流発生区間である。現地概査では、斜面崩壊の形跡はなく、溪床部が露岩していること等から土砂流出は溪床堆積土砂（崖錐）の二次移動や溪岸の侵食が原因と推測された（図-4参照）。

3. 表土層中の地下水と地表水を連続的に計算する簡易的な流出モデルの検証

昨年と同様に当該流域を含む兵庫県下の市町で既に構築され検証実績を重ねている沖村ら^{2), 3)}が開発した地下1層の地下水位の解析と無限長斜面安定



図-1 モデル溪流の位置図



図-2 観測機器の設置状況

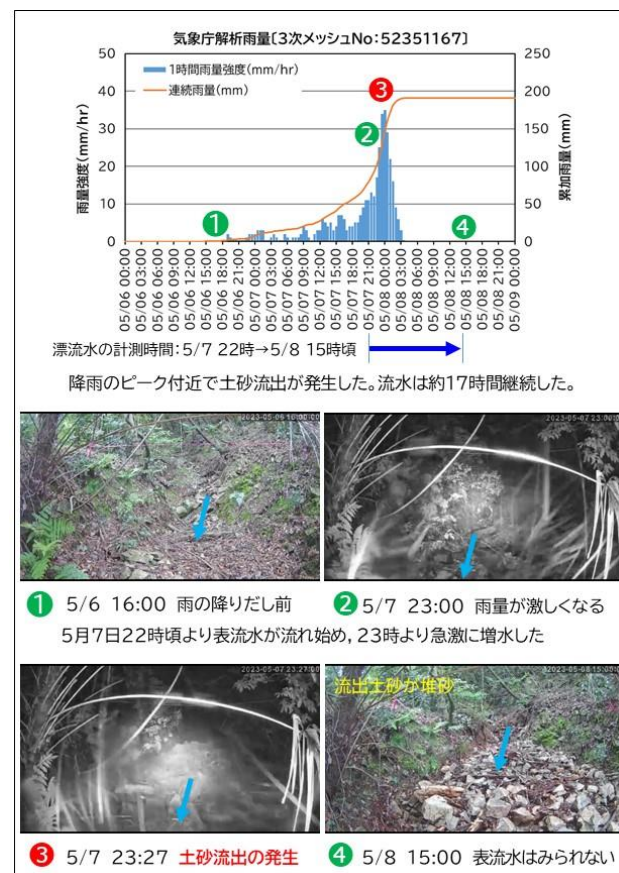


図-3 Webカメラによる観察結果(2023年5月7～8日)

解析を組合せ 10m メッシュ単位で表層崩壊を予測するモデルをベースに地下 3 層と地表 1 層のモデルへと改造した簡易な降雨流出モデルを作成した。

なお、10m メッシュの標高は、兵庫県のオープンデータ「兵庫県_全域 DEM (2010 年度～2018 年度)」の 1mDEM より取得した。地下 3 層の透水係数と各層厚の比率の組合せについては、昨年検討した値¹⁾をそのまま適用した(図-5、表-1 参照)。

再現計算(図-6 参照)と実際の現象との比較結果および今後の課題について以下に整理する。

- 実際は 5 月 8 日 15 時に地表流はみられなくなるが、再現計算ではもっと後まで流出が継続する結果となった(昨年、近隣の溪流で設定した計算パラメータを適用したが、それでは再現できなかった。近くの同種の地質の流域であっても流出特性に違いがある)。

(課題①): 溪流ごとに流出特性が異なる要因の検討

- 実際には斜面崩壊は発生していないが、再現計算では安全率 1 未満となる 10m メッシュが溪流上流の山腹斜面で予測された。

(課題②): 斜面の被覆条件(樹木の影響等)の評価方法やモデル化の検討

- 今回の土砂移動の発生タイミングは降雨ピーク付近であり、地下水位や流量のピークがあらわれる少し前の段階であった。また、今回土砂移動が発生した溪床堆積土砂の分布域で崩壊を予測できなかった(安全率 <1 となる 10m メッシュはなかった)。

(課題③): 溪床堆積土砂(崖錐)の量や質、分布の把握方法および安定性の評価方法の検討

4. まとめ

普段は水が流れていないような山地小溪流において、今回得られた土砂流出の観察動画は、流出モデルおよび斜面安定解析モデルを検討するうえで貴重な基礎資料であると考えられる。

今後、上記課題へ取り組み、土砂災害警戒区域や道路沿いの小溪流等の個々の溪流を対象とするリスク管理等へ応用、発展させていくには、これまでの観測・検証を継続するとともに他流域における観測成果との比較検証を行うことで、一般化に向けた観測のノウハウや降雨流出に関する知見を蓄積していくことが必要と考えられる。

謝辞

ヒョウ工務店には、毎月のメンテナンス時の敷地内への立ち入り等、また、流量観測に際しては、(一財)建設工学研究所の令和 4 年度「一般研究助成」の助成金を利用した。ここに記して、謝意を表します。

参考文献

- 鳥居宣之・笠原拓造 (2023): 山地小流域における土砂流出に対する危険度予測のための簡易的な流量観測について, R5 年度砂防学会研究発表会概要集, P53.
- 沖村孝・市川龍平 (1985): 数値地形モデルを用いた表層崩壊危険度の予測法, 土木学会論文集, No. 358/III-3, p. 69-75.
- 沖村孝・鳥居宣之・尾崎幸忠・南部光広・原口勝則 (2011): 豪雨による土砂災害を対象としたリアルタイムハザードシステムの構築, 新砂防, 63(6), pp. 4-12.

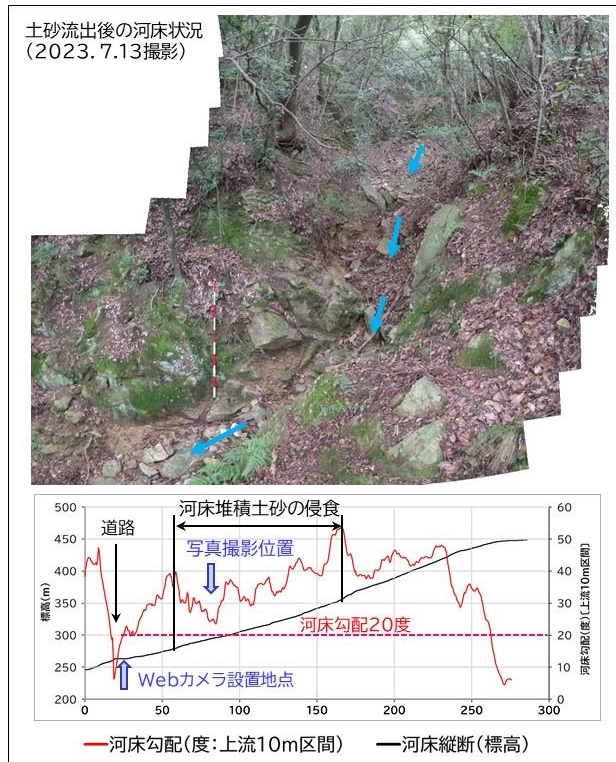


図-4 モデル流域の現地状況

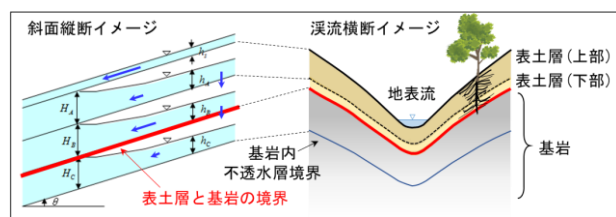
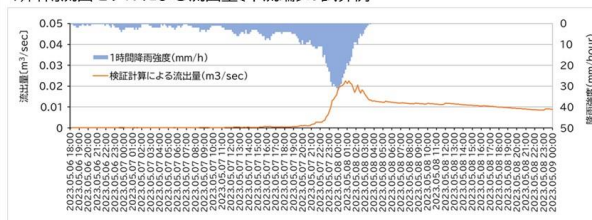


図-5 降雨流出モデルの概念図

表-1 モデルの設定条件

地層区分		表土層厚 に対する 割合	透水係数 (標準:k=0.01cm/s)		空隙率	摘 要
			水平方向	鉛直方向		
表土層	上部	0.8	1倍	-	0.35	・地表に降った雨水は直ちに表土層の基底に達し、地下水位を形成すると想定 (浸透過程は考慮しない)
	下部	0.2	10倍	0.1倍	0.35	・水みちを想定 ・鉛直方向の透水係数は、表土層下部から基岩への浸透を想定
基岩層 (浸透を考慮 する範囲)		1.0	0.1倍	0倍	0.1	・基岩への浸透を想定 ・基底部からさらに深部への浸透は想定しない

1) 降雨流出モデルによる流出量〔下流端〕の試算例



2) 降雨流出モデルによる斜面の安定性評価例

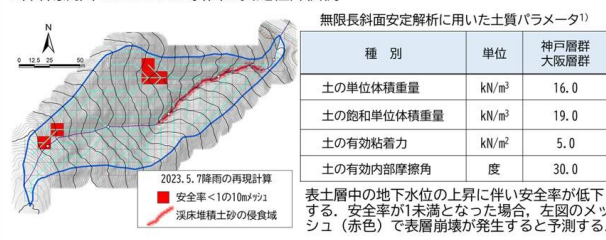


図-6 令和 5 年(2023)5 月 7～8 日降雨の再現計算例