

計画規模を超える土石流に対する砂防堰堤の安定性

国立研究開発法人土木研究所 ○藤村直樹 水野秀明*1

国土交通省利根川水系砂防事務所 神野忠広*2、工藤卓也*2、高橋臣夫

八千代エンジニアリング株式会社 池田誠 横尾公博

※1 現 九州大学農学研究院 ※2前所属

1. はじめに

平成23年9月奈良県十津川村、平成27年5月鹿児島県垂水市などで深層崩壊が発生しているように、深層崩壊はしばしば発生する。そのような深層崩壊に対して、近年、深層崩壊の発生のおそれのある溪流の調査¹⁾や土石流化した場合の氾濫計算のマニュアル²⁾が整備されるなど深層崩壊に起因する土石流による被害のリスクの評価が進んでいる。このようなリスク評価によって被害の発生が想定される場所においては、対策が必要となる。

深層崩壊に起因する土石流が砂防堰堤に及ぼす力は、これまでの技術基準類では考慮されていない。深層崩壊に起因する土石流による被害が想定される場所での対策の検討にあたり、深層崩壊に起因する土石流が既往の技術基準類に基づき設計された砂防堰堤に作用した場合に、その砂防堰堤の安定性がどの程度変化するかという点を明らかにしなければならない。

そこで、本研究では、深層崩壊に伴う土石流のピーク流量は既往の技術基準類で想定する土石流のものよりも大きくなると仮定して、その土石流ピーク流量の大きさと安定条件の変化の関係を明らかにすることを目的とした。検討に際しては、簡潔になるよう予め安定条件の組み合わせを設定し、その条件を満たす最大の土石流ピーク流量を求めた。以下にその詳細を報告する。

2. 検討方法

2.1 検討の概要

モデル的な砂防堰堤を、堰堤高さ6~14mの間で2mごとに想定し、それぞれ基本形状を設定した。基本形状は、2mの越流水深となる洪水時の安定計算において現行基準を満足する断面をとした。この断面に対して、土石流・流木対策設計技術指針における土石流時に対する安定計算を満足できる土石流ピーク流量を想定した。土石流ピーク流量は砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）に基づく対策の計画立案上、土石流総流量により決定されるが、溪流条件により異なり一般論としての計画規模の想定が難しいことから、溪流の条件に左右されないように、上記のように設定した。なお、ここで設定した2mの越流水深はよくある頻度で設計される規模と仮定したものである。次に、安定条件を複数の段階で設定し、それぞれの安定条件を満足することができる最大の土石流の規模を算出した。

2. 2 検討の条件

土石流・流木対策設計技術指針における土石流時の越流部の安定計算は、土石流は堰堤の水通し天端より下部に直撃するものとして安定計算を行うこととしている。一方で深層崩壊に起因する土石流が既設砂防堰堤に対して流下する場合のように、砂防堰堤の設計時に想定した土石流よりも大きい土砂量および流量が流下した場合、土石流が満砂した砂防堰堤の上部を通過する可能性もあるため、土石流の衝突位置は「直撃」と「通過」の両方を想定した。

安定条件のうち、転倒と滑動については地盤区分ごとに地盤許容支持力、地盤せん断強度、内部摩擦係数が異なるため、基礎地盤条件は、岩盤基礎（軟岩Ⅰ）、土砂地盤（岩塊玉石）、土砂地盤（礫層）の3種類に分けて検討を行った（表-1）。土石流の計算条件は、溪床勾配は土石流流下区間のもっとも緩い勾配の1/10、溪床幅は15mで水通し幅も15mと仮定した。

砂防堰堤の安定条件については、表-2のとおり4段階に区分して評価を行った。

3. 安定性の検討結果

2.1で設定した基本形状において指針に基づく安定性を確保することが可能な土石流ピーク流量と条件を表-2の安定条件を満足する土石流ピーク流量を求めた。安定条件を満足する流量は、土石流の衝突位置別に、転倒、滑

表-1 地盤定数

地盤区分	地盤許容支持力 qa(kN/m ²)	地盤せん断強度 τ(kN/m ²)	内部摩擦係数 f
岩盤基礎 (軟岩Ⅰ)	1,176	588	0.7
土砂地盤 (岩塊玉石)	588	0	0.7
土砂地盤 (礫層)	392	0	0.6

表-2 対応可能なピーク流量を算出する安定条件

安定条件	安全率			
	安全率高			安全率低
	条件① ※技術基準 準拠	条件②	条件③	条件④
滑動	土砂地盤 1.2以上	1.2~1.1	1.1~1.0	1.0未満
	岩盤地盤 4.0以上	4.0~3.0	3.0~2.0	2.0未満
転倒	B/6 以内	B/3 以内	B/2 以内	B/2 以上
地盤支持力	許容支持力 以内 (極限支持力 ×1/3)	極限支持力 ×2/3以内	極限支持力 以内	極限支持力 以上

動、最大地盤反力それぞれに対して求めた。基礎地盤条件が岩盤基礎（軟岩Ⅰ）の堰堤高6mの堰堤の場合の検討事例を図-1に示す。なお、各条件を満足する土石流ピーク

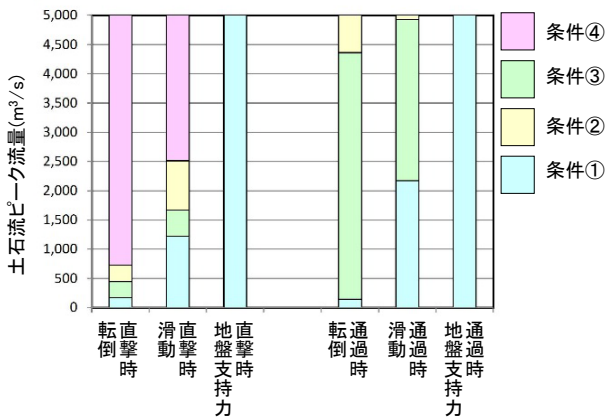


図-1 基本形状における安定性評価項目ごとの対応可能な土石流ピーク流量(m³/s)

表-3 検討条件ごとの対応可能土石流ピーク流量(m³/s)

	堰堤高さ	6	8	10	12	14
岩盤 (軟岩Ⅰ)	条件①	170	235	310	385	465
	条件②	445	650	890	1150	1440
	条件③	725	1080	1490	1940	2455
土砂 (岩塊玉石)	条件①	170	235	310	385	465
	条件②	405	605	835	1085	1360
	条件③	480	725	1000	1310	1660
土砂 (礫層)	条件①	170	235	310	120	0
	条件②	195	290	390	480	580
	条件③	360	540	735	945	1185

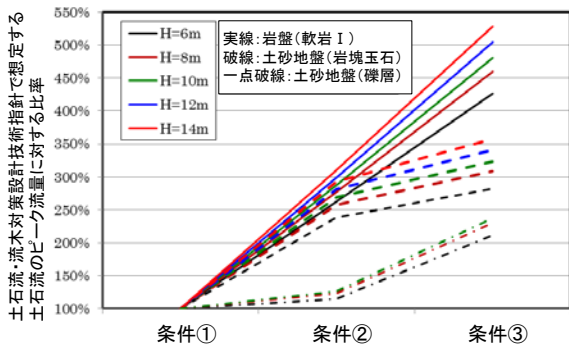


図-2 指針に基づき設定される土石流ピーク流量に対する対応可能な流量の比率 (i=1/10, B=15m : 堤高変化)

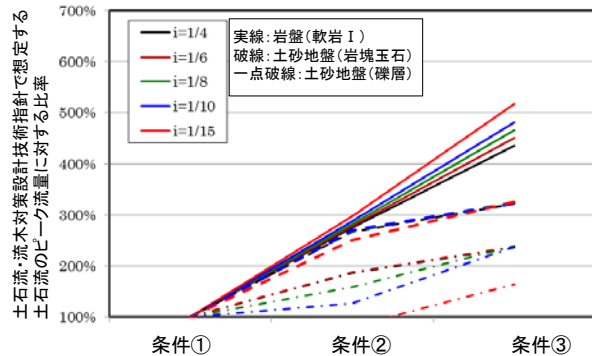


図-3 指針に基づき設定される土石流ピーク流量に対する対応可能な流量の比率 (B=15m, H=10m : 河床幅変化)

流量の算出においては、当該条件以外の安定の可否は無視している。また、基本形状で対応する土石流ピーク流量については、計画で想定する流量であることから、満砂した堰堤を通過する条件は検討せず、指針に基づき直撃のみを考慮した。

これらの検討条件ごとの対応可能な土石流ピーク流量を、表-3のとおり整理した。これらを踏まえ、指針に基づき設定される土石流ピーク流量に対してどの程度まで大きな土石流まで安定性を確保しうるか把握するため、指針に基づき設定される土石流に対する比率を算出し、図-2のとおり整理した。

堰堤が高いほど対応可能流量は大きく、今回想定した極限の安定性では岩盤基礎で4~5倍、岩塊玉石で2.5~3.5倍、礫層で2倍程度が対応可能流量の限度と試算された。

4. 感度分析

前章では河床勾配や河床幅を一定の値を仮定し、砂防堰堤の高さのみ変化させて検討を行ったが、これらは本来溪流ごとにより変わるものであるため、先ほど示した傾向についての一般性を論ずるため条件を変化させた検討を行い、感度分析を行った。このうち、堰堤高を10mに、河床幅を15mに固定して河床勾配を変化させた場合の値を図-3に示す。岩盤（軟岩Ⅰ）については、4.3~5倍、土砂地盤（岩塊玉石）については3.2倍となり、おおまかな傾向としては同様の傾向を示した。ただし、土砂地盤については、地盤支持力がクリティカルとなり、他の事例と比較して顕著な違いが生じなかった。

5. まとめ

設計を上回る流量の土石流が作用した場合の安定条件の変化を把握するため、予め安定条件を複数設定したうえで、それらの条件を満足させられる土石流ピーク流量について、通常的设计に用いる土石流ピーク流量に対する比率を示した。既往の報告³⁾において、具体的な堰堤で異なる安定条件を設定した場合に対応可能な土石流ピーク流量を示した事例があるが、本検討では、一般的な傾向としてどの程度まで対応が可能かを示すことができた。

深層崩壊に起因する土石流に対して確保すべき安定条件は、土砂移動現象の特性や堰堤に期待する性能や機能なども踏まえて議論する必要があるものの、本検討結果が、どの程度までの外力まで砂防堰堤が安定を保ち機能を発揮しうるかといった議論に資することが期待される。

参考文献

- 1) 田村ら：深層崩壊の発生の恐れのある溪流抽出マニュアル(案), 土木研究所資料第4155号, 2008年
- 2) 石塚ら：深層崩壊に起因する土石流の流下・氾濫計算マニュアル(案), 土木研究所資料第4240号, 2012年
- 3) 佐藤ら：大規模崩壊に対する砂防施設の安定性評価の一考察—深層崩壊への適用—, 平成24年度砂防学会研究発表会概要集, p.50-51