

長野県飯山市井出川で発生した山腹崩壊に伴う土石流に対する既設堰堤の効果に関する検討

国土防災技術株式会社 ○ 矢島光一

長野県砂防課 田下昌志 西澤賢 北原誠 長野県北信建設事務所 山崎隆雄 長谷川国宏
国土防災技術株式会社 山田泰弘 丹羽諭

1. はじめに

2017年5月に長野県飯山市井出川で大規模な山腹崩壊が発生、その後、確認されただけでも8回の土石流が発生した。この災害については、砂防学会調査団からも報告¹⁾されたところである。長野県は、井出川に設置されていた桑名川砂防堰堤がこれらの土石流を捕捉した効果について検証を行ったので、検討結果を報告する。

2. 災害概要

2.1 流域概要

山腹崩壊が発生した井出川は、千曲川水系支川の出川の左支川である。出川の集水面積は13.9 km²、井出川の集水面積は6.6 km²であり、井出川の流末にはコンクリートスリット構造の桑名川砂防堰堤が設置されていた(図-1)。出川本川と井出川の合流点から千曲川合流点の間には、JR飯山線、県道408号線の橋梁や家屋等の保全対象が集中する。地質は主に、第四紀更新統の野々海川火砕岩であり、植生は主に、ブナ・コナラ・ミズナラである。

2.2 土石流の発生状況

5/19に発生した山腹崩壊の土塊は、東方向と南南東方向の2方向へ崩壊した。東側へ崩壊した土塊は、溪流を流下・土石流化し、桑名川砂防堰堤までの区間に堆積、南南東方向へ地すべりの移動した土塊は、末端が河道に達した。

土石流の発生状況を表-1にまとめる。5/26の土石流以外は、降雨がない状況で土石流が発生している。5/22の午前中には航空レーザー測量が実施され、H26計測データとの差分解析により、発災から5/22の午前中までに流下した土砂量は14.7万m³と推定された。5/22の14:40の土石流は桑名川砂防堰堤で減勢されたものの一部が堰堤を越流し、出川本川と井出川の合流点付近の市道橋が閉塞し周辺の水田に氾濫、JR橋梁の上流側で河道の流下能力を超え、流路工の脇に土砂が氾濫した痕跡が確認された。なお応急対策として設置された大型土のうにより被害は生じなかった。

3. 再現計算および既存堰堤の効果検証

3.1 検討概要

本検討では、はじめに5/19の崩壊に伴う土石流を対象とした再現計算を実施し、河床変動高を再現できるパラメータを設定した。次に5/22の14:00の土石流の再現計算の氾濫域と、桑名川砂防堰堤が設置されていなかった条件による計算の氾濫域を比較することで、桑名川砂防堰堤の効果について検証した。

3.2 5/19 土石流の再現計算によるパラメータの決定

検討は深層崩壊を起因とした土石流の流下・氾濫計算マニュアル(案)²⁾による一次元河床変動計算によった。投入土砂量は、H26とH29の標高差分解析によって求められた流下土砂量の14.7万m³とした。発災後の河床堆積土砂の画像解析により粒度分布データを作成、粗粒土砂の代表粒径5cm、堆積濃度0.6とし、間隙は水で飽和していると仮定した。なお、桑名川砂防堰堤の透過部は土砂と流木により閉塞されたため、不透過型の堰堤として取り扱った。

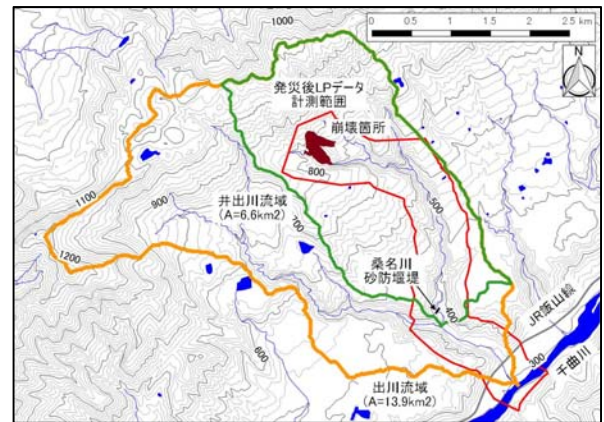


図-1 出川流域の平面図

表-1 土石流の発生状況

日時	土石流または崩壊発生箇所	土石流・崩壊の規模	降雨	流下・堆積の実態、証言等
5/19 6:00頃	井出川上流の山腹	堰堤上流の差分解析より約14.7万m ³	なし	砂防堰堤より上流の渓床に堆積発生後に下流域の流水が減少
5/20 11:00他	不明	不明	なし	堰堤を越流していない
13:38	不明	不明	なし	
13:48	不明	不明	なし	
13:58	不明	不明	なし	
14:00	不明	不明	なし	調査員が崩壊音を確認 羽広大橋地点で流速9.9~12m/s 出川合流点付近の市道に氾濫 JR橋上流で流下能力を超える
5/22 14:40	羽広大橋より上流側の山腹もしくは、溪岸	※5/22では最大本検討の土石流総量の推定値5.2万m ³	なし	
14:45	不明	不明	なし	
5/26 23:27	不明	不明	降雨あり	調査員が崩壊音を確認 崩壊地を確認
5/29 13:07	源頭部の崩壊	幅10m×長さ20m	なし	

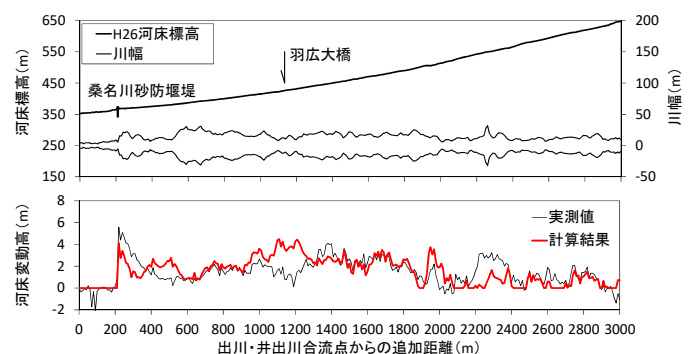


図-2 5/19 土石流の再現計算

流砂量の計算に影響が大きい堆積速度係数 δ_d および間隙流体の乱流に取り込まれる細粒土砂の濃度（細粒土砂/水+細粒土砂） C_{pw} について感度分析を実施し、 $\delta_d=0.002$ 、 $C_{pw}=0.4$ の組合せで堆積形状が再現された（図-2）。

3.3 桑名川砂防堰堤の効果検証計算

3.3.1 5/22の14:00に発生した土石流の再現計算

検討にはHyperKANAKO³⁾を用いた。土石流ハイドログラフはピーク流量が中央にくる三角形ハイドログラフとし、投入点を堰堤下流の出川・井出川合流点に設定した。ここで、3.2における検討結果を踏まえ、河床変動に寄与する土砂は粗粒分のみとして供給濃度 $C_d=0.33$ 、間隙流体密度 $\rho=1.64$ とした。ここでは、5/22の14:45に次なる土石流が発生したため土石流の継続時間を5分以内とし、氾濫痕跡を再現できるピーク流量と継続時間の組合せを検討した。

JR 橋梁の上流側で流下能力を超え若干の氾濫が発生することを優先する再現項目とした。検討の結果、ピーク流量250 m³/s、継続時間3分（図-3の破線 土石流総量22,500 m³）とすることで、氾濫痕跡が再現された（図-4（a））。

3.3.2 既設堰堤が設置されていなかった条件の計算

本検討では、発生する可能性があった最大規模の土石流を想定し、下記の2つの条件から土石流総量を検討した。

- ①5/22の14:40に発生した土石流は、桑名川砂防堰堤により計画堆砂勾配までの土砂量29,900 m³が捕捉されたと仮定
- ②（短期間に土石流が頻発したことを踏まえ）5/22の14:40以前に発生した土石流等により、桑名川砂防堰堤で捕捉された土砂24,700 m³が同時に流下した可能性を考慮

上記より、桑名川砂防堰堤が設置されていなかった条件として、土石流総量77,100 m³、ピーク流量857 m³/s、継続時間3分の土石流ハイドログラフ（図-3の実線）を設定した。また、桑名川砂防堰堤は流木も捕捉したため、堰堤が設置されていなければ流木の流出により JR 橋梁、県道橋梁を閉塞させた可能性があったと考えた。2つの橋梁に該当する計算点に橋梁標高を入力し閉塞状態から計算を開始することで、流木の捕捉効果について検証した。

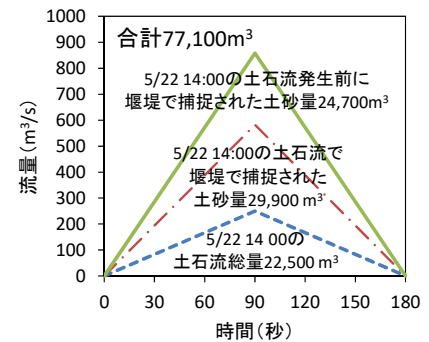


図-3 土石流ハイドログラフ

図-4（b）に橋梁を閉塞させなかったケース、（c）に橋梁を閉塞させたケースの氾濫結果を示す。（b）では左岸側の開けた箇所から田畑に氾濫する結果となった。また、JR 橋梁、および、県道橋梁の上流側でも左岸側に氾濫し、4軒の家屋に泥水・土砂を氾濫させる結果となった。これは、既設の桑名川砂防堰堤が設置されていなかった場合、家屋への氾濫・人的被害が生じていた可能性を意味する。さらに（c）では（b）と比較して、氾濫範囲の拡大に伴い、右岸側の家屋1軒にも被害が拡大し、（b）で被害が生じた家屋でも氾濫水深が増加する結果となった。桑名川砂防堰堤が流木を捕捉したことにより、下流域の被害が軽減されることが示唆された。

4. おわりに

本研究では、長野県飯山市の井出川で発生した土石流災害を対象として、既設の桑名川砂防堰堤の効果について検証を行った。その結果、下記の結論を得た。

- 可能性があった最大規模の土石流が発生した場合、堰堤が設置されていなければ家屋に氾濫被害が生じていた。
- 流木により橋梁閉塞が生じた場合には被害が拡大する結果から、堰堤による流木捕捉は被害軽減につながった。

参考文献

- 1) 平松ら（2017）：平成29年5月長野県飯山市井出川流域で発生した大規模崩壊と土石流、砂防学会誌、Vol. 70、No. 3、p.41-50
- 2) （独）土木研究所（2012）：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
- 3) 中谷（2010）：GUIを実装した汎用土石流数値シミュレーションシステムの開発と適用、京都大学学位論文、pp.153

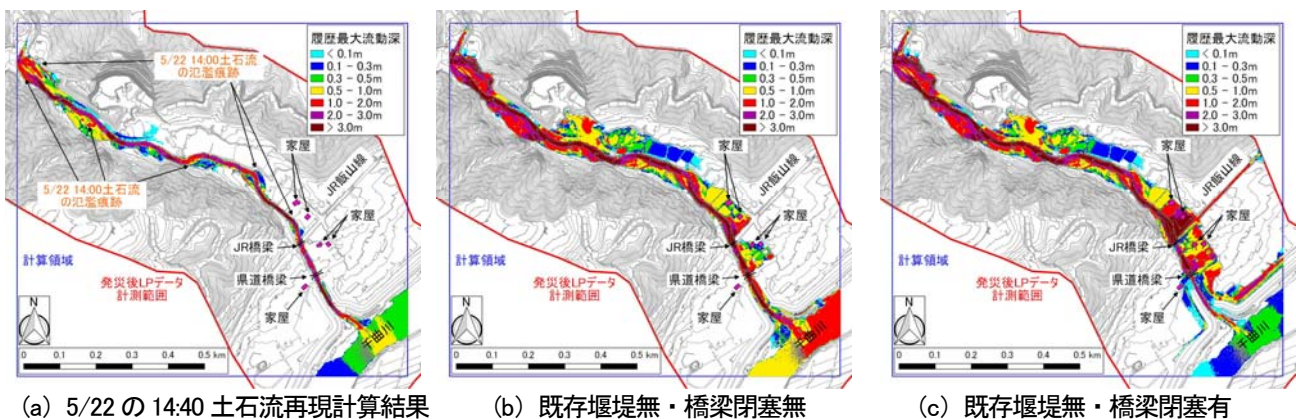


図-4 桑名川砂防堰堤の有無による氾濫範囲の比較