

京都府綾部市で発生した土石流による砂防堰堤の破壊実態の調査（速報）

国立研究開発法人土木研究所 ○武澤永純、赤澤史顕、石井靖雄、西井洋史

1. はじめに

平成 29 年 10 月 21～23 日の 3 日間において、京都府綾部市古和木雨量観測所では、最大 24 時間雨量 486 mm の大雨を記録し、綾部市北東部に位置する朝根川で土石流が発生した。土石流による犠牲者はなかったものの、同溪流にある砂防堰堤が転倒し破壊された。砂防堰堤の破壊事例として、前庭部洗掘により基礎が底抜けした事例は報告されているものの^{1)、2)}、コンクリート砂防堰堤が土石流によって転倒した事例は近年報告されていない。

本報告では、現地での痕跡調査や砂防堰堤の安定計算により、砂防堰堤の破壊プロセスの推定を試みるとともに、朝根川で発生した土石流の規模を推定した結果を報告する。

2. 災害の概要

2.1 土石流発生の概要

図 1 に朝根川の流域図を示す。砂防堰堤（不透過型の重力式コンクリート形式）は 2 つの支川の合流地点付近にある。左支川からの流れは砂防堰堤の越流部に向かうが、右支川からの流れは砂防堰堤右岸側の非越流部に向かい、砂防堰堤設置位置付近で左支川と合流する。現地調査の結果、朝根川右支川の源頭部付近で幅約 30 m、長さ約 60 m、深さ約 6 m の崩壊により、土石流が発生したと推定された。堰堤右岸側非越流部の天端には土砂の堆積が確認されたが、堰堤左岸側非越流部の天端には越流部周辺のみ土砂の堆積が認められた。土石流の堆積物には長さ約 17 m の流木は確認できたが、粒径が 1 m を越えるような礫は確認出来なかった。京都府によると、今回の土石流災害による流出土砂量は 11,600 m³ と推定されている。

2.2 砂防堰堤の被災状況

土石流発生後の砂防堰堤の様子を、図 2 に示す。堰堤の高さは 9 m、長さは 70 m で、平成 6 年度に完成している。堰堤の計画・設計は、平成元年の土石流対策技術指針（案）に基づき実施されていた。計画時の 24 時間雨量は 313 mm であり、災害発生時の降雨量は計画降雨量を越えていた。砂防堰堤は、土石流の発生・流下により堰堤右岸側の非越流部における目地と目地の区間（延長 15 m）で破壊した。破壊した非越流部は、堰堤から概ね 10～20 m 下流側の位置で確認された。なお、砂防堰堤の左岸側では、土石流による損傷は認められなかった。

2.3 破壊された非越流部の状況

現地調査の結果、破壊された非越流部は、①上部左岸側ブロック、②上部右岸側ブロック、③下部ブロック、④根入れ部ブロック、の大きく 4 つに分かれていた。各ブロックでは一部損傷した箇所は認められたが、概ね原形を保っていた。①ブロックと③ブロックの分離箇所は袖部と本体部の境界より低い位置であった。①ブロックと③ブロック、②ブロックと③ブロックが分かれた箇所（打ち継ぎ目）には型枠固定用と推定される鉄筋が配置されていたが、目立った変形（曲がり）は確認出来なかった。また、③ブロックの右岸側側面には円弧状の擦過痕が確認された。

3. 砂防堰堤の安定計算

砂防堰堤の破壊プロセスを推定するため、安定計算を行った。安定計算は平成 28 年の土石流・流木対策設計技術指

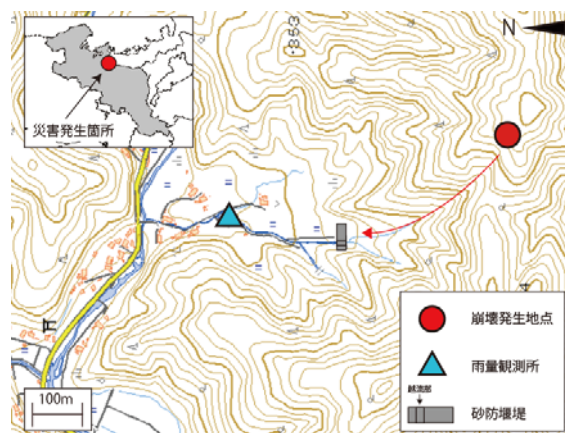


図 1 流域図（国土地理院 1/25000 地形図に加筆）



図 2 被災した砂防堰堤
（綾部市消防部局提供、青の破線は非越流部の破壊前の推定位置を示す、番号は破壊により分離した非越流部のブロックに付した番号である）

針³⁾に基づき実施した。計算断面は、破壊した非越流部の中央とした(図3)。災害前の施設点検において堰堤上流で湛水が確認されていたことから、安定計算時に揚圧力を作用させた。災害発生前の堆砂面は水通し天端から2.5 m下の高さにあったことから、災害発生時にはその堆砂面上を土石流が流下したと想定し、土石流流体力を算出した。土石流の水深は、堰堤上流の谷出口で確認された痕跡より、土石流が谷出口から非越流部に向かって直進した場合(ケース1)と、谷出口から溪流の最深部に沿って流下し非越流部に向かった場合(ケース2)を設定した(表1参照)。袖部破壊の照査において、土石流の水深は水通し天端を越える高さとなった。また、土石流の流速は、堰堤から谷出口までの溪床勾配(約12°)と土石流の水深から Manning 式により算出した。

4. 計算結果と考察

表2に安定計算結果を示す。表中の「OK」は平成28年の土石流・流木対策設計技術指針に示されている許容値を満たすことを示し、「NG」は許容値を満たさなかったことを示す。袖部の破壊については、ケース2は許容値を満足しない。堤体の安定性については、両ケースで許容値を満足しない結果となった。また、砂防堰堤の自重および外力の合力の作用線は、両ケースで堤底の外に位置した。

以上の結果より、土石流による砂防堰堤の破壊のプロセスとしては、以下のことが考えられる。崩壊に起因し発生した土石流は右支川を流下し、左支川との合流点付近において直進し、非越流部に衝突し、目地と目地の間のブロックが破壊したと考えられる。破壊した非越流部で確認された擦過痕は円弧状を示していた。また、安定計算において転倒の許容値を満たさなかったことから、砂防堰堤は転倒によって破壊した可能性が高いと考えられる。ただし、安定計算では滑動、沈下の許容値ともに満足していないことから、転倒、滑動、沈下の複数の破壊モードが生じた可能性も考えられる。①・②ブロックと③のブロックの分離面に配置されていた型枠固定用と推定される鉄筋には大きな変形が認められなかったことから、①・②ブロックと③のブロックは転倒時もしくは転倒後に分離した可能性が考えられる。

表2に示す安定計算のうち、砂防堰堤の破壊状況と矛盾しない計算結果はケース1であった。これより、朝根川で発生した土石流はケース1で設定した土石流の流速もしくは水深と同等程度か、それより小さい可能性が考えられる。ケース1で推定した流下断面からピーク流量を算出すると、378 m³/secであった。この値は、計画降雨量で算定される土石流のピーク流量(8.4 m³/sec)を大きく上回る。したがって、計画規模を上回る土石流が発生したと考えられる。

4. おわりに

今後、個々の砂防堰堤の重要性なども考慮し、計画規模を上回る土石流に対しても最小限の安定性を確保する方策などについて、検討を行っていくことが重要と考えられる。また、本事例のように複数の溪流の合流点の下流に、堤長が比較的長い砂防堰堤を計画する際には、土石流が非越流部に向かう可能性も想定し、水通しの位置や幅の設定、目地の位置、安定計算断面について、現場毎に配慮していくことも重要と考えられる。本調査で対象とした砂防堰堤の破壊ブロックは、土砂によって覆われている部分もあり、ブロックの全てを詳細に調査・観察することが出来なかった。今後現地調査を行い、さらに破壊のメカニズム等について検討を実施する予定である。

謝辞：本研究の遂行にあたり、現地調査や資料提供等にご協力頂いた京都府建設交通部砂防課に感謝いたします。

引用文献 1) 建設省土木研究所(1979): 砂防ダムの災害実態調査、土木研究所資料第1514号、87p. 2) 建設省土木研究所(1987): 砂防ダムの災害実態調査(2)、土木研究所資料第2461号、50p. 3) 国土交通省国土技術政策総合研究所(2016): 土石流・流木対策設計技術指針 解説、国土技術政策総合研究所資料No.904、78p.

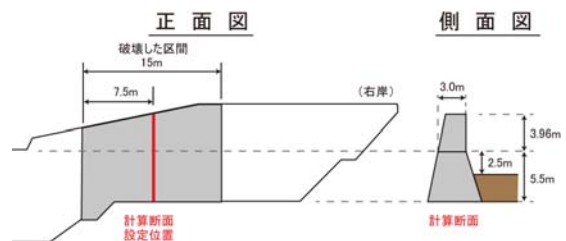


図3 安定計算断面の位置と形状

表1 計算ケース

対象	土石流		砂防堰堤		
項目	水深	流速	上流法勾配	下流法勾配	許容支持力
単位	m	m/sec	-	-	KN/m ²
ケース1	2.6	8.6	1:0.3	1:0.2	392
ケース2	4.5	12.4			

表2 安定計算結果

部位	袖	堤体		
照査基準	破壊	転倒	滑動	沈下※
ケース1	OK	NG	NG	NG
ケース2	NG	NG	NG	NG

※自重および外力の合力の作用線が堰堤下流法先に位置したときの地盤反力は、地盤の許容支持力を超過した。