

国立研究開発法人土木研究所 ○赤澤史顕・藤村直樹・劉詩雨・武澤永純・石井靖雄
アジア航測株式会社 秋山怜子

1. はじめに

砂防施設の破壊はこれまで少なくとも数十事例以上確認されている。砂防施設の破壊は、多くは流域から流出した土砂と水などの流れが堰堤に作用することにより生じる。流量、流速、礫径が大きくなり、流体力、衝撃力が大きくなると破壊が生じやすくなると考えられるが、どのような流出によりどのような破壊が生じたのか分析された研究例は多くない。そこで、本研究では、土木研究所（1987）と近年の事例について不透過型砂防堰堤が破壊した合計 53 事例（図-1）を対象とし、流量、流速に大きく影響する降雨量と溪流の勾配、衝撃力に影響する礫径、破壊箇所を整理した。破壊時に流出した土砂量が推定可能な近年の 5 事例については、土石流の衝撃力、流体力を推定した。そして、破壊を生じさせた外力の種類を検討した。



図-1 整理した 53 事例の位置

2. 砂防施設破壊時の雨量、年超過確率と溪流の勾配・礫径について

土石流のピーク流量に影響する雨量について、破壊時の時間雨量・日雨量の年超過確率と破壊箇所の関係を整理した。年超過確率は、地域によって前線や台風の影響により降雨量に差があると想定し、地域差を考慮するため整理した。また、溪流の勾配と礫径、破壊箇所との関係も整理した。破壊箇所は、本体、袖部、水通しの 3 つに分類した。施設破壊時における降雨の年超過確率については、砂防施設設

計時に運搬できる土砂量算出の際に想定されている計画規模である 100 年超過確率を対してどの程度の大きさであったのかを調査した。また、流体力、衝撃力に影響を及ぼすものとして、溪流の勾配、礫径について破壊箇所との関係を整理した。

2.1 使用した雨量データと年超過確率の計算方法

降雨の年超過確率は中小河川計画検討会（1988）の方法で計算した。計算時に使用した日雨量は気象庁HPより取得した。雨量データは、砂防施設近傍の雨量観測所について施設と観測所間の距離を整理し、距離が近く、欠測が少ない観測所のデータを使用した。年超過確率は、観測開始～2016 年までの雨量データを基に算出した。

2.2 破壊時の時間雨量、年超過確率と破壊箇所の関係

破壊時の時間雨量、日雨量の年超過確率と破壊箇所の関係を図-2 に示した。堰堤に損傷が生じた事例の多くは計画で想定される確率規模である 100 年超過確率を上回らず、多くは 25 年以下の確率で損傷が生じていた。また、雨量観測所の位置と土石流が発生する流域の距離の影響があると考えられるものの、今回整理した事例については時間雨量、年超過確率と破壊箇所について明確な関係は認められなかった。

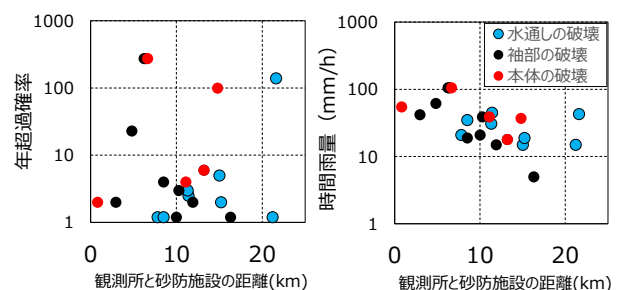
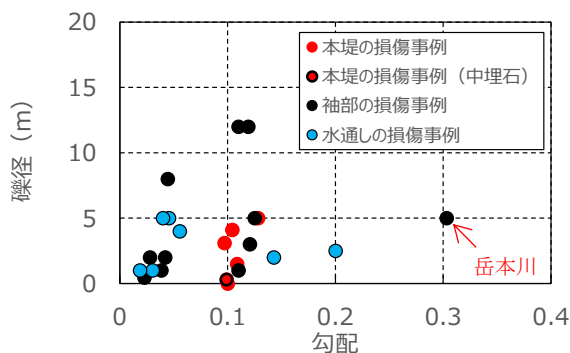


図-2 年超過確率と破壊箇所の関係

2.3 溪流の勾配、礫径と破壊箇所の関係

図-3 に溪流の勾配、礫径と破壊箇所の関係を整理した結果を示す。今回収集した事例においては、本体の損傷は礫径 5 m 以下の 5 事例で認められ、いずれも勾配は 0.09 を上回る場所に設置された堰堤

であった。勾配により流体力、衝撃力が大きくなり、本体の損傷が生じたと考えられた。勾配が 0.20 を上回っているにも関わらず損傷が袖部に留まっていた 1 事例（岳本川）は、他の本体損傷事例よりも天端幅が大きく破壊を生じにくい構造であったこと、流域面積が小さく流量の規模も大きくなかったことが影響したと考えられた。



図－3 勾配と礫径の関係

3. 砂防施設破壊時の土石流の外力について

破壊を生じさせた土砂移動に関する情報が得られる 5 事例について情報を整理した（表－1）。堰堤の破壊状況から破壊は、打継目で生じたと推定された事例が多く、本体との境界部において多く確認された。本堤に破壊が及んでいた山王谷も本堤一部のコンクリートブロックが打継目で破壊しており、ほとんどの事例が打継目で破壊していた。一方で、梨子沢は本体に亀裂が生じていたが、清水ら（2017）の検討により亀裂の状況が部分的に把握されており、それによると亀裂は打継目以外にも及んでいることが示されている。

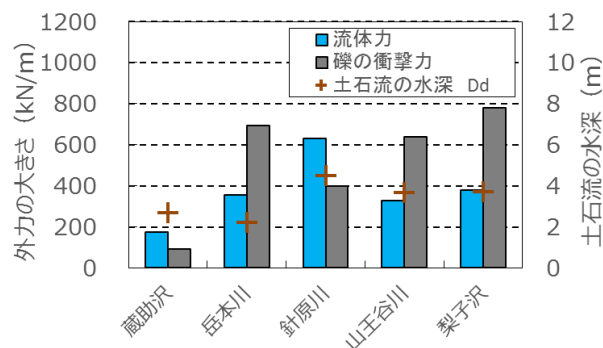
表－1 砂防堰堤の破壊状況と礫径

年度	1975	2012	1997	2016	2014
都道府県	青森県	大分県	鹿児島県	熊本県	長野県
河川・溪流名	蔵助沢	岳本川	針原川	山王谷川	梨子沢
主な被災部位	左岸袖部	右岸袖部	右岸袖部 本体一部	右岸袖部 本体一部	左岸袖部 本体亀裂
破断面	打継目	打継目	打継目	打継目	袖部は打継目 で破断
礫径(m)	0.5～1.0	5.0	2.0～3.0	3.19	4.1

表－1 に示す 5 事例について流体力と衝撃力を推定した（図－4）。流体力、衝撃力の算定の際に必要な勾配、流れの幅は地形データから推定し、土石流の水深は災害後の痕跡の調査結果がある針原川被害の 4 事例は痕跡の記録から整理した。針原川は文献に記載されていた流出土砂量を基に整理した。

岳本川、山王谷川、梨子沢は流体力よりも衝撃力

が大きかったが、蔵助沢、針原川は衝撃力よりも流体力が大きかった。本体の亀裂が打継目以外にも生じていた梨子沢については、他の事例と比較して礫の衝撃力が大きかった。流体力が他の事例よりも大きかった針原川は、土石流の水深が大きかった。衝撃力、流体力の大きさの違いが砂防堰堤の破壊に及ぼす影響については、堤体の強度や砂防堰堤に作用する応力等を検討する必要がある。



図－4 土石流の流体力、礫の衝撃力

4. おわりに

溪流の勾配、礫径について整理した結果、本体の損傷が生じた事例は、勾配により流体力、衝撃力が大きくなったためと考えられた。施設破壊時における降雨（日雨量）の年超過確率は 25 年以下となる場合が多く、年超過確率と破壊箇所には明確な関係は認められなかった。施設の破壊状況を整理した結果、打継目以外で破壊している事例は梨子沢のみであり、その他の事例では打継目で発生していた。

外力を推定した結果、岳本川、山王谷川、梨子沢は流体力よりも衝撃力が大きく、蔵助沢、針原川は流体力が大きかった。衝撃力、流体力の大きさの違いが破壊に及ぼす影響については、堤体の強度や堰堤に作用する応力等を検討する必要がある。

引用文献

- 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 2491 号
- 中小河川計画検討会（1988）：中小河川計画の手引き（案）～洪水防御計画を中心として～，中小河川計画検討会，pp. 47-53
- 清水武志・青池邦夫・泉山寛明・藤村直樹・稲崎富士・瀬戸秀治（2017）：地中レーダ探査を用いた砂防堰堤内部亀裂分布調査，砂防学会誌，第 70 巻，3 号，pp. 25-32