

## 砂防堰堤の損傷特性に及ぼす流域諸元の影響

京都大学防災研究所：藤田正治 京都大学名誉教授：水山高久 東京農業大学：本田尚正  
 (一財) 砂防・地すべり技術センター：池田暁彦  
 日本工営(株)：○長山孝彦，三池力，伊藤隆郭，村松広久，中野雅章

### 1. はじめに

砂防堰堤は近年までメンテナンスフリーとされ積極的な予防保全はされていなかったが、実際には設置後も長期的に土砂災害防止・軽減機能を発揮することが求められており、現在では、既存ストックとしての砂防堰堤の長寿命化は重要な課題であると捉えられている。一方、現状において砂防堰堤の中には、機能を持続的に発揮するために補強・補修が必要とされているものが多く認められる。そのため今後は、補修・補強に係わる事業の低コスト化とそれを可能にするための設計、施工技術の向上が求められている。2016年に砂防関係施設点検要領(案)が策定され、各地でそれに従った点検が進められている。その結果、既存のコンクリート製砂防堰堤の損傷には、水通し部の摩耗、前庭保護も含めた下流側の侵食・底抜け、土砂の吸出し、ひび割れ、天端や袖部の破壊等が報告されている。既往研究においては、土石流の衝突や前庭部への落水に起因する侵食・底抜けにより破損している事例が主に取り上げられてきた<sup>1)2)</sup>。一方、侵食・洗掘や摩耗に関しては、出水や土砂流出によって、小さく損傷した部位がその後損傷部分を拡大していく傾向が経験的に理解されているが、具体的な水理量や経年的な変状を取りまとめている事例は少なかった。本稿では、既報<sup>3)</sup>で収集した北陸地方整備局管内での砂防堰堤の点検結果、変状レベル判定成果を用いて、砂防施設と河床変動特性等の流域諸元や経年変化に対する影響について分析を試みた。

### 2. 損傷事例の要因分析

既報<sup>3)</sup>では、国土交通省北陸地方整備局管内の異なる5流域(T流域、Z流域、H流域、M流域、Y流域)に設置された砂防堰堤において、平成28年度までに実施された施設点検結果・損傷事例の収集を行っている。そこで、損傷を起こす要因の傾向分析を行うために、点検結果を基に判定した変状レベル(表1)のbもしくはcを有する堰堤が、それぞれの流域単位で占める割合を求め比較した。

本検討では、対象とした要因を摩耗や侵食・底抜けといった損傷に着目し、主に流水に係わる指標として、①計画洪水流量(土石流ピーク流量)、②堰堤設計時の越流水深、③計画洪水流量における最大流砂量、④単位流量あたりの最大流砂量、⑤流体力、⑥無次元掃流力、⑦ストリームパワー、⑧経過年数を取り上げた。水深、流量、(元)河床勾配は、それぞれの砂防設備台帳に記載されている値を用いた。水理量は流域毎に算出しているが、その流域を代表すると考えられる施設の諸元を用いて算出した。ここでいう代表的な施設とは、小溪流であれば下流端施設、広域な流域であれば流域の中間付近(河床勾配等が平均的であると考えられる場所付近の施設)、流域は広いが施設数が少ない流域は存在する施設の諸元を用いた。日雨量、河床材料の代表粒径はそれぞれ砂防計画に掲載されている値を用いた。小溪流や支川について、該当する流域が無い場合は、隣接する流域の値を用いた。検討を行った水理諸元とそれぞれの算出根拠を表2に示す。

表1 変状レベルと損傷の程度<sup>4)</sup>

変状レベル	損傷等の程度
a	当該部位に損傷等は発生していないもしくは軽微な損傷が発生しているものの、損傷等に伴う当該部位の性能の劣化が認められず、対策の必要がない状態
b	当該部位に損傷等は発生しているが、問題となる性能の劣化が生じていない。現状では対策を講じる必要は無いが、今後の損傷等の進行を確認するため、定期巡視点検や臨時点検等により、経過を観察する必要がある状態
c	当該部位に損傷が発生しており、損傷等に伴い、当該部位の性能上の安定性や強度の低下が懸念される状態

表2 検討する水理諸元と算出根拠

水理諸元	算出根拠
土石流ピーク流量	砂防設備台帳掲載の土石流ピーク流量
水深	砂防設備台帳掲載の越流水深
流砂量(単位幅当たり)	芦田・高橋・水山式により算出
流砂量÷流量 (≒土砂濃度)	砂防設備台帳掲載の土砂込ピーク流量:芦田・高橋・水山式により算出
流体力	砂防基本計画策定指針等に示される流体力:水と土砂の混合物の密度、水深 $h$ 、流速 $v$ の関数
無次元掃流力	水深 $h$ 、勾配 $i$ 、土砂の比重 $\sigma/\rho$ 、粒径 $d$ の関数
ストリームパワー	水理公式集 平成11年版:流域面積 $A$ 、積算雨量 $R$ 、勾配、勾配 $i_{200}$ (200m区間)の関数

### 3. 分析結果

水通しの天端摩耗は、①土石流ピーク流量、②堰堤設計時の越流水深、④単位流量あたりの最大流砂量、⑧経過年数と正の相関が認められた。一方、ひび割れは、①～⑧の要素に対しても、相関性は認められなかった。ひび割れは材料の特性によるところが大きいためと考えられる。また、洗掘については、③計画洪水流量における最大流砂量、④単位流量あたりの最大流砂量、⑧経過年数と関連性があることが示唆された。さらに、経過年数が経っている堰堤については、何らかの損傷、変状が発生している割合が高くなること、また水理量についても掃流力、流体力、単位幅流砂量、土砂濃度については損傷・変状に何らかの影響していることと考え、それらを確認するため、北陸地方整備局管内で変状レベルを用いて設定した健全度評価にて、要経過観察、要対策と

なった施設を多く含む荒廃砂防河川を抽出し、天端摩耗、洗掘の変状レベル(b,c)が全体の施設数に対して存在する比率(bc 比率)を算出した(図 1)。その結果、天端摩耗、洗掘に関しては、堰堤施工後 20、30 年～50 年程度経過した堰堤で変状・損傷が増加する特徴が得られた。

T 流域に限定して全施設の変状レベルを確認すると、30～40 年以降で天端摩耗の損傷が増加し、50 年以降で洗掘が増加していることがわかった(図 2)。なお、近傍の年総降雨量や年最大時間雨量、積算雨量とも検証を行ったが、降雨量の多寡では、明瞭なトリガーを特定するには至らなかった。堰堤設置箇所の雨量と、雨量局設置位置の雨量相関など、確認解決すべき課題が残されている。また、施設設置年代と技術基準等改定年度についても確認を行ったが、特に明瞭な傾向はないと考えられた。

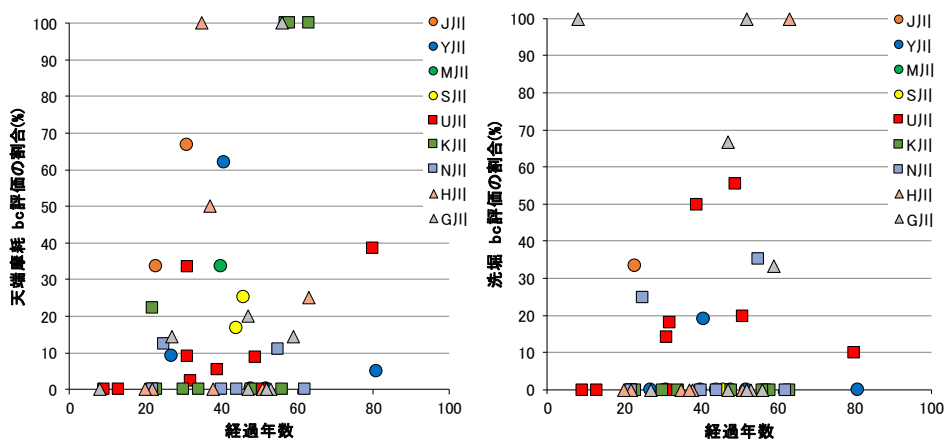


図 1 経過年数と変状レベル b,c 評価比率の相関 (左:天端摩耗, 右:洗掘)

#### 4. 今後の損傷特性の評価に関して

水理諸量と堰堤変状・損傷の関係については、掃流力、流体力、単位幅流砂量、土砂濃度と何らかの関連性があることが示唆されたが、今回の分析は、基本的に台帳や計画量ベースでの値を用いた検証のため、実際の降雨・流量や、それぞれの堰堤毎に水理量を厳密に算出反映したものではない。より現実在即した変状・損傷予測を行うに向け、今後、各流域で代表性のある地点での流砂観測等を行い、そこで得られた経年的な水理量と、点検や長寿命化検討結果でのデータとの紐付けを行うことで、より予防保全に役立つ「損傷しやすさ」を評価できるようになると考えられる。一方で、設置後 2、30 年以上経過する堰堤(砂防施設)については、摩耗と洗掘については変状・損傷が発生している割合が高くなっている。今回分析に用いた北陸地方整備局管内野堰堤でその傾向があった。このように損傷のある堰堤の割合が急に増加する経過年数の閾値があることが示唆されたことは、経過年数を経ていると大出水の発生回数が大きく、総降雨量や総流量も増加することが関係していると思われるが、これについてはより詳細な検討が必要である。

今回得られた堰堤の損傷形態の流域特性による違いをふまえ、今後は、損傷発生要因分析に必要な現地情報の取得を進め、流域毎・設置位置毎に評価する事が望まれる。その上で、堰堤の補強・補修方法は、それらの損傷発生要因・経過年数(耐用年数)に対して適切な対策をとり、コスト縮減を目指した新たな補強・補修のための設計法と補強・補修工法の検討を進めてきたい。

謝辞：本検討の堰堤の損傷事例収集にあたり、国土交通省北陸地方整備局立山砂防事務所の皆様には多大なご協力を頂いた。心より御礼申し上げます。

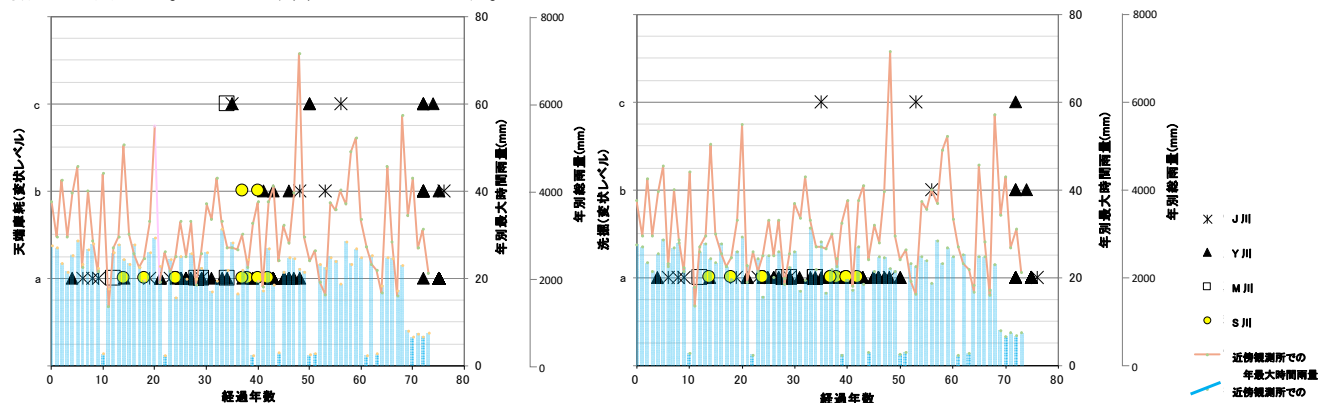


図 2 T 流域内全堰堤の経過年数に対する変状レベル(損傷度)分布

#### 参考文献：

- 1) 水山高久：砂防ダムの災害実態調査 ,新砂防 vol.31, No.4 p.26-30,1979. 2) 水山高久ら：砂防ダムの災害実態調査(2) ,土木研究所資料第 2491 号,1987. 3) 藤田正治ら：既設砂防堰堤の損傷事例に関する実態調査,平成 30 年度砂防学会研究発表会概要集,p.225-226,2018. 4) 国土交通省砂防部保全課 (2016)：砂防関係施設点検要領 (案)