

砂防堰堤の副ダム下流側の石組みによる河床保護に関する実験的検討

Experimental Investigation on Riverbed Protection due to Stacked Boulders below Sub-Sabo Dam

安田陽一¹, ○菅原彩²Youichi Yasuda¹, *Aya Sugawara²

Abstract: Sabo dam has a stilling basin with sub-dam. The installation of stacked boulders with 1/10 slope was proposed below sub-dam. The flow condition was improved from a plunging flow to a surface jet flow. The maximum velocity decay is different between center part and waterside by the installation method of stacked boulders. Also, the bed velocity below stacked boulders can be reduced, comparing with the formation of plunging flow.

1. はじめに

溪流河川の防災対策として砂防堰堤において、水叩きや副ダムは、堰堤からの落下水や落下礫による堰堤下流側の洗掘、および河床低下を防止するために設置され、落下水や落下礫による衝突に対して安全な構造となるように検討がなされている^{[1],[2]}。また、河床材料や地盤、岩盤、水量などの河川の特徴、堰堤の位置や規模などを考慮して最適となる保護工を計画する必要がある。さらに、堰堤前後の両岸の崩壊防止に発揮されるとともに、落下水、落下砂礫の衝突および揚圧力に対して安全なものとなるように水叩きを設計することになっている。しかし、水叩きや副ダムまたは垂直壁などの構造物下流側の河川に接続する区間において、水流が適切に減勢できずに洗掘が生じる場合があり、河床低下につながることもある。ここでは、砂防堰堤の副堰堤下流側で河床低下が生じた場合を想定して、平水時には水生生物の移動が可能な石組み斜路^{[3],[4]}を設置したことによって河床保護としての減勢機能および石組みの安定性について実験的に検討した。

2. 副ダムの設計基準とその課題

Figure 1 に示すように砂防堰堤からの越流水が自由落下水の場合を対象とし、自由落下式と副堰堤を組み合わせた減勢工の設計基準について建設省河川砂防技術基準(案)で記載されている方法が一般に用いられている^{[1],[2]}。副堰堤の位置および高さとともに、堰堤高さ 20m 程度までを対象として算出された経験式と半理論式を用いて導出する。しかしながら、副ダム下流の対策が記載されていない。

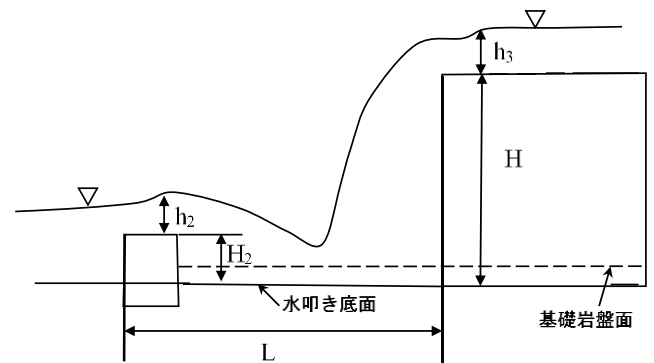


Figure 1. Definition sketch of Sabo Dam with Sub-dam

3. 実験方法

実験は長方形断面水平水路(水路幅 $B=0.80\text{m}$, 高さ 0.60m)に砂防堰堤設計基準に従い、落差模型を本堤とみなし、高さ $H=0.40\text{m}$ に対して副ダム天端高(副ダム高さ)が $H_2=0.12\text{m}$ となるような副ダム模型を設置した。ここでは、副ダム下流の基礎岩盤面を水叩き底面と同一の高さとした。設計洪水流量を $Q=0.0730\text{ m}^3/\text{s}$ とすると、越流水深は $h_3=1.5hc=0.142\text{m}$ となり、本堤から副ダムまでの長さ $L=0.955\text{m}$ と設定している。また、副ダム下流側に径が 5 cm 前後の礫で 1/10 勾配の石組み(区間 0.73m)を設置した。この場合、横断方向に放物線形状となるように組まれている。下流水位の設定は、石組み設置前の副ダム直下で潜り込み流れが形成される程度としている。実験では、河床形状、水面形、流速の測定を行った。測定器具について、水深および河床の凹凸形状の測定はポイントゲージを、流速の測定は KENEK 社製 2 次元 I 型電磁流速計(1 測点当たりの測定時間 30 sec, 採取間隔 20Hz) および KENEK 社製プロペラ式流速計(測定時間 20sec)を用いた。

4. 実験結果

流況, 水面形および底面形状を **Photo 1, Figure 2** に示す。**Photo 1** に示されるように, 設計流量の場合, 副ダムを越える越流水脈が乱れ, 石組み上で流れが整い, 石組み下流側で射流から常流へ遷移する。この場合, 主流は水面に沿った流れが形成されている。副ダム下流端で高速流が衝突し, **Figure 2** に示されるように, 水面が上昇し, 石組みの流入部の水面勾配が大きくなることを確認した。また, 中央部では, 石組み下流側で波状水面は形成されるが, 側壁付近ではその形成は見られない。水路中央部および水路左岸側の側壁における最大減衰状況, 水路中央部および水路左岸側における底面付近の減衰状況を **Figure 3, Figure 3** に示す。図中緑色で示したデータは石組み前の潜り込み流れが形成された状態を示す。**Figure 3** に示されるように, 水路中央部に流れが寄せられているため, 最大流速が大きくなっている。また, 石組み下流端で流速の減勢が大きい。底面付近の流速では, **Figure 4** に示されるように, 石組みを越える主流は水面に沿うため, 底面付近の流速は石組み前の状態と比べ小さいため, 河床保護につながるものと考えられる。本実験では, 石組みは空積みであるが崩壊することなく安定している。



Photo 1. Flow condition around sub-dam

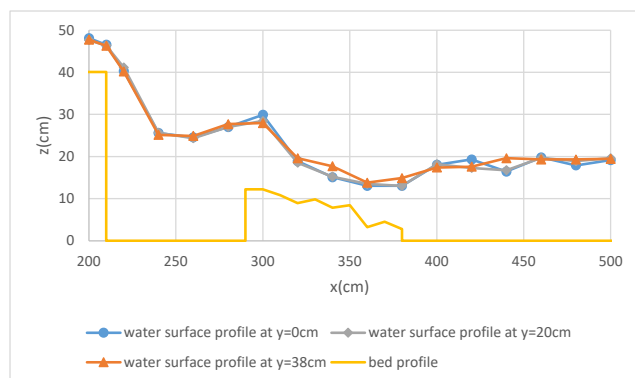


Figure 2. Water surface and bed profiles

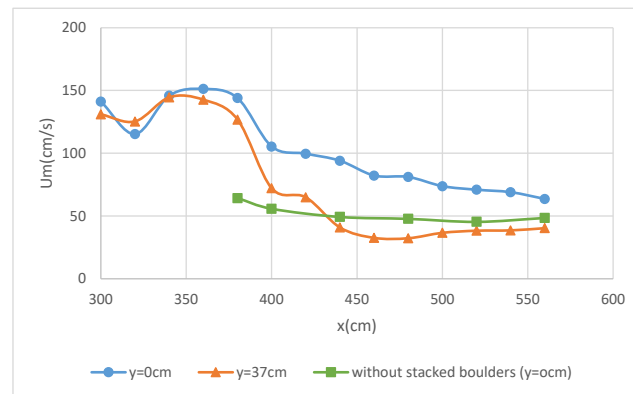


Figure 3. Maximum velocity decay

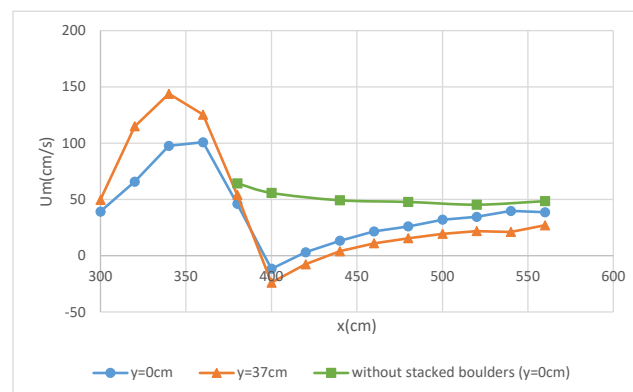


Figure 4. Velocity decay near bed bottom

5. まとめ

砂防堰堤の副ダムに石組み斜路を設置することを提案した。設計流量を対象に流況, 水面形, 流速場を検討した結果, 本堤と副ダムの設置条件は砂防堰堤設計基準を満たしたうえで, 副ダム下流に石組みを設置したことで河床保護することが可能であることを示した。石組みを設置していない場合と比べ, 底面流速が小さくなり, 主流を中央部水面に沿って形成させることが可能になった。今後, 複数のスリットを有する堰堤を対象に検討していきたい。

6. 参考文献

- [1] 建設省河川局監修:改訂新版建設省河川砂防技術基準(案)同解説・設計編Ⅱ, 山海堂, 1997
- [2] 森田茂, 矢部浩規, 安田陽一:副堤の設置による堰堤直下流の水力特性, 寒地土木研究所月報 No702, 2011
- [3] 安田陽一, 菅原彩:砂防堰堤の副堰堤下流側の河床保護と水生生物の連続性の両立, 令和3年度土木学会全国大会, 第76回年次学術講演会, Ⅱ-118, 2021.
- [4] 安田陽一, 増井啓登:低落差部における石組み粗礫斜路と鉛直段落の減勢工との比較. 土木学会論文集 B1(水工学), Vol76, No.2, I_955- I_960, 2020.