不透過型砂防堰堤の副堰堤下流側の石組みによる河床保護に関する実験的検討

日本大学理工学部土木工学科　正会員　安田　陽一
日本大学理工学部土木工学科　学生会員　○菅原　彩

1. はじめに

砂防堰堤は，土砂生産が多い箇所や土石流が発生する場所に造られ，本堰堤と副堰堤とその間の減勢池によって構成されている．また，砂防堰堤の付属物である水叩きや副堰堤は，堰堤からの落下水や落下砂礫によって基礎となる地盤の洗掘，及び下流の河床低下を防止する効果があり，落下水や落下砂礫による衝突に対して安全な構造となるように設計がされている．そのため，河床材料や地盤，岩盤，水理量などの河川の特性，堰堤の位置や規模などの対象としているものを考慮して最適となる保護工を計画する必要がある[1), 2)]．しかし，水叩きや副堰堤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がある．これは，砂防事業の発達により，砂防堰堤の数が増加したことでこれまでのような副堰堤の下流側で局所洗堀が生じた場合に上流側からの十分に埋め戻しできる量の土砂が減少したため，顕著になってきた問題と考えられる．河床低下によって，構造物の安定性や水生生物の遡上環境が担保されないことが問題となったため，河床低下対策が必要になってきた背景がある．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粗礫斜路[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．

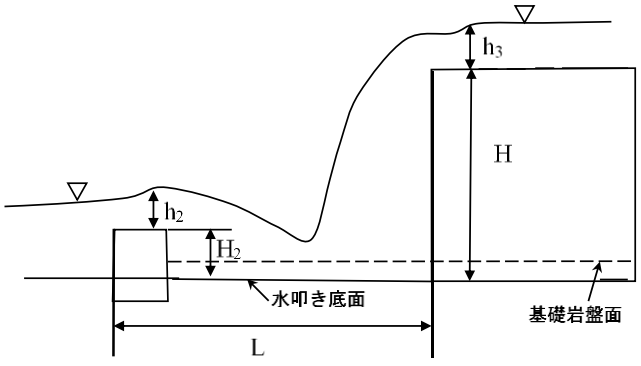

図１ 砂防堰堤と副堰堤との位置関係の概要図

2. 実験方法

実験は長方形断面水平水路（水路幅 B=0.80m，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=0.40m に対して副堰堤天端高（副堰堤高さ）が H_2=0.12m となるような副堰堤模型を設置した．砂防堰堤と副堰堤の位置関係の概略図を**図１に**示す．ここでは，副堰堤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 m³/s とすると，越流水深は h_3=1.5hc=0.142m となり，本堰堤から副堰堤までの長さ L=0.955m と設定している．また，副堰堤下流側に径が 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，石組み設置前の副堰堤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，設計流量を流したときの河床形状，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．

3. 実験結果

流況，水面形および底面形状を**写真１**と**図２**に示す．**写真１**に示されるように，設計流量を流したときの副堰堤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．これは，石組みの形状抵抗により主流は水面に沿った流れが形成されたものと考えられる．**図２**に示されるように，副堰堤下流端で高速流が衝突し，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がわかる．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様子も確認した．また，水路中央部では，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．これは，粗礫斜路の横断方向の放物線形状によって流れが水路中央部に集められているためである．すなわち，側岸浸食対策として有効

キーワード　石組み，粗礫斜路，砂防堰堤，河床保護，洪水対策
連絡先　〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14　TEL：03-3259-0409　E-mail：yasuda.youichi@nihon-u.ac.jp

な手段である．水路中央部および水路左岸側の側壁における最大流速の減衰状況，水路中央部および水路左岸側における底面付近の流速の流下方向の変化を**図３**と**図４**に示す．図中緑色で示したデータは粗礫斜路が設置されていない場合（潜り込み流れ）の状態を示す．なお，下流水深を同一にして比較している．**図３**に示されるように，側壁付近よりも中央部の方が大きいことがわかる．これは，水路中央部に流れが寄せられているため，最大流速が中央部の方が大きくなっていることがわかる．また，石組み下流端で流速の減勢が他のところに比べて大きいことが下流側の流速に影響し流速を抑えられているといえる．石組みを越える流れの主流は，粗礫斜路の形状抵抗によって水面に沿うため，**図４**に示されるように，底面付近の流速は粗礫斜路を設置する前の状態と比べ小さくなる．すなわち，石組みによって底面および側壁付近の流速が低減されていることから，河床・河岸保護につながるものと考えられる．

4. まとめ

砂防堰堤の副堰堤下流側に石組み粗礫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，石組みの形状抵抗によって水面に沿うことが可能であると示された．また，粗礫斜路を設置していない場合と比べ，底面付近の流速が小さくなり，放物線形状の石組みにより主流を中央部に集めることができる．すなわち，本堰堤と副堰堤の設置条件が建設省河川砂防技術基準（案）を満足した上で副堰堤下流側に石組みを設置することは河床・河岸保護に効果的であることを示した．

5. 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理特性，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.

写真１ 副堰堤を越える流れの流況

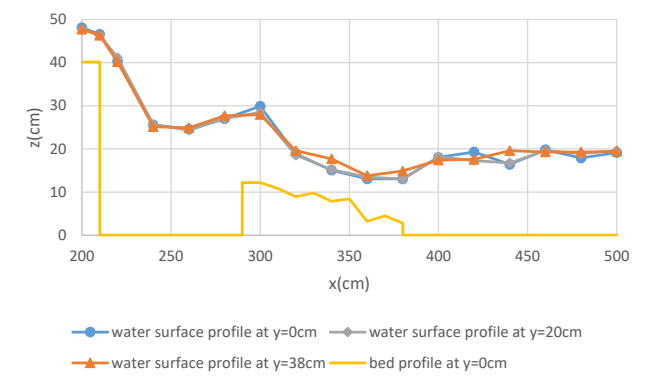

図２ 水面形および底面形状

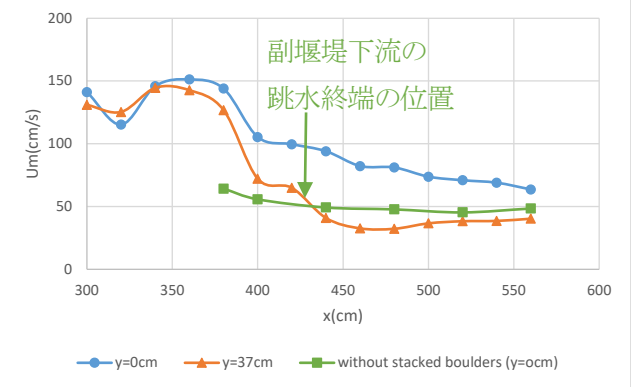

図３ 最大流速の減衰状態

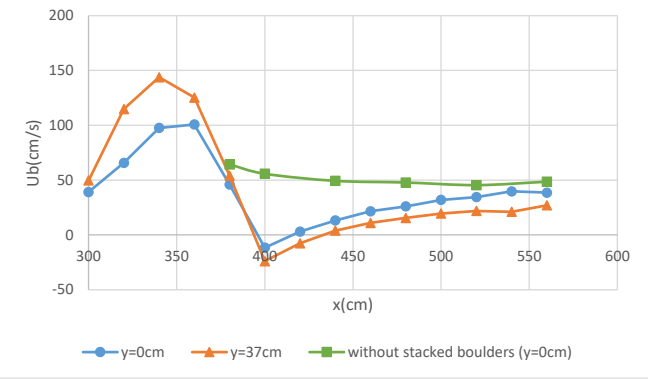

図４ 底面付近の流速の流下方向の変化