

スリット堰堤副ダム下流側の石組みによる河床保護について

日本大学理工学部土木工学科 ○安田陽一

1. はじめに

砂防堰堤は洪水の際の不安定土砂の移動を抑制し、河道の安定または山脚の固定を図ることを目的として設置される構造物である¹⁾。砂防堰堤整備が進む一方、砂防副堰堤下流側でコンクリート護床工が整備されても河床洗堀が顕著にみられている。河床洗堀は土砂生産の減少に加え、砂防堰堤の落差により勢いを増した流れが砂防副堰堤を乗り越えた後、主流が底面付近に位置することが原因として挙げられる。この課題に対し、本研究室では、砂防副堰堤下流側に石組みによる粗礫斜路と護床工区間に石組みを設置することで主流を上昇させて河床保護できることを示した²⁾。ただし、スリット型砂防堰堤においてはスリットによって流れが中央に集中しているため、護床工区間下流側では主流の上昇が水面近くまでにならなかった^{2),3)}。

ここでは、スリット堰堤を対象に、石組みによる粗礫斜路下流の護床工区間の石組み設置形状をすり鉢状にすることによって、主流の上昇を促進し河床保護につながることを目的として実験的に検討した。

2. 実験方法および実験条件

実験は、水路幅 $B = 0.80$ m、高さ 0.60 m、長さ 17 m を有する長方形断面水平水路を用い、実験模型の設置状態を写真 1 に示す。水路上流にあるスルースゲートを基準とし、縮尺を $1/10$ とし、本堤高さ $H_1 = 0.40$ m に対して副堰堤天端高（副堰堤高さ）が $H_2 = 0.12$ m となるような副堰堤模型を設置した。減勢池と副堰堤の合計長さ $L_1 = 0.80$ m とし、平均サイズ 0.12 m の礫を用い、 $L_2 = 0.80$ m (295~375 cm) の区間で $1/10$ 勾配で石組みの斜路を設置し、その下に平均サイズ 0.016 m の碎石を敷いた。護床工区間は $L_3 = 0.50$ m (375~425 cm) とし、平均サイズ 0.12 m の礫を用い、縦横断的にすり鉢状の石組みをした。写真 1 に示すように、河床再現区間では平均サイズ 0.016 m の碎石を厚さ 0.030 m、長さ $L_4 = 1.8$ m (425~605 cm) 設置した。模型規模を考慮したうえで洪水時を想定した模型流量 $Q = 0.0775 \text{ m}^3/\text{s}$ として水面形、河床形状、流速の測定を行った。測定方法について、水面形および河床形状はポイントゲージを、流速は KENEK 社製の I 型プローブを有する 2 次元電磁流速計（測定時間 30 sec 、測定間隔 0.05 sec ）および

KENEK 社製のプロペラ式流速計（測定時間 20 sec ）を用いた。水路中央を原点として、横断方向に $y = 0, 20, 30, 37 \text{ cm}$ で行い、特に $y = 0, 25 \text{ cm}$ では粗礫斜路内の伏流を測るためにコイル（電磁場に干渉しないよう表面にマニキュアを塗布）を設置し、プローブを挿入して測定した。

3. 流況

堰堤下流の流況および石組み周辺の流況を写真 2 に示す。写真 2(a) に示されるように、スリット型砂防堰堤ではスリット化した本堤からの流れは減勢池で多くの空気を混入しつつ、跳수가形成されていた。減勢池では流速は十分に減勢されておらず、勢いのある流れが副堰堤に衝突し、沸き上がる流れが形成される。その影響で両側の湧き上がりが大きく、副ダム下流の流れは 3 次元性の高い射流の流れとなる。石組み設置形状をすり鉢状にし、その下流側に碎石を設置したことから、写真 2(b) に示されるように、主流が速やかに水面に向かって上昇する。実験開始から終了までの約 70 時間の通水では碎石の移動は見られなかった。写真 2(c) に示されるように、石組み周辺の流れに着目すると、石組みは千鳥に配置され、礫間の流れが制御されるため、気泡がほとんど、礫間の下部まで侵入しない。



写真 1 堰堤模型下流側の設置状態



(a)

写真 2 堰堤下流および石組み周辺の流況



(b)



(c)

写真2 堰堤下流および石組み周辺の流況（続き）

5. 堰堤下流の流速

粗礫斜路下流側の底面近くの時間平均流速の流下方向の変化を図1に示す。図に示されるように、遷移区間内では、特に中央部の流速が 50 cm/s 以上となる場合があるが河床再現区間では流速が 40 cm/s 以下まで減勢される。また、粗礫斜路では主流は水面に沿った流況となるため、図2に示されるように、各測定断面で評価した最大流速の位置は底面から離れたところにある。また、流速分布から礫間を伏流する流れによって底面近傍の流速が制御されている（図3）。底面付近の乱れ強さ（ここでは標準偏差）については、図4で示されるように、横断方向の位置による差は小さく、遷移区間下流側では乱れ強さ（標準偏差）は 10 cm/s 程度まで小さくなる。

6. まとめ

副堰堤下流側に石組み粗礫斜路をすり鉢状に設置しさらに遷移区間を設けた場合の河床再現区間に与える影響について実験規模で行った結果、主流が副堰堤に衝突したことにより生じた沸き上がりの影響が石組みによって緩和され、護床工区間で石組みによって主流が上昇しやすくなることを示した。また、護床工下流側では主流が水面に沿うことによって底面付近の流速と乱れについても小さくなる。石組み区間では横断方向にすり鉢状に配置していることから、側壁付近の流れは中央部に比べて減勢される。副ダム下流側では碎石で石組みの土台を構成し、河床再現区間で碎石を設

置ることによって、伏流の流れが底面近傍の流速が制御され河床保護が可能であることを示した。

7. 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) Yasuda, Y. and Fuchino, N., Stability of Consecutive Stacked Boulders behind Check Dams during Flood Stages, River flow 2022, IAHR, Kingstone and Ottawa, Canada, C2, 2022.11.8-10.
- 3) Yasuda, Y. and Wang, J., Countermeasure of Protection Against Local Scouring Downstream of Concrete Check Dams, Journal of Environmental Science Studies; Vol. 7, No. 1, pp. 10-20, 2024.

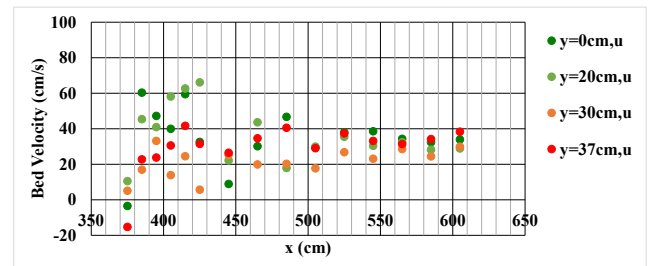


図1 底面付近の時間平均流速の流下方向変化

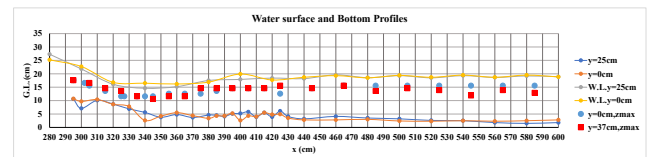


図2 最大流速が生じる位置の流下方向変化

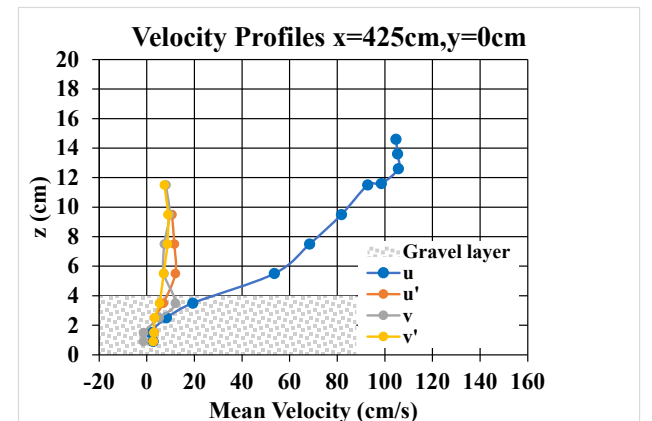
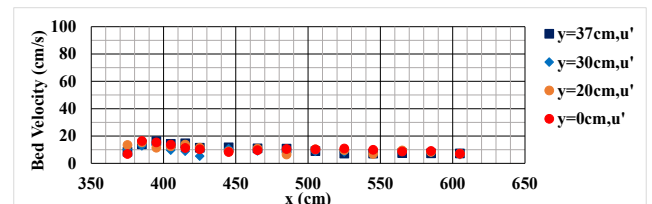


図3 遷移区間下流端近くの流速分布

図4 底面付近の標準偏差 u_b' の流下方向変化