

砂防ダムの副ダム下流側の石組み斜路の流速場に関する検討

Investigation on velocity fields on the ramp with assembled boulders downstream of sub-dam in check dams

日本大学理工学部土木工学科

正会員 安田 陽一

日本大学大学院理工学研究科土木工学専攻

学生会員 渕野 希

日本大学大学院理工学研究科土木工学専攻

学生会員 ○王 茄宇

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¹⁾。また、砂防堰堤の付帯構造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。また、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。河床低下を改善するために使っている砂防堰堤の種類はお主に不透過型堰堤と透過型砂防堰堤である。不透過型砂防堰堤は不安定土砂の移動を抑制して、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。一方、通常の土砂供給を許容するために、スリット化が行われている。透過型（以下、スリット砂防堰堤と呼ぶ）には、コンクリート製のスリットおよび鋼管の格子状構造物を設けたものがある。特に、コンクリート製のスリットでは流れが中央に集中し、副堰堤の下流側での河床低下が発生している。本研究では、不透過性堰堤を対象に副ダム下流側に石組み斜路を設置することを提案し、水面形および流速場を実験的に明らかにした^{2),3)}。ここでは、スリット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によって河床保護が期待できることを想定し、減勢機能および石組みの安定性について、不透過型砂防堰堤とスリット砂防堰堤の両者の比較検討を行った。

2. 実験概要

実験は長方形断面水平水路（水路長 $\ell=17.0\text{m}$ 、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 $H_1=0.40\text{m}$ に対して副堰堤天端高（副堰堤高さ）が $H_2=0.12\text{m}$ となるような副堰堤模型を設置した。模型の設置状態を写真1に示す。なお、スリット砂防堰堤についても同じ設計条件としている。模型規模を考慮し、本体と副堰堤の寸法より、設計洪水流量を $Q=0.0755\text{ m}^3/\text{s}$ と設定している。なお、本堰堤から副堰堤までの長さ $L=0.940\text{ m}$ と設定している。また、副堰堤下流側に平均粒径が 6 cm 前後の礫で $1/10$ 勾配の石組み（区間 0.91 m ）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。斜路下流側に設置した石組み護床区間では、粗礫斜路と同じ礫を使用し、 0.50 m の長さに設定した。護床工の下流側では、平均直径 0.016 m の碎石を厚さ 0.03 m 、長さ 1.78 m に設置し、河床再現区間とした。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 20 Hz ）および KENEK 社製プロペラ式流速計（測定時間 20 sec ）を用いた。



写真1 堰堤模型下流側の設置状態

キーワード: 石組み斜路, 流速場, 河床保護, 不透過性堰堤, スリット堰堤

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

3. 実験結果

スリット堰堤と不透過型砂防堰堤の流況を写真 2 と写真 3 に示す。堰堤からの流れは両者とも減勢池で多量の空気混入を伴う跳水が形成される。また、減勢池内で主流の流速が十分に減勢されていないため、副堰堤から沸き上がる流れとなる。特に、スリット堰堤の場合、主流が中央に集中するため、両側壁と副堰堤との隅角部で流れが中央に向う沸き上がりが大きくなる。実験開始から終了までの間（計 50 時間通水後）、石組みの安定性が認められ、粗礫斜路からの主流の流れが水面に向かう傾向なることから河床再現区間の河床洗堀は見られなかった。最大流速の減衰状態を図 1 に示す。図に示されるように、石組みによる粗礫斜路および護床区間を通過することによって、主流の流速が減勢される。なお、スリット堰堤の場合の方が、主流の流速が減勢し始めたのが遅れている。これは、スリットからの流出することによって、主流が中央に集まっているためである。中央と側壁付近の流速を比較すると、不透過型堰堤もスリット堰堤の場合でも、側壁付近の最大流速は小さくなる。これは石組みが横断方向にすり鉢状に設置していることによるものと考えられる。底面付近の流速 u_b については、図 2 に示されるように、スリット堰堤の場合、スリット堰堤からの流れが中央に集まることから、不透過型堰堤より大きくなる。また、底面付近の乱れ（ここでは標準偏差） u_b' について、図 3 で示されるように、どちらの場合も u_b' は小さく掃流される要因につながらない。

4. まとめ

副堰堤下流側に石組み粗礫斜路を設置した場合の減勢機能および石組みの安定性について不透過型砂防堰堤とスリット砂防堰堤の両者について比較検討を実験模型規模で行った結果、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、不透過型砂防堰堤とスリット堰堤のどちらの場合も石組みによる護床工区間でどちらも減勢されることを示した。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。巨礫石組みを粗礫斜路および護床工区間に設置したことによって河床再現区間の河床保護が可能であることを示した。

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] 安田陽一，菅原彩，不透過型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，第 50 回関東支部技術研究発表会，土木学会，II-13，2022.3.8.
- [3] Yasuda, Y. and Fuchino, N., Stability of Consecutive Stacked Boulders behind Check Dams during Flood Stages, River Flow 2022, IAHR, Kingston and Ottawa, Canada, C2, 2022.11.8-10.

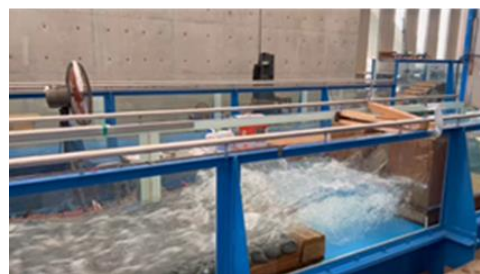


写真 2 スリット堰堤からの流況

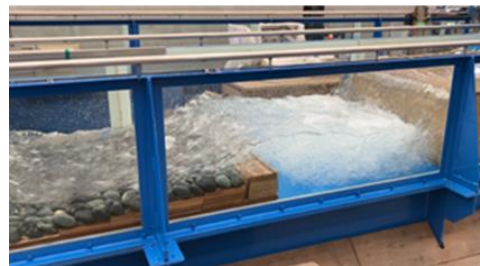


写真 3 不透過型堰堤からの流況

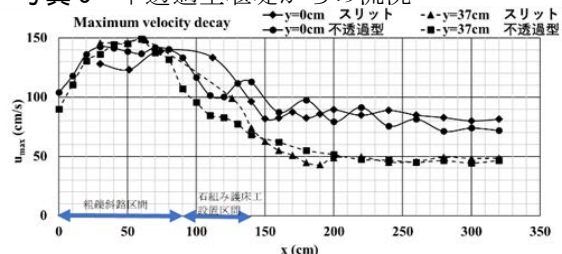


図 1 最大流速 u_{max} の減衰状況

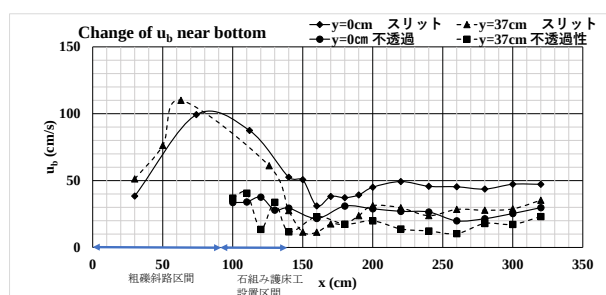


図 2 底面付近の時間平均流速 u_b の流下方向変化

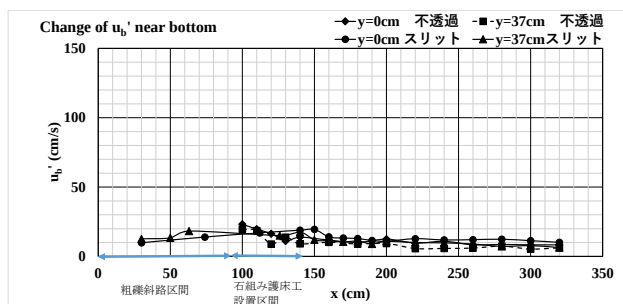


図 3 底面付近の標準偏差 u_b' の流下方向変化