

低落差部直下の1/8.5勾配の粗礫斜路下流側での洪水流の特徴

Characteristics of flood flow downstream of assembled boulders with 1/8.5 slope below low drop structures

安田陽一¹, ○渕野希²

Youichi Yasuda¹, *Nozomi Fuchino²

Abstract: In this study, consecutively assembled boulders with a 1/8.5 slope were installed in a low drop structure, and an experimental investigation was conducted to clarify the characteristics of flood flow. The results showed that the main flow was located near the water surface downstream of the assembled boulders, and that a reverse flow was formed just below the assembled boulders near the bottom. The velocity at the bottom was smaller than that of the jump, and although the main flow was located near the water surface, the maximum velocity near the sidewalls decayed as in the case of the hydraulic jump.

1. はじめに

河川には、洪水調整や安定した水利用、河床勾配の安定化を目的として、利水堰や床固工などの低落差構造物が設置されている。このような河川横断構造物では、対象とする河川に生息している水生生物の移動環境を確保することを目的として魚道が設置される。魚道下流側で河床洗掘が生じると、魚道下流端における落差が大きくなり、生物の遡上^[1]や構造物の安定性に影響を及ぼす。このことから、魚道では、魚道内で水生生物の移動環境が確保されることだけでなく、魚道下流側における河床洗掘を防止することも重要な点であると考えられている。本研究室では、近年、落差部から越流した流れが射流から常流へ遷移する区間で、礫の凹凸形状を利用した石組み粗礫斜路を落差部下流側に設置する減勢方法を提案^[2]しており、粗礫斜路は平水時に様々な水生生物の遡上が可能で構造であることが示されている^[3]。

ここでは、低落差構造物を対象として、落差下流側に縦断方向に1/8.5勾配を有した石組み粗礫斜路を設置したことによる、洪水時の河床および側岸に与える影響について実験的に検討を行った。

2. 実験方法

実験は矩形断面水平水路(幅0.8m, 高さ0.6m, 長さ15m)を使用し、1/10縮尺のフルードの相似則に基づいて、Table 1に示す実験条件のもとで行った。下流水深 hd は斜路からの流れが水面に沿うための、斜路下流端の基盤を基準とした最小下流水深を示す。実験水路内に、相対落差 $H/dc=1.12$ (H : 落差高さ, dc : 限界水深)の落差模型と、縦横断方向に段差を有した基盤模型を設置し、各ブロック下流端にはL型アングルの金具を設置した。基盤模型の上に模型規模で0.10m~0.15mの玉石と碎石を用いて空積みの状態で石組みをして実験を行った(Photol)。縦横断方向に段差を有した模型を

設置することによって、粗礫斜路に一樣な勾配を設けることが容易になる。本実験では、縦断勾配が1/8.5、横断勾配が1/11となるように設定した。階段状模型とL型アングルの金具によって、ブロックごとに石を組むことが可能となるため、粗礫斜路全体の礫の安定性を確保することや礫が流出した際の補修が容易な構造となる。水面形および河床の凹凸形状の測定には、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30sec, 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。Xは粗礫斜路下流端を起点とした水平方向の座標, yは水路中央に原点をとり、左岸側を正とした横断方向の座標, zは模型を水路内に設置するために水路と一体化させた耐水性合板上面を基準とした鉛直方向の座標である。



Photo 1 Installation of assembled boulders

Table 1. Experimental condition

原型換算流量 Q_p (m^3/s)	限界水深 dc_p (m)	限界流速 Vc_p (m/s)	下流水深 hd_p (m)	断面平均流速 Vd_p (m)
38.30	1.33	3.61	2.51	1.91

3. 底面付近の流速 u_b の流下方向変化

Figure1に粗礫斜路下流側における底面付近の流速の流下方向変化を示す。Figure1に示されるように、粗礫斜路直下流側では、逆流が形成され、流下するにつ

1: 日大理工・教員・土木 2: 日大理工・院(前)・土木

れて加速し、断面平均流速 V_d に近づく。側壁に近づくにつれて逆流の影響が大きくなり、 $y/(B/2) = -0.875$ では、 $u_b/V_c = -0.370$ が測定された。 $y/(B/2) = 0.875$ でも同様の傾向が測定された。このことから、斜路下流端における段差が大きいほど逆流の影響が大きくなると考えられる。そのため、斜路と河川の接続部において、粗礫斜路と河床が滑らかに接続されることで、河床付近の流速を抑え、逆流を軽減することから、河床保護に有効であると考えられる。

4. 最大流速 u_{max} の減衰状況

Figure2 に斜路下流側における最大流速の減衰状況を示す。斜路下流端から流下するにつれて減衰する傾向を示している。ここで、粗礫斜路上で石組みによる形状抵抗の影響を受けることによって、斜路下流側では主流は常に水面付近に位置する。 $y/(B/2) = -0.875$ では、 $0.0 < X/dc < 10.1$ の範囲で大きく減衰し、 $X/dc = 10.1$ より下流側では断面平均流速 V_d 程度となる。水路中央部と比較して側壁付近の流速が抑えられていることから、粗礫斜路の横断勾配が $1/11$ となるように石組みしたことによって、側岸浸食対策として有効であると推論される。

5. 減衰に要する水平距離の比較

既往研究^[4]では、低落差下流部で形成される跳水部において、跳水始端を基準とした u_{max} の減衰に要する水平距離は、本実験と同程度の相対落差 $H/dc = 1.20$ のとき $L_j/dc = 10$ と定めている。Figure1 と Figure2 より、水路中央部における u_b と u_{max} に着目すると、 $X/dc = 17.6$ より下流側で流下方向の変化が小さくなり減衰が完了したと考えられ、落差下流部で跳水を形成させた場合と比較して長い水平区間を要する可能性が示された。また、側壁付近における u_{max} に着目すると、 $X/dc = 10.1$ の位置で減衰が完了したと考えられ、落差下流部で跳水を形成させた場合と同程度の水平区間で減衰が完了する可能性が示された。

6. まとめ

低落差構造物を対象に、縦断方向に $1/8.5$ 勾配を有した石組み粗礫斜路を落差部に設置したことによる洪水時の影響について、実験的検討を行った。その結果、粗礫斜路の形状抵抗によって、主流は水面付近に位置し、斜路下流側では減衰傾向を示しているが、斜路下流端の礫からの落差の影響を受け、斜路直下流部で逆流が形成されることが示された。また、粗礫斜路に横断勾配を設けることによって、側岸浸食対策として有効である。跳水による減衰長と比較して、主流の位置は水面近くにあるものの水路中央部における最大流速

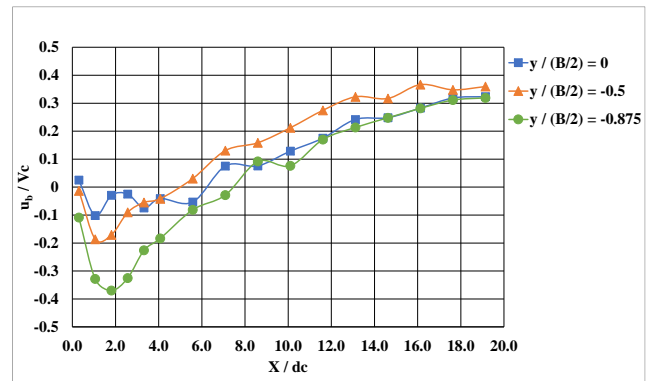


Figure 1. Streamwise change of the velocity near the bed.

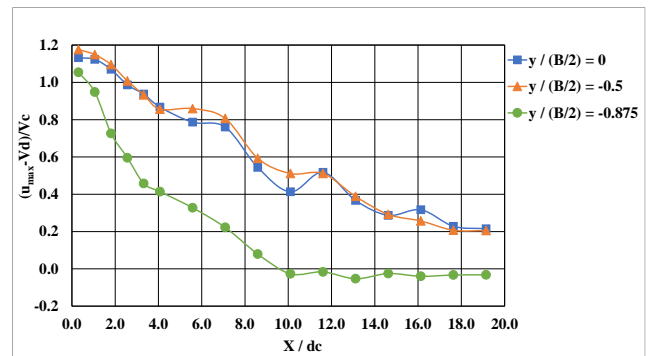


Figure 2. Maximum velocity decay downstream of the consecutive assembled boulders.

と底面付近の流速は減衰が完了するまでに長い区間を要し、側壁付近の最大流速は、跳水と同程度の水平区間で減衰が完了する可能性が示された。今後としては、斜路下流側に設置する石組み護床工の設置範囲について検討を進める必要がある。

7. 参考文献

- [1] 浦勝, 山口秀和, 鬼束幸樹, 秋山壽一郎: 「水位落差の大きな魚道の流況改善について」, 水工学論文集, Vol.47, pp.769-774, 2003
- [2] 安田陽一, 増井啓登: 「低段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), Vol.76, No.2, pp.559-564, 2019.
- [3] Youichi Yasuda, Nozomi Fuchino: "The Efficacy of Artificially Assembled Boulder Installations in Improving Migration Routes for Aquatic Animals", River Basin Management - Under a Changing Climate, 2022.
- [4] 安田陽一, 篠崎遼太: 「落差直下流部に形成される跳水内部の流速特性に対する落差形状の影響」, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.74, No.5, pp.727-732, 2018.