

低落差構造物に接続する粗礫斜路における平水時の水理環境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 ○ 瀧野 希

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。魚道では、様々な魚種の移動環境が確保され、様々な流量変化に対応でき、魚道からの流れを水生生物が感知しやすくなることが重要である。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方法を提案している^{1),2)}。本研究では、低落差構造物を対象に、平水時の流量規模を想定して、落差下流側に設置する粗礫斜路式魚道の勾配を25分の1³⁾、12.5分の1、8.5分の1と変化させ、縦断勾配の違いによる遡上経路および呼び水効果について比較検討を行った。

2. 実験方法

実験は2つの矩形断面水平水路（幅 $B=0.8\text{m}$ 、高さ 0.6m 、長さ 15m ）（幅 $B=0.4\text{m}$ 、高さ 0.6m 、長さ 16m ）を使用し、粗礫斜路の縦断勾配が25分の1（片側斜路）、12.5分の1（左右対称の斜路）、8.5分の1（片側斜路）の3ケースについて10分の1縮尺のフルードの相似則に基づき、表1に示す実験条件のもとで行った。ここで、各記号の右下の添え字 p は原型（proto type）規模を示す。縦横断方向に階段状にした模型を設置し、各ブロック下流端にはL型アングルの金具を設置した（写真1）。石組みの礫は、模型規模で長辺 0.06m 前後、短辺 0.05m 前後、高さ 0.03m 前後である。ブロックごとに石を組むことで、石の安定性の確保が容易な構造である。横断方向に勾配を設け、石組みの仕方を工夫することで、流量変化に対応して冠水幅が変化し、斜路上では水際の流れを水生生物が移動環境として利用でき、斜路下流側では呼び水効果が得られるような構造となっている（写真2）。本研究では、流速場を把握するために、各測定断面の流下方向の流速 u を KENEK 社製のプ

ロペラ式流速計（測定時間 20s ）を使用して計測した。 x は斜路上流端を起点とした水平方向の距離を示し、 y は右側壁に原点をとり、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。



写真1 実験模型



写真2 粗礫斜路上の流況 (Case2)

表1 実験条件

斜路勾配	Case	B, h_d (m)	原型換算流量(想定幅 $B_p=4\text{m}$) $Q_p(\text{m}^3/\text{s})$
1/25	1	0.40, 0.035	0.451
	4	0.40, 0.057	0.986
	2	0.40, 0.070	1.88
	3	0.40, 0.087	3.25
1/12.5	1	0.80, 0.079	1.10
	2	0.80, 0.089	1.76
	3	0.80, 0.098	2.66
1/8.5	1	0.40, 0.075	1.10
	2	0.40, 0.088	2.00
	3	0.40, 0.097	3.00

h_d : 魚道からの流れが沿うための斜路下流側の最小下流水深（粗礫斜路下流端の基盤を基準とする）

3. 粗礫斜路上の横断方向の流速分布

各勾配において想定した平水時の流量 (Case2) の

キーワード 粗礫斜路, 平水時, 遡上経路, 呼び水効果, 減衰状況

連絡先 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14 TEL.03-3529-0409 E-mail : yasuda.youichi@nihon-u.ac.jp

斜路上流付近, 中間付近, 下流付近における横断方向の流速分布を図 1~図 3 に示す. 図中の L はそれぞれの斜路流下方向の長さを示す. 図に示されるように, 右岸側 (水際) の流速は, 左岸側や水路中央部に比べて小さくなっており, 右岸側を中心に幅広い流速が存在している. このことから, 横断方向に勾配を設けたことによって, 様々な水生生物の移動環境が右岸側を中心に形成されていると推論される. また, 斜路を流下することによる加速の影響を受けるため, 斜路勾配が大きくなるにつれて, 遡上経路になり得る流速を有する範囲は小さくなっている. 斜路上流部では, 流れを右岸側から寄せてくる途中であるため, 遡上経路になり得る y_p においても, 流速が大きくなっている. しかし, 礫間における流速は, 礫上における流速に比べて小さくなることから, 礫間の流れを利用して, 遡上が可能になるものと考えられる.

4. 斜路下流側の最大流速の減衰状況

図 1~3 と同じ流量での斜路下流側における最大流速の減衰状況を図 4 に示す. 図中の X_p は斜路下流端からの原型換算した距離を示す. 図に示されるように, 斜路上で流れが横断方向に偏向しているため, どの勾配においても斜路下流端から原型換算して約 20m 付近の最大流速が概ね 1.0m/s 以上を示し, 水際に比べて大きい値を示す. このことから, 横断方向に勾配を設けたことによって, 粗礫斜路上で流れが偏り, 斜路の形状抵抗によって, 水面付近に上昇させた主流の影響が, 斜路下流側まで続き, 呼び水効果が大きく, 迷入防止対策として効果的であると推論される. 12.5 分の 1 勾配の粗礫斜路においては, 中央に向かって偏向した流れの影響によって, 呼び水効果が増大したものと考えられる.

5. まとめ

低落差構造物を対象に, 平水時の流量規模を想定して, 斜路勾配が 25 分の 1, 12.5 分の 1, 8.5 分の 1 における遡上経路及び呼び水効果について比較検討を行った. その結果, 斜路上の水際の流れは, 縦断勾配によって遡上経路の範囲に違いが見られたが, どの勾配においても水生生物の遡上経路が確保されることを示した. また, 斜路の形状抵抗によって, 水面付近に上昇させた主流の影響が, 斜路下流側遠方まで続き, 呼び水効果が得られることを示した. 今後

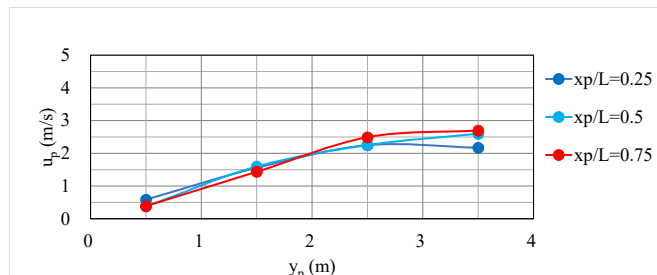


図 1 横断方向の流速 (25 分の 1 勾配³⁾)

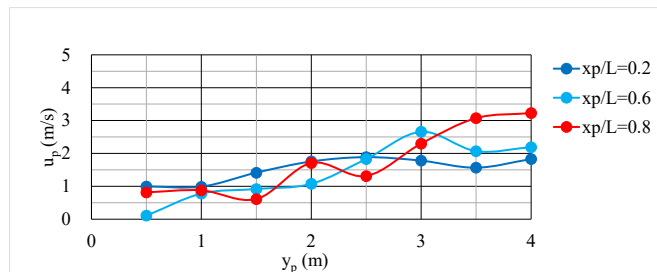


図 2 横断方向の流速 (12.5 分の 1 勾配)

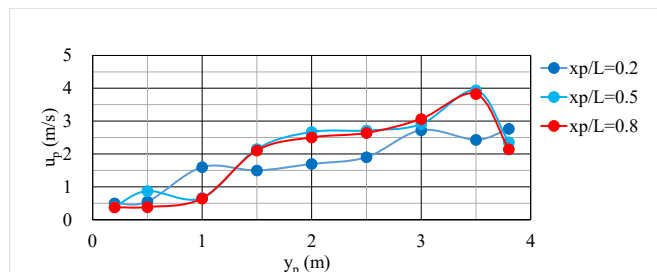


図 3 横断方向の流速 (8.5 分の 1 勾配)

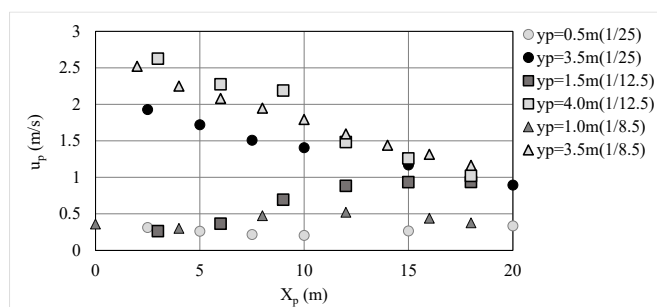


図 4 斜路下流側の最大流速の減衰状況 (Case2)

は, 横断方向の勾配の妥当性について検討を進める必要があると考える.

参考文献

- 1) 安田陽一, 増井啓登: 低落差部に設置する大粗度斜路式減勢工の提案, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 75, No. 2, pp. 559 – 564, 2019.
- 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, I_955-I_960, 2020.
- 3) Yasuda, Y. and Fuchino, N., “Hydraulics of roughness mild slope with stacked boulders in half trapezoidal section”, MESE, Vol. 6, No. 1, pp. 207-217, 2021.