

礫が堆積した階段式魚道に対する魚道機能改善策の提案

東洋大学大学院
東洋大学理工学部
元東洋大学理工学部

学生員
正会員
非会員

○齋藤 圭汰
青木 宗之
下鳥 一樹, 井上 皓介

1. はじめに

著者らは、これまで階段式魚道内の礫堆積に着目してきている¹⁾。既往研究¹⁾では、礫堆積時に魚の遡上率が低下することが分かっている。

そこで本研究では、階段式魚道のプール内に礫が堆積している状態で、魚の遡上率を向上させる簡易的な改善策を見出すことを目的とし、水理実験および実魚を用いた挙動実験を行った。

2. 実験概要

図-1 に、本実験に用いた階段式魚道を示す。水路幅 60(cm)の矩形断面水路に、魚道幅 $B=60$ (cm)、プール長 $L=50$ (cm)、隔壁厚さ $D=10$ (cm)の全断面階段式魚道を設置した。魚道勾配は 1/12、隔壁形状は R 型とした。表-1 に、実験ケースを示す。実験流量は、 $Q=16.0$ (l/s)とした。Case1 は、プール内に粒径 15~25(mm)の礫を敷き詰めて 120 分間通水させ、礫の堆積状態を安定させた。Case2 は、Case1 の礫の堆積状態から、河床形状を滑らかにした。Case3 は、礫上に平板を設置した。

実験に用いた魚は、平均体長 $\overline{BL}=9.1$ (cm)のウグイである。1 回の実験につき 30 尾のウグイを使用し、実験ケース毎に異なる個体を使用した。実験方法は、魚止めネットを pool-2 の上下流に設置し、そこでウグイを 30 分間流水および水温に馴れさせた。その後、魚止めネットをはずし、ビデオカメラでウグイの遊泳行動を 120 分間撮影した。なお、実験水温は 14.8(°C)である。

水理実験では、水深、礫堆積厚および流速を計測した。水深、礫堆積厚の計測にはポイントゲージ、流速の計測には 3 次元電磁流速計を用いた。

3. 実験結果

図-2 に、各ケースでのウグイの遡上率 R_r および魚道最下流に存在した個体数の割合を示す。Case1 に比べて Case2 は 16.7(%), Case2 に比べて Case3 は 10.0(%)ほど遡上率 R_r が向上した。魚道最下流に存在したウグイの個体数の割合は、Case1 に比べて Case2 は 6.7(%)ほど減少し、Case2 に比べて Case3 は 13.3(%)ほど増加した。また、すべてのケースで、ウグイが遡上経路として選

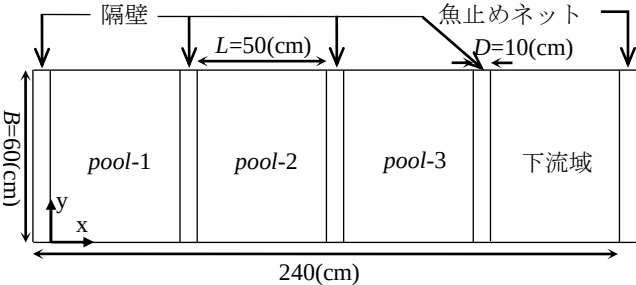


図-1 階段式魚道概略図 (a) 平面図

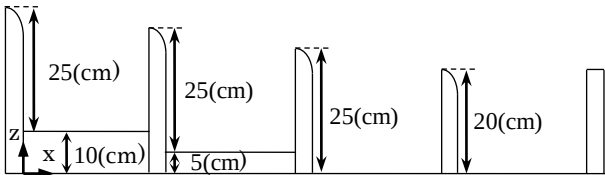


図-1 階段式魚道概略図 (b) 縦断面図

表-1 実験ケース一覧

実験ケース	流量 Q (l/s)	礫堆積
Case1	16.0	○
Case2		○ (滑らかに)
Case3		○ (平板設置)

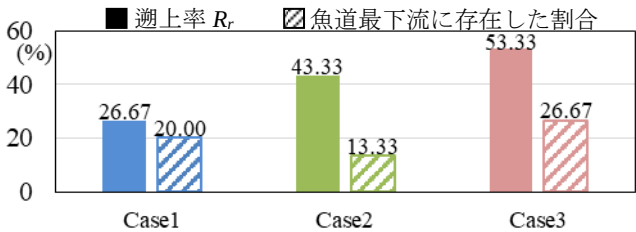
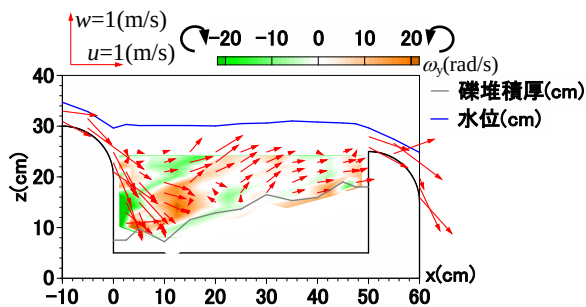
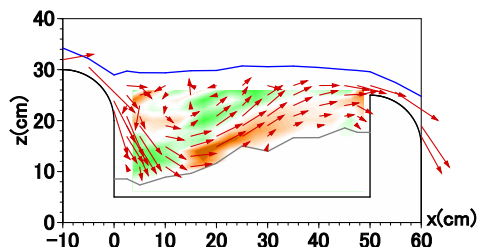
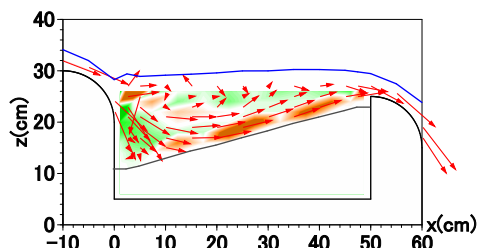
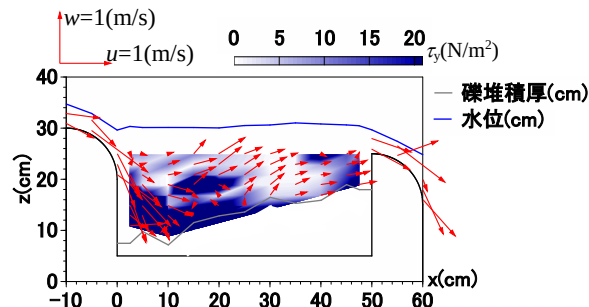
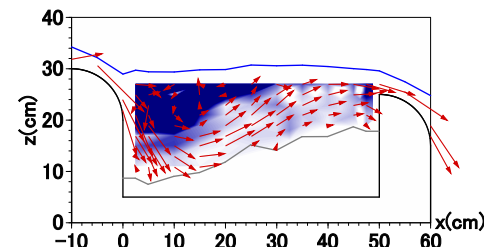
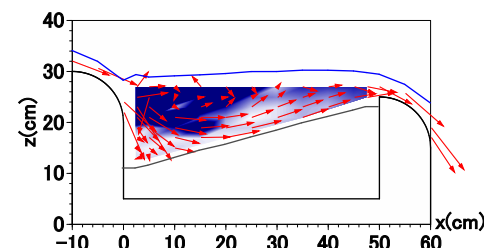


図-2 各ケースでのウグイの遡上率 R_r および魚道最下流に存在した個体数の割合

んだ箇所は、礫床または平板から 2.0(cm)付近および側壁付近 ($y=2.5, 57.5$ (cm)) であった。礫の堆積を滑らかにした Case2 と礫上に平板を設置した Case3 において、遡上率 R_r が向上した要因を考察するため、魚の遡上は主として、流速と流向に依存するため、合成流速 $V (= \sqrt{u^2 + w^2})$ と uw ベクトルに着目する。また、落下流などのプール内流況を把握するため、回転の大きさ (渦度 ω_y) に、魚は流れに乱れがある箇所を好んで留まる傾向があるため、流れの乱れの大きさ (レイノル

図-3 渦度 ω_y コンター図(a) Case1 ($y=2.5$ (cm))図-3 渦度 ω_y コンター図(b) Case2 ($y=2.5$ (cm))図-3 渦度 ω_y コンター図(c) Case3 ($y=2.5$ (cm))図-4 レイノルズ応力 τ_y コンター図(a) Case1 ($y=2.5$ (cm))図-4 レイノルズ応力 τ_y コンター図(b) Case2 ($y=2.5$ (cm))図-4 レイノルズ応力 τ_y コンター図(c) Case3 ($y=2.5$ (cm))

ズ応力 τ_y)に、それぞれ着目した。

図-3に各ケースにおける uw ベクトル図および渦度 ω_y コンター図、図-4に各ケースにおける uw ベクトル図およびレイノルズ応力 τ_y コンター図を示す。なお、図-3および図-4はそれぞれ $y=2.5$ (cm)の箇所である。Case1におけるウグイの遡上経路での流速 V は、 $1\sim4\overline{BL}$ (cm/s)であった。しかし、渦度 ω_y に着目すると、 $0.2\sim26.7$ (rad/s)の大きさで時計回りと反時計回りの回転が混在しており、流れの乱れの大きさも $\tau_y=20.0$ (N/m²)であった。礫床付近の流速 V がウグイにとって長時間遊泳可能な流速であり、流れの乱れが大きかったことで、滞留しやすかったため遡上率 R_r が低くなったことが考えられる。Case2におけるウグイの遡上経路での流速 V は、隔壁からの流れ込みが礫床と衝突する箇所においても概ね $1\sim4\overline{BL}$ (cm/s)であった。渦度 ω_y の大きさは $0.3\sim20.5$ (rad/s)であり、Case1と比べて大きな差異はなかった。しかし、 $x=15$ (cm)を境にして回転の向きが反転した。流れの乱れの大きさ τ_y は 4.0 (N/m²)程度とであり、Case1に比べて1/5まで抑制できた。よって、ウグイはその場に滞留しにくくなり、Case1に比べて遡上率 R_r が向上したと考えられる。Case3における渦度 ω_y

の大きさは $3.3\sim35.2$ (rad/s)、流れの乱れの大きさ τ_y は 4.0 (N/m²)未満であり、Case2と大きな差異はなかった。しかし、平板設置によりウグイの遡上経路となった平板から2(cm)での流速 V は、 $4\sim8\overline{BL}$ (cm/s)であり、ウグイが長時間の遊泳が困難、かつ、遡上に適した流速 V であった。よって、Case2と比べて遡上率 R_r は向上した一方で、魚道最下流に存在した個体数も多くなった。

4. まとめ

礫の堆積形状を滑らかにしたCase2と礫堆積に沿って平板を設置したCase3のどちらの方法でも、礫床および平板付近での流れの乱れの大きさを低減でき、遡上率 R_r を向上させることができた。しかし、最も遡上率 R_r の高かったCase3では、平板の設置により平板付近の流速 V が、 $4\sim8\overline{BL}$ (cm/s)と大きくなった。これにより、ウグイの遡上意欲が高まり遡上率 R_r が向上した一方で、魚道の最下流に存在するウグイの個体数も多くなったと考えられる。

参考文献

- 1) 青木：礫堆積時における階段式魚道内の流れとウグイの遊泳行動特性について，土木学会論文集 B1 (水工学)，Vol.73, No.4, pp.I_403-I_408, 2017