

えん堤直下流側の流況変化による遊泳魚の溯上環境に与える影響

Effect of flow condition just below check dam on the upstream migration of swimming fishes

日本大学理工学部土木工学科○安田陽一

香川高等専門学校建設環境工学科 高橋直己

日本大学大学院理工学研究科土木工学専攻 (明治コンサルタント株式会社) 藤原 直

1. はじめに

治山えん堤や砂防えん堤のように不透過製のコンクリートえん堤は、その落差により水生生物の溯上を阻害している。その対策として折り返し魚道を設置する場合、魚道終端をえん堤直下流側に位置させることができるため、溯上する遊泳魚（以下：溯上魚）の迷入を抑制すること期待できる¹⁾。しかし、従来の魚道では、魚道からの流れとえん堤からの流れとの相互関係、魚道下流端での流況の調整などについて検討されていなかったため、折り返し型魚道を設置しても溯上魚の迷入が起きている場合（写真1参照）が多い²⁾。また、迷入対策の一つとして呼び水の流れによって溯上魚に誘導する考案がされている³⁾が、呼び水の流れによる局所的な流れが水生生物の溯上行動に与える影響が解明されていないため、迷入の本質的な解決に至っていないため、魚道からの流れがえん堤下流側で呼び水流れとして機能することが重要である。ここでは、通常時の流れを対象にえん堤からの流れと折り返し型のプール式台形断面魚道（折り返し下流部を再現したもの）からの流れとの関係を実験的に明らかにし、迷入防止につながる魚道から流れについて検討した。

2. 実験

実験は、長方形断面水平水路（高さ 60cm, 幅 80m, 長さ 15m）にえん堤模型と折り返し魚道の模型（図 1）を設置し、表 1 に示す実験条件のもとで行った。原型規模に換算した値で迷入対策が可能な水理条件を明示するため、模型規模を 1/10 の縮尺と想定し、フルードの相似則に基づき、えん堤直下の流況について検討した。えん堤天端の水通し（放水路）では 10mm メッシュのネトロン系の網を設け、実規模で見られる乱れた越流水脈を想定した。魚道下流端で魚道からの流れが潜り込んだ状態または水表面に沿った状態が形成されるように、えん堤下流側の水位を調整した。魚道への通水には、えん堤模型直上流で湛水した箇所から 3 cm 径のホースを使い、サイフォンで通水した。魚道内の流量について、ホースからの流れを測定用容器に入れた時間とその重量を 3 回測定し、その平均値を算定した。総流量については水路下流端に設置された全幅刃型せきを用いて計測し、放水路からの流量は総流量から魚道内の流量を差し引いて算定した。流速測定は KENEK 社製の I 型プローブを有する 2 次元電磁流速計を用いた（採取時間：30s, 採取間隔：10ms）。

2.1 礫が設置された場合（実験 1）

実河川では、えん堤直下流側で自然河床になっている場合があることから、礫をあらかじめ設置し、魚道からの流れとえん堤からの流れとの関係を検討した。すなわち、魚道設置位置による影響、魚道下流端周辺の流況変化による影響、および魚道内の流量変化による影響を検討した。使用した礫の粒径は 8~15mm 程度とした。この場合、えん堤放水路からの流れが水路床に衝突したことによって礫が上・下流側に移動し、局所的に堆積した状態となっている。流速測定は、X 方向（流下方向）に原則 10~20 cm 間隔、Y 方向（横断方向）に 10 cm 間隔で行った。また、z 方向（水深方向）については、水路床に礫を敷き詰めため、z = 2.5, 4, 6, 8cm（水面付近に対応）とした。

3. 模型実験によるえん堤直下の流速場

魚道設置位置(X_f/X_s : X_f =えん堤下流面から魚道下流端の中心までの水平距離, X_s =えん堤下流面から放水路からの流れの衝突位置までの水平距離)ごとのえん堤下流側の平面流速ベクトルの一例を図 2,3,4 に示す。魚道からの流れが潜り込んだ状態になると、魚道からの流れが放水路からの流れと合流し、魚道を通した溯上経路に導く流れになる。この場合、魚道からえん堤下流側にかけて 0.6~1 m/s 程度の流速が続き、周囲より速度が速い流れとなる。このような流速差を生じさせる流れは、溯上魚の走流性を誘起することが知

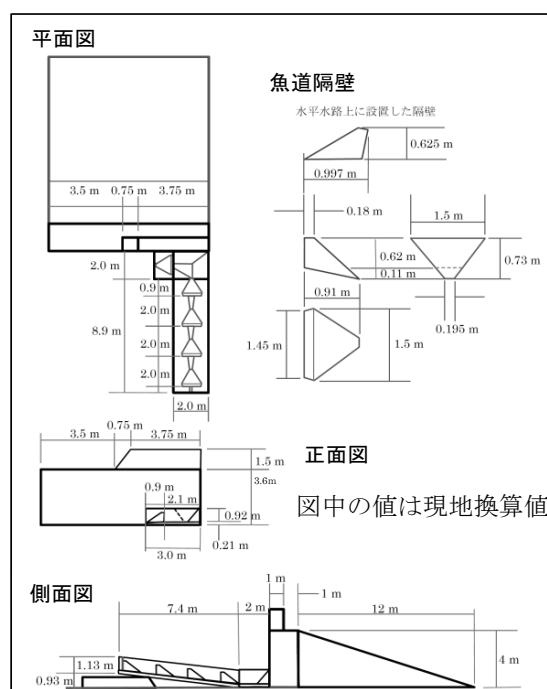


図 1 えん堤および魚道模型

表 1 実験条件

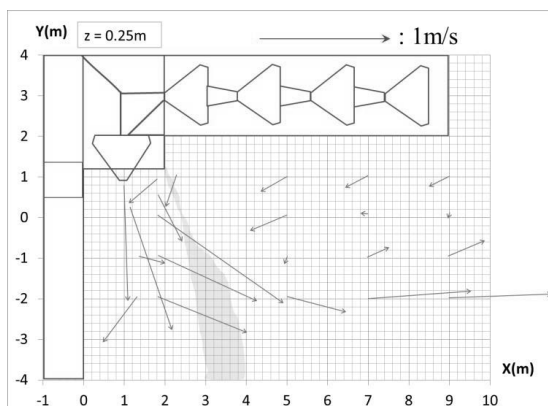
Case	礫の設置有無	魚道内 限界水深 dcf(m)	魚道からの 流れ	放水路内の 限界水深 dcs(m)	Xf/Xs
1	有	0.195	潜り込み流れ	0.162	0.909
2	有	0	-	0.162	0.909
3	有	0.195	潜り込み流れ	0.162	1.36
4	有	0.195	表層流	0.162	1.36
5	有	0.195	潜り込み流れ	0.162	1.82
6	有	0.1	潜り込み流れ	0.162	1.82
7	無	0.195	潜り込み流れ	0.162	0.909
8	無	0.195	表層流	0.162	0.909
9	無	0.1	潜り込み流れ	0.162	0.909
10	無	0	-	0.162	0.909

表の有無値は現地換算で表示

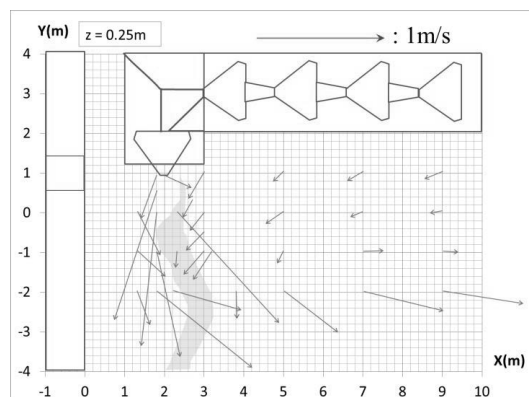
キーワード 治山えん堤, 迷入対策, 魚道, 局所流,

連絡先: 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8, TEL: 03-3259-0409, E-mail: yokyas@civil.cst.nihon-u.ac.jp

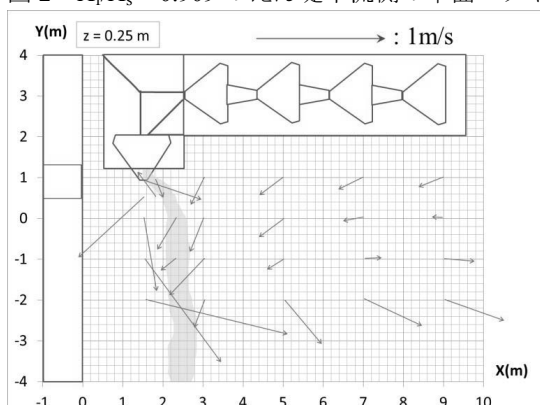
られており⁴⁾、湖上魚を魚道へと誘導する流れとなることが期待される。また、サケ類は底層から中層を湖上し⁵⁾、現地調査でもえん堤直下においてサケ類が底層に定位しているが確認されている。この誘導する流れは底層付近でも生じているため、湖上魚の滞留を防止する効果が高いと考えられる。一方、魚道からの流れが水表面を沿う場合、魚道からの流れが水表面で拡散してしまうため、魚道下流側において魚道からの流れが確認されない。そのため、湖上魚が魚道まで到達するのは困難であると推測される。魚道下流端の位置について、 X_f/X_s の値が 0.909 から 1.82 に変化した場合、放水路から越流する流れが魚道下流端での潜り込み流れに衝突することがなくなるため、魚道からの流れと放水路からの流れとの合流した。流れが横断的に伝わりやすく、魚道を通した湖上経路に導くことができる。この場合、合流した流れは気泡混入量の少ない流れとなる。アユなどの湖上魚は、気泡を忌避することが知られており⁶⁾、これらのことから、魚道終端を放水路から越流する流れの落下位置よりある程度下流に位置させることで湖上魚をえん堤下流から魚道へ誘導することが容易となる。



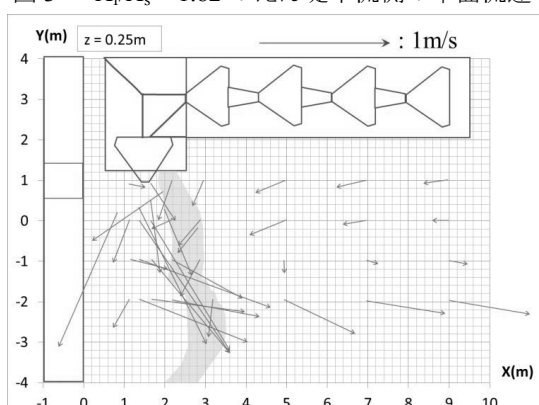
Case 1 : 魚道からの流れが潜り込む場合
図 2 $X_f/X_s = 0.909$ のえん堤下流側の平面ベクトル



Case 5 : 魚道からの流れが潜り込む場合
図 3 $X_f/X_s = 1.82$ のえん堤下流側の平面流速ベクトル



a) Case 4 : 魚道からの流れが水表面を沿う場合
図 4 $X_f/X_s = 1.36$ のえん堤下流側の平面流速ベクトル



b) Case 3 : 魚道からの流れが潜り込む場合

4. まとめ

平水時から豊水時の流れを対象に、治山えん堤直下のえん堤からの流れと折り返し型プール式台形断面魚道からの流れとの関係について、10分の1の縮尺を想定した模型実験に基づいて検討した。魚道からの流れが潜り込んだ場合、魚道からの流れが放水路からの流れと合流し、魚道からえん堤下流側にかけて 0.6~1 m/s 程度の流速が続き、その周辺で速度差の大きい状態が生じるため、遊泳魚の湖上行動の促進につながり、魚道を通した湖上経路に導く流れになることが期待される。魚道下流端の設置位置について、 x_f/x_s の値が 0.909 から 1.82 に変化した場合、放水路から越流する流れが魚道下流端の潜り込み流れに衝突することがなくなるため、魚道からの流れと放水路からの流れとの合流した流れが横断的に伝わりやすく、魚道を通した湖上経路に導くことができることを示した。

参考文献

- 1) 安田陽一：技術者のための魚道のガイドライン，北海道魚道研究会編集，コロナ社，141 pages，2011.
- 2) 栗山昂，安田陽一：「砂防堰堤および治山堰堤下流側での水生生物の湖上経路と流況との関係」，第 56 回日本大学理工学部学術講演会 (CD-ROM)，2012.
- 3) 青木宗之，吉野隆，福井吉孝：「呼び水式魚道下流における流れとそれに対する魚の挙動」，ながれ，日本流体力学会誌，日本流体力学会誌会，28 号，pp485-494，2009.
- 4) 小山長雄：「魚道をめぐる諸問題 II. 解説編」，木曾三川河口資源調査団 (KST)，pp.1-96，1967.
- 5) 国土交通省国土技術政策総合研究所：「河川生態ナレッジデータベース」，<http://kasenseitai.nilim.go.jp/index> (2014 年 1 月 1 日閲覧).
- 6) 野口浩幸，関根雅彦，渡部守義，浮田正夫：「局所的な河川環境に着目した室内実験によるアユの環境選好性の定量化に関する研究」，環境工学研究論文集，第 44 巻，pp.75-81，2007.
- 7) 藤原直，高橋直己，安田陽一：「治山えん堤著下流側の湖上経路のための適切な誘導に関する実験的検討」，土木学会第 68 回年次学術講演会，II-052 (CD-ROM)，2013.