

洪水調節堰に設置する魚道工の提案と減勢機能に関する実験的検討

Proposal of Fish Facilities installed in Flood Control Weir and Experimental Investigation on Flood Control

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	植松	翼
日本大学理工学部土木工学科	学生会員	黒川	雪菜
日本大学理工学部土木工学科	学生会員	半澤	功祐

1. まえがき

神奈川県横浜市を流れる帷子川において、アユを含めた多様な水生生物の遡上・降河が可能な環境にすることを目的に魚道整備が計画されている。帷子川では神奈川県および横浜市が管理する河川横断工作物が存在し、落差の大きい箇所には魚道整備をする必要がある。その中の一つに、神奈川県が管理する分水施設がある（写真1）。写真で示されるように、本川に洪水調節するための堰（マウンド部）が設置され、堰の中央部が幅1mのスリットになっているため、通常時の流量規模ではスリットからの流出速度が速く、遡上することは困難な状態となっている。このような堰に魚道整備する場合、従来の洪水調節機能が損なわれないように整備する必要がある。また、本川の堰下流側で様々な洪水規模に応じた減勢機能が確保されているのかを確認する必要がある。

遊泳魚ばかりでなく、底生魚、甲殻類、貝類の遡上・降河を配慮した魚道形式として、プール式台形断面魚道¹⁾が挙げられる。台形断面魚道の場合、洪水時に輸送される砂礫等がプール内に堆積しにくく、排出機能を有している²⁾。また、張り出し型魚道周辺の減勢処置として階段状水路が有効である³⁾ことが示されている。これらのことを参考に魚道整備を検討することが有効であると考えられる。

ここでは、分水設備の本川側に設置されている洪水調節するための堰（マウンド部）に設置する魚道工を提案し、その特徴を説明した。また、提案魚道工を設置したときに、従来の洪水調節機能が維持されているのかを検討した結果を示した。さらに、様々な洪水時において魚道工周辺の流況を示し、減勢機能が確保されていることを示した。通常時の流況についても実験によって明らかにし、遡上環境について考察した。

2. 実験

洪水調節するための堰（マウンド部）に設置する魚道工について洪水時を主とした水理機能を検討するため、水路幅 $B = 80\text{cm}$ 、水路長 15m を有する長方形断面水平水路に 12.9 分の 1 の縮尺模型を設置して実験を行った（水路下流側に設置された全幅堰で流量測定を行った）。水深測定にはポイント・ゲージを用い、流況の記録にはデジタルカメラを用いた。実験はフルードの相似則に基づいて行った。実験条件として、通常時の流量（原型換算値 $Q=1.2\text{ m}^3/\text{s}$ ）のときに、堰下流側の水深が 35cm （原型規模）となるように水路下流端に設置されたゲートを堰上げて調整した。その時に堰上げたゲートの高さを一定にして、流量規模に応じた流況観察を行った。



(a)本川に設置されている洪水調節堰
写真1 分水施設の様子



(b)分水路側の越流堰

キーワード 魚道, 減勢機能, 分水施設, 洪水流, 洪水調節

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



写真2 堰下流部に設置する魚道工の提案模型



(a) 露出射流が形成される流況($Q = 66 \text{ m}^3/\text{s}$ 時の流況の推定) (b) 偏向流況($Q = 5.7 \text{ m}^3/\text{s}$ 時の流況の推定)
 写真3 魚道工を整備する前の洪水時における堰下流側の流況の推定 (数値は原型換算値)

流量の範囲として、実験装置の制約から $0.002 \text{ m}^3/\text{s} \sim 0.127 \text{ m}^3/\text{s}$ (原型換算: $1.2 \text{ m}^3/\text{s} \sim 76 \text{ m}^3/\text{s}$) までとした。なお、計画流量は $150 \text{ m}^3/\text{s}$ (原型規模) である。流量規模による堰上・下流側の水位変化を知るために、堰上・下流側の水深 [堰前面より 1 m (模型規模) 上流側の断面, 1.63 m (模型規模) 下流側の断面, および 3.85 m (模型規模) 下流側の断面での水深] を測定した。

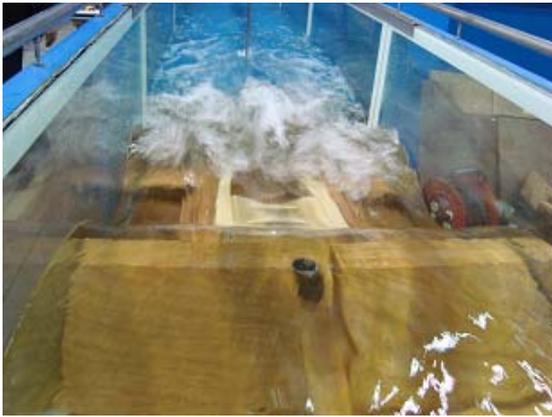
3. 魚道工の提案

写真2は洪水調節用の堰下流側に設置される魚道工の提案模型を示す。提案魚道工の特徴を以下に示す。

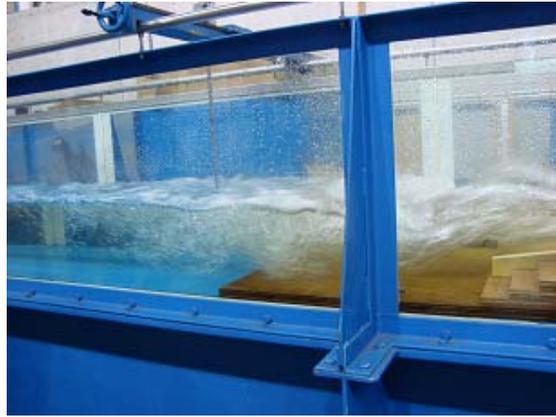
- スリット幅 (1 m) が狭いため、魚道直上流部で縦横断方向に約 3.3 m まで拡張したプール (底面から魚道天端までの高さ: 50 cm) を設けて、魚道に接続させる。なお、魚道内に遡上可能な流況が形成せれる適切な流量規模を確保するため、横越流天端は魚道天端より 10 cm 上方に位置する (数値は全て原型換算値)。
- スリット下流端に 60 cm 径、高さ 1 m の円柱の鋼管を設置し、通常時の流量変動 (原型換算: $1.2 \sim 4 \text{ m}^3/\text{s}$) においても遡上可能な環境を維持するために、スリットから流出する流速を軽減する (数値は全て原型換算値)。
- 魚道形式をプール式台形断面魚道とし、魚道勾配 8 分の 1 、側壁勾配を $1 : 1$ 、隔壁間落差を 20 cm 、隔壁上流面の高さを 40 cm 、隔壁幅を 187 cm 、隔壁越流面の勾配を $1 : 1$ 、魚道幅を 3 m とする (数値は全て原型換算値)。
- 横越流の際に高速流が底面に到達しにくいように、階段状水路 (勾配 $1 : 1$ 、階段の 1 ステップ高さ: 24.5 cm) とする (数値は原型換算値)。
- 堰から越水した流れを利用した遊泳魚等が安全に降河できるようにし、さらに、中小洪水時の減勢工対策を図るため、魚道両脇を水クッションとする。水クッションを確保するため、 3 分の 1 勾配 (1 ステップ 24.5 cm) の階段工を設ける (数値は原型換算値)。

4. 魚道工が設置される前の流況

魚道工が設置される前の洪水時における堰下流側の流況を推定したものを写真3に示す。流量規模が増加し、 $Q = 45 \text{ m}^3/\text{s}$ より大きくなると、写真3(a)に示されるように、堰下流側で露出射流が形成される。このような流況が形成された場合、護床ブロックでは河床保護するのは困難となることが推定される。流量規模が $Q = 6 \text{ m}^3/\text{s}$ より小さくなると、スリットのみ流れるようになり、急拡部において射流から常流へ遷移する流況⁴⁾となる。この場合、写真3(b)に示されるように、スリットから流出する流れが偏向するようになり、非対称な流況 (偏向した流況) が形成させるようになる。これらのことから、洪水規模が $Q = 45 \text{ m}^3/\text{s}$ より大きい場合には現状の状態では減勢機能を十分に果たすことは困難であると推定できるため、護岸ブロック設置以外の減勢工対策が必要である。このような背景からも減勢機能を持つ魚道工の整備が必要不可欠となる。



(a) $Q = 74 \text{ m}^3/\text{s}$ 時の流況(上流側から見た流況)



(b) $Q = 74 \text{ m}^3/\text{s}$ 時の流況(魚道工下流部の流況)



(c) $Q = 34 \text{ m}^3/\text{s}$ 時の流況(上流側から見た流況)



(d) $Q = 34 \text{ m}^3/\text{s}$ 時の流況(魚道工周辺の流況)



(e) $Q = 9.3 \text{ m}^3/\text{s}$ 時の流況(上流側から見た流況)

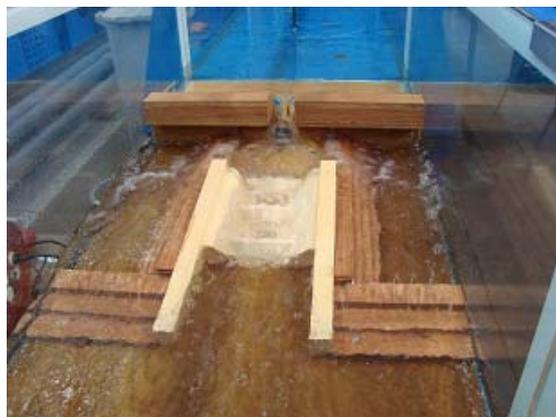


(f) $Q = 9.3 \text{ m}^3/\text{s}$ 時の流況(魚道工周辺の流況)

写真4 洪水時の流況



(a) 通常時の流況($Q = 1.8 \text{ m}^3/\text{s}$ 時の流況)



(b) 増水時の流況($Q = 3.3 \text{ m}^3/\text{s}$ 時の流況)

写真5 遡上可能な流況

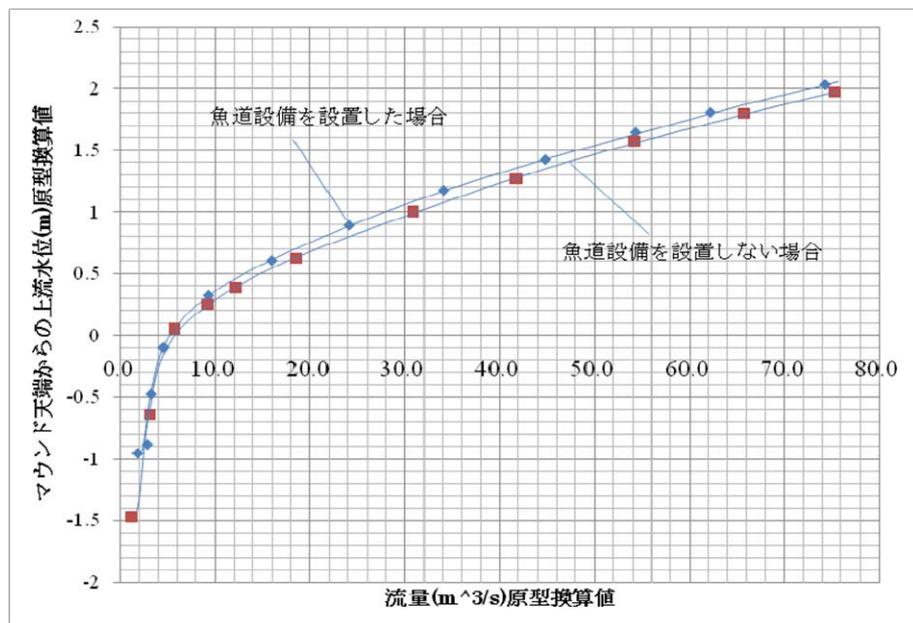


図1 流量規模による堰上流側の水位変化

5. 魚道工およびその周辺の流況

写真4に洪水時の流況を示し、様々な流量規模に応じた流況について以下に説明する。

流量規模が $Q = 45 \text{ m}^3/\text{s}$ より大きくなると、写真4(a),(b)に示されるように、魚道工の箇所においては射流の状態でも乗り越えるが、魚道工直下流部で跳水が形成される。なお、魚道工直下流部で水叩きが確保されれば、魚道工からの流れが安全に河川につながる。

流量規模が $Q = 40 \text{ m}^3/\text{s}$ から $Q = 16 \text{ m}^3/\text{s}$ の範囲になると、写真4(c),(d)に示されるように、魚道上流端で水跳ねが見られるが、魚道の脇の水クッションで跳水が形成され、減勢機能が発揮されている。また、魚道工下流部の階段工によって流れが減勢され、階段工下流部の底面には主流が到達することはない。

流量規模が $Q = 15 \text{ m}^3/\text{s}$ より小さくなると、写真4(e),(f)に示されるように、魚道上流端での水跳ねはなくなり、魚道工全体で減勢機能が発揮されている。

写真5に増水時を含む通常時の流況を示す。通常時の流況は、写真5(a)に示されるように、魚道ばかりでなく、魚道の脇の水クッションを通しても通水した流れとなる。このことによって、水クッションで常に河川水が循環することになり、水質が悪化する可能性はなくなる。また、増水時には、写真5(b)に示されるように、魚道ばかりでなく、魚道の脇からも遡上可能な環境になっている。なお、スリットから流出する流速は円柱の鋼管が設置されたことによって軽減され、遡上可能な流況となっている。ただし、通常時の流況については、模型スケールを変えて今後詳細にわたって検討する予定である。

6. 魚道工設置による堰上流側の水位変化に与える影響

堰下流側に魚道工を設置したことによって、流量による堰上流側の水位変化がどのように影響されるのかを図1に示す。図中縦軸は堰の天端からの堰上流側の水位を原型換算値で示す。図に示されるように、魚道工が設置された場合と魚道工が設置されていない場合の違いが小さく、同一の流量規模に対して水位差は10cm(原型換算)以内であった。なお、流量規模がさらに増加した場合、魚道工設置の影響はさらに小さくなる。以上のことから、魚道工設置によって、従来の分水施設の機能が低下することはほとんどないことが推定される。

7. まとめ

分水設備の本川側に設置されている洪水調節堰(マウンド部)に設置する魚道工を提案した(写真2)。提案した魚道およびその周辺設備の通常時の機能および洪水時の減勢機能について示した。また、魚道工が整備される前の洪水時の流況を推定し(写真3)、提案した魚道工の必要性を示した。さらに、魚道工およびその周辺の流況について実験的に推定し(写真4, 5)、その特徴を説明した。魚道工の設置が堰上流側の水位変化に与える影響について実験的に検討した結果、設置前と10cm以内の水面差となり、魚道工の設置によって洪水時の分水調節機能を低下することはほとんどないことを推定することができた。

参考文献

- 1) Yasuda, Y. and Ohnishi, T., 33rd IAHR Congress, C1, Vancouver, Canada, Aug., 2009, CD-ROM.
- 2) 安田陽一, 流体力の評価とその応用に関する講演集, 土木学会, 第4巻, 2006, pp. 91-94.
- 3) Yasuda, Y. and Ohtsu, I., 3rd Int. Symposium on Hydraulic Structures, IAHR, China, 2008, CD-ROM.
- 4) Ohtsu, I., Yasuda, Y., and Ishikawa, M., Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 125, No. 5, 1999, pp. 492-499.

謝辞

この研究は、神奈川県横浜治水事務所からの委託研究を受けて行ったものである。ここに記して謝意を申し上げる。