

洪水時の賀茂川床固工に設置する石組み簡易魚道の安定性 Stability of Fishways with Rockwork Installed below Drop Structure in Kamogawa River during Flood Stages

日本大学理工学部土木工学科 正会員 ○安田陽一

1. はじめに

淀川水系鴨川上流部に位置する賀茂川では、天然アユの遡上を期待し様々な取り組みが行われ、鴨川等の河川環境の整備及び保全に関する事項について、府、府民、事業者及び京都市が意見を交換するための会議が運営されている¹⁾。賀茂川では治水等の防災目的から複数の床固工が設置され(写真1)、落差の小さい箇所では増水時に遡上できる状態にはなっているが、落差が大きいところでは、アユの遡上は困難になっている。京の川の恵みを活かす会では木製の箱型魚道の設置を提案し、鴨川府民会議の議を経て、床固工の落差部に設置し、遡上できる状況になることが確認されている²⁾。アユの遡上対策として鴨川では、簡易的な方法で設置でき、景観にも配慮し、増水時には安定性のあるものが求められている。

本研究では、賀茂川と高野川との合流点上流側の床固工の落差部(写真1)によってアユの遡上が障害になっていることから、石組みによる魚道を設けることを提案する。提案にあたって、洪水時に設置された石組みが流出しないように、石組みの仕方および洪水時の石組みの安定性について実験的な検討を行う。

2. 実験方法

矩形断面水路(水路長さ15m、水路幅80cm、水路高さ60cm)に床止工を模擬した模型および石組み模型を設置し(写真2)、流量を変化させて、石組みした箇所が流出するか否かを実験によって検討する。実験はフルードの相似則に従うものとする。写真2に示されるように、水路幅の関係から片側に傾斜護岸を設置している。模型規模で流量を15ℓ/s, 22ℓ/s, 27ℓ/s, 34ℓ/s, 42



写真1 鴨川と高野川との合流点より上流にある床固工

ℓ/s, 47ℓ/s, 57ℓ/s, 60ℓ/sに変化させ、石組みの安定性を確認した。河川幅を30mと想定すると、実規模の河川流量はそれぞれ、20 m³/s, 29 m³/s, 36 m³/s, 45 m³/s, 56 m³/s, 63 m³/s, 77 m³/s, 80 m³/sに対応する。また、実規模の越流水深はそれぞれ0.57 m, 0.73 m, 0.83 m, 0.97 m, 1.11 m, 1.20 m, 1.37 m, 1.41 mに対応する。各流量規模の下流水深が推定できないため、少なくとも、上流側の落差部には下流水位の影響がない状態で検討している(実際は水没する可能性がある)。想定している石組みは40から50 cm前後の玉石を用い、礫の固定化を促すために、0~60 mmの碎石を使用する。模型規模では1 cm~6 cmの礫(粒径の大きいものは河川砂利)を用いている。

3. 越流水深の評価方法

模型規模での水深評価

図1に示す模型の断面形を対象に限界水深 h_c について、限界流の条件で算定する。

$$\frac{\alpha T_c Q_m^2}{g A_c^3} = 1 \quad A_c = \frac{1}{2} h_c (2b + m h_c), T_c = b + m h_c$$

ここに、 A_c は限界水深のときの流積、 T_c は限界水深のときの水面幅、 α はエネルギー補正係数($\alpha=1.2$)である。越流水深 H については $1.5h_c$ とする。

原型規模での水深評価

原型規模の限界水深 h_{cp} $h_{cp} = 10 \times h_c$

原型規模の越流水深 H_p は $1.5h_{cp}$ とする。

図1に示す原型の断面形から限界流の条件より原型規模の流量 Q_p は以下のように算定する。

$$\frac{\alpha T_{cp} Q_p^2}{g A_{cp}^3} = 1 \quad A_{cp} = h_{cp} (b_p + m_p h_{cp}), T_{cp} = b_p + 2m_p h_{cp}$$

ここに、 A_{cp} は原型規模の限界水深のときの流積、 m_p は原型規模の側壁勾配、 T_{cp} は原型規模の限界水深のときの水面幅、 α はエネルギー補正係数($\alpha=1.2$)である。

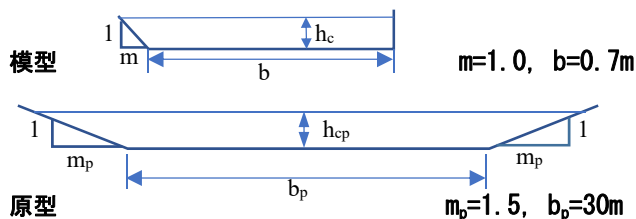


図1 模型・原型想定断面

キーワード 魚道, 石組み, 遡上環境, 床固工, 環境改善

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

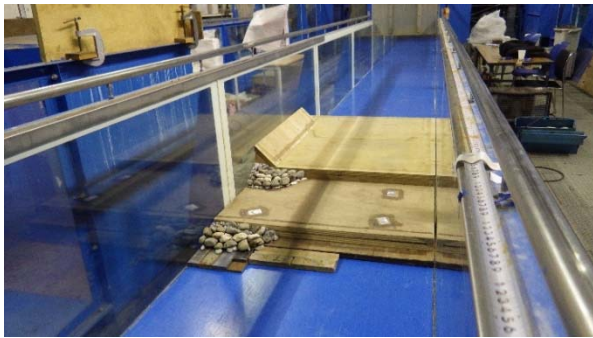


写真2 水路に設置した実験模型



写真3 落差部に石組みした状態

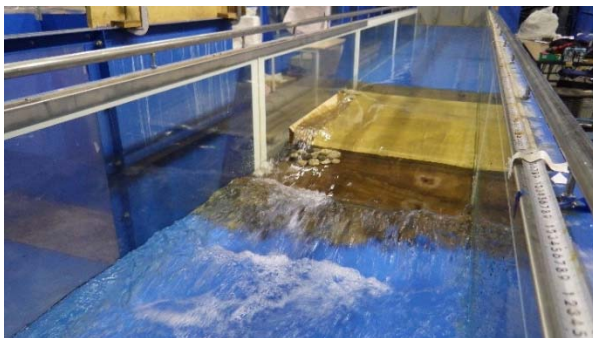


写真4 原型規模の越流水深が1.41 mとなった流況

4. 石組みの設置位置とその注意点

落差部に石組みを設置した状態を写真3に示す。石組みの設置位置について、アユが迷入している箇所には石組みをすることが基本であり、洪水時の流れに流されにくい箇所にすることが重要である。そこで、洪水時の流れにおいて河岸側で流速が小さくことが推定できることから、傾斜護岸が落差部で途切れている箇所に石組みをしている。石組みの基本は下にある石を被せるようにし、相互の石で互いに力が作用するように石組みする³⁾。石垣の石組みと異なることは、石組みした状態で水の流れがどのようになるのかを想定していく必要があるところである^{4),5)}。その結果、水の流れを考慮せず、石を重ねているだけでは、水の流れによって、石が流されやすくなる。石が互いに支え合っていることで、石が動きづらくなる。また、大きい石で構成するだけでは、石の安定性が向上しないため、大きな石を組み合わせた隙間に碎石を入れることが重要である。本実験では碎石の充填が十分でない状態で行っている

(危険側の状態で石組みの安定性を検討するため)。

5. 石組みを越える流れからみた石組みの安定性

写真4は原型規模の越流水深が1.41 mに対応する落差部を越える流れの流況を示す。写真3に示す石組みを設置することによって、写真4に示されるように、原型換算した越流水深で1.4 m前後まで上昇しても

(原型換算して想定した流量規模は80 m³/s)、石組みの安定性は確保される。なお、実際の河川流況の情報が得られていないため、下流水位を過小評価した状態で検討している。このため、流量規模をさらに増加しても、石組みの安定性は維持できるものと推定される。

6. 実験的検討のまとめ

賀茂川と高野川との合流点上流側の床固工の落差部において、石組みによる魚道を設けることを提案した。洪水時に設置された石組みが流出しないように、石組みの仕方および洪水時の石組みの安定性について実験的な検討を行った結果を以下にまとめる。

石組みの設置位置について、洪水時の流れを考慮し、傾斜護岸の背面を含めた位置で石組みを行う。使用する石の大きさは原型規模で40 cm～50 cm 前後とし、中間に挿入する礫として10 cm～20 cmの礫を用いる。また、設置する石組みの安定性を持たせるために0～60 mmの碎石を用いる。

石組みの設置方法として、石組みの基本は下にある石を被せるようにし、相互の石で互いに力が作用するように石組みする(写真3)。石組みした状態で普段の水の流れから洪水時の流れに至るまで、石組みを越える流れを想定して石組みを行う。

写真3に示す石組みを設置することによって、原型換算した越流水深で1.4 m前後まで上昇しても(原型換算して想定した流量規模は80 m³/s)、石組みの安定性は確保されることが確認できた(写真4)。

参考文献

- 1) 鴨川府民会議について：京都府,
<http://www.pref.kyoto.jp/kamogawa/1271654969410.html> (2017.4.2 閲覧)。
- 2) 京都・鴨川のアユ遡上、上限更新 市民団体設置の簡易魚道が効果：京都新聞, <http://www.kyoto-np.co.jp/sightseeing/article/20160920000036> (2016.4.2 閲覧)。
- 3) 安田陽一、宮田逸平、河川環境改善に向けた石組みに関する検討、第44回土木学会関東支部技術研究発表会、第Ⅱ部門、Ⅱ-31, CD-ROM, 2017。
- 4) 安田陽一、生態系保全と治水・治水との調和のとれた河川環境、フォレストコンサル、森林部門技術士会、No.138, pp.7-22, 2014。
- 5) 安田陽一、河川整備の土木技術から見た通し回遊性の水生生物の保全に向けた貢献、海洋と生物 225, 生物研究社, Vol. 38, No. 4, pp.387-396, 2016。