

洪水時におけるプール式台形断面魚道における礫の排出過程
Flushing process of transported rocks in pool-type fishway with a trapezoidal section during floods

日本大学大学院理工学研究科土木工学専攻 学生員 ○中島 崇博
日本大学理工学部土木工学科 正員 安田 陽一

はじめに

平野部および溪流河川に設置されている横断構造物において遊泳魚を中心とした水生生物の遡上を可能にするために魚道を整備するのが一般的である。魚道における水生生物の遡上環境を妨げる課題として、出水後の魚道内における礫や流木の堆積¹⁾が挙げられる。魚道の維持管理費の軽減から、プール内での礫や流木の堆積が起らない魚道が必要である。従来の魚道の水理設計では、通常時の流量に対して検討されたものがほとんどであり、出水時における魚道内の流況特性が解明されておらず、不明な点が多い。最近の研究²⁾により、魚道の隔壁構造により、出水時に輸送される礫の排出が可能であることが実験的に明らかにされている。しかしながら、礫の排出過程および流量規模に対応する排出可能な礫のサイズなど不明な点が多い。ここでは、礫の排出が認められるプール式台形断面魚道(写真1)を対象に、礫の排出過程および礫の大きさに対応した排出可能な流量規模を実験的に検討した。また、台形断面魚道について洪水時の水理環境に配慮した魚道上流端の構造の工夫を提案した。

実験 実験には、台形断面魚道(写真1)の模型を用いた。模型スケールは原型の1/10と想定している。使用した水路は幅40cm、高さ80cm、長さ6.4mの矩形断面水平水路である。礫の排出実験を行うにあたり、3種類の礫を用いた。メスシリンダーを用いて求めた礫一個当りの体積値から球体と仮定して平均粒径を算出し、平均粒径の小さい順番からA, B, Cとした。各平均粒径はA:0.390cm, B:0.902cm, C:2.00cmである。魚道の最上流端の天端に、3種類の礫を1種類ごとに平らに敷き詰め、少しずつ流量を増加させて礫を自然流下させた。また、実験では $Q=0.042\text{m}^3/\text{s}$ (写真1に示す台形断面魚道の場合、限界水深 $h_c=0.118\text{m}$)まで流量を変化させ、礫の排出過程について検討した。礫の排出過程に変化が認められる段階ごとに流量を測定した。魚道上流部と中流部にデジタルビデオカメラを設置し、礫の挙動およびプール内の流況を記録した。魚道の諸元を表-1に示す。

礫の排出過程 プール式台形断面魚道の場合、隔壁越流面および側壁が傾斜面となっているため、洪水流の形成により、プール内で横断方向の乱れが大きくなる。このことによって礫が左右に変動し、やがて礫が浮遊し、隔壁上流面と側壁傾斜面との接合部近くから礫が排出されることが多いことを確認した。礫Aを用いた場合、流量増加に伴い、ある段階で多量の礫が輸送され、第1プールに運ばれる。このとき、一時的にプール内の空間は礫で覆い尽くされてしまう。このとき、隔壁上部の流れが速いため、堆積された礫が徐々に排出される。

プール内である程度の空間が確保されると、前述のように横断方向の乱れによって、プール内の礫が変動し、排出されるようになる。なお、礫が全て排出される限界水深は $h_c=0.069\text{m}$ (流量 $Q=0.016\text{m}^3/\text{s}$)である。礫B,Cを用いた場合、各々 $h_c=0.041\text{m}$, 0.079m で第1プール以外のプールで全て排出されるが、第1プールでは流量を本実験の流量の上限($h_c=0.118\text{m}$)まで上げてても礫が堆積して動かないことを確認した(写真3)。第2プール以降のプールは、流れが隔壁に衝突して、プール内の流況を乱し、礫の浮遊や変動を促すため、礫が排出され易いが、第1プールは、天端から流れ込む最初のプールのため、プール内が乱れ難く、礫が排出され難くなったものと考えられる。

そこで、第1プールに堆積した礫の排出を促すため、写真2および図1に示されるように、第1プールの隔壁中央部に台形型の突起物を設置することを提案した。突起物を設置したプール式台形断面魚道の場合、第1プールにおける礫の排出過程を見ると、一度に多量の礫が第1プールに運ばれ、一時的にプール内の空間が礫で覆い



写真1 台形断面魚道模型



写真2 突起物を設置した台形断面魚道模型

表-1 魚道模型の諸元

魚道構造	プール式台形断面魚道
魚道幅 B	0.400(m)
隔壁幅 L	0.250(m)
隔壁の設置数 n	10
魚道勾配 i	1/7
隔壁間の落差 h	0.025(m)
プール深さ S	0.050(m)

キーワード：洪水流，維持管理，礫の排出過程，乱れ強さ，台形断面魚道

連絡先：〒101-8038 東京都千代田区神田駿河台 1-8；TEL&FAX03-3259-0409;E-mail:yokyas@civil.nihon-u.ac.jp



写真3 突起物のない第1プールの様子



写真4 突起物を設置した第1プールの様子

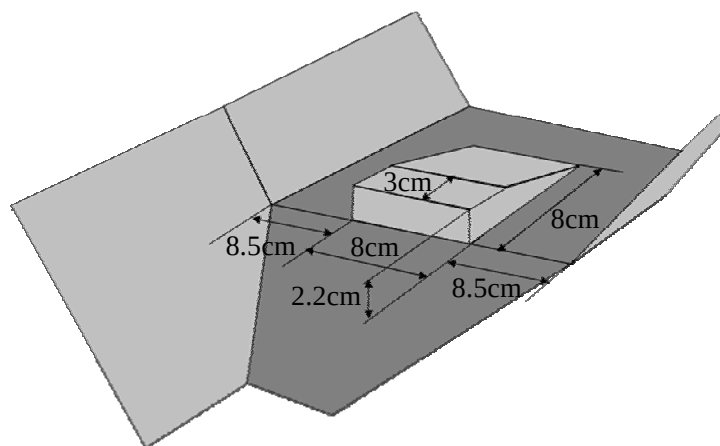


図1 突起物を設置した場合の寸法

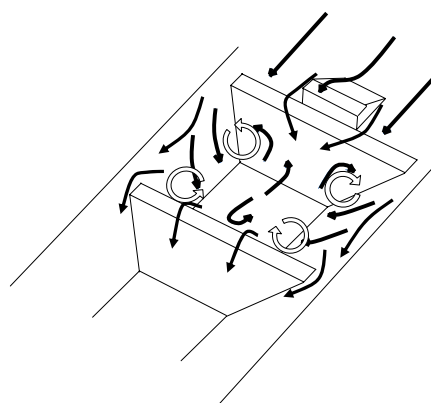


図2 突起物を設置した第1プールの流況

尽くされた場合、プール下流側の隔壁鉛直面と側壁斜面から成す左右両隅角部から礫が中央に集まり、盛り上がる。盛り上がった礫がプール上方を沿う主流に乗り、隔壁中央部から少しずつ排出される。時間経過と共に第1プール内の礫の堆積量が減少し、プール内で礫が挙動するための空間が広がってくる。すると、礫は上流側の隔壁斜面側に寄せられ、隔壁斜面上を浮遊しながら左右に変動する。やがて、隔壁越流面と側壁傾斜面との接合部近くから礫が排出され、全ての礫が排出されることになる。

第1プールの流況を観察すると(図2参照)、突起物を設置した場合、時間的に不規則な流れが形成され、突起物を設置しない場合には見られない強い渦が形成される。また、突起物によって剥離した流れによって、時間的に不規則に流れの向きが変化し、非対称な流れが形成される。このような流況特性が第1プールから輸送された礫を排出したものと考えられる。

礫Bの場合、 $hc = 0.070\text{ m}$ で礫が第1プール内から全て排出された(写真4)。また、礫Cを用いた場合、礫が一度に第1プールに運搬され、プール内の空間が埋め尽くされるようになったときは、 $hc = 0.118\text{ m}$ (本実験の最大の流量)まで上げても礫が排出することはなかった。これは、礫がプール全体に堆積することによって横断方向の乱れが形成されにくくなり、堆積した礫を浮遊させる力に至らなかったためと考えられる。次に輸送される礫の量によって排出状況が変わるのか検討するため、第1プールの容積の1/2, 1/3相当の礫の量が輸送される場合について検討した。その結果、1/2の量では $hc = 0.113\text{ m}$ 、1/3の量では $hc = 0.086\text{ m}$ で排出された。

すなわち、プール式台形断面魚道において、第1プール直上流の隔壁中央部の突起物の有無により、第1プールに堆積する礫の排出効果に違いがあることが分かった。今後、突起物の形状・寸法によって第1プールに堆積する礫の排出過程がどのように変化するのかさらに検討する必要がある。

まとめ

プール式台形断面魚道に関して礫の排出過程と礫のサイズに対応した排出可能な流量規模を検討した結果についてまとめる。一度に礫が第1プールへ流れ込んだ場合、洪水流によるプール内での横断方向の乱れにより、礫Aの場合は礫が排出されるが、礫B,Cの場合では礫が排出され難いことが分かった。プール式台形断面魚道において魚道上流端の隔壁中央部に台形の突起物を設置することを提案した。突起物を通過する流れによって、第1プール内に不規則な流れが形成され、時間的に流れの向きが変化する。このことから、突起物を設置しない場合には見られない強い渦が形成され、礫の排出効果が得られることを示した。

参考文献

- 1) 林野庁(2008), 平成19年度 生物多様性保全に資する治山対策手法検討調査, pp.123-124
- 2) 安田陽一(2006), 魚道構造による出水時でのプール内の礫の排出状況の違い第4回流体力の評価とその応用に関するシンポジウム講演集, pp.91-94