

プール式台形断面魚道における洪水時の礫の排出機能に対する 魚道上流端に設置された突起物の効果

Effect of Baffle Installed at Upstream End of Pool-type Fishway with A Trapezoidal Section on Flushing of Transported Rocks During flood stages

日本大学大学院理工学研究科土木工学専攻 学生会員 ○中島 崇博
日本大学理工学部土木工学科 正会員 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こ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²⁾や洪水時の水理環境に配慮して魚道上流端に台形型の突起物を設置することで礫の排出効果が得られること³⁾が実験的に明らかにされている。しかしながら、礫の排出過程や礫の排出に効果的な突起物の形状や寸法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排出に効果的な突起物の形状や寸法について実験的に検討した。



写真1 台形断面魚道模型

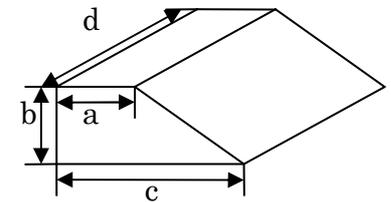


図1 突起物概要図

実験

実験には、プール式台形断面魚道(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、1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たりの体積値から球体と仮定して

平均粒径を算出した。礫の平均粒径は2.00cmである。魚道上流端に寸法や形状の違う6種類の台形型の突起物を設置し、各々について魚道の最上流端の天端から、礫を数個自然流下させた。使用した突起物の形状・寸法は図1および表-1に示す。実験では流量 $Q=0.042\text{m}^3/\text{s}$ (限界水深(水理水深として表示) $hc=0.118\text{m}$)で礫の排出過程について検討した。魚道模型の第1プール上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。実験時間は最大10分である。実験条件を表-2に示す。

礫の排出過程

突起物を設置しない場合、礫は一度第1プール内に堆積すると、ほとんど動かなくなり、排出される気配は全く見られない。次に第1プール直上流の隔壁中央部に台形型の突起物を設置する。突起物①~⑥では、いずれも第1プールに堆積した礫は上流側の隔壁傾斜面寄りに移動する。これは、下流側の鉛直隔壁に衝突した流れによって底面付近の流れが上流側を向いているためと考えられる。突起物①を設置すると、第1プールに堆積した礫は上流側の隔壁傾斜面上を頻りに左右に変動する。また、左右に変動しながら大きく巻き上げられ、礫同士がバラバラになり易い。バラバラになった礫がプール上方を流れる主流に乗り、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(図2参照)。本実験では3分程度で排出が完了した。このパターンが最も礫が排出し易かった。突起物②を設置すると、礫は左右に移動を繰り返すが、左右の礫の移動が突起物①の場合に比べゆっくりで礫同士がバラバラになり難く、排出され難い。たまに1個排出して、堆積が少しずつ減っていくため、時間をかければ排出される。この場合、排出には8分以上かかった。排出の速さは明らかに突起物①の場合の方が速い。このことから、傾斜が急であるほうが排出され易い。つまり短い距離で流れを乱すほうが第1プール内の流況を乱し易いと考えられる。突起物

表-1 突起物の形状・寸法

突起物種類	突起物寸法(a-b-c-d) (mm)
①突起物(小) 傾斜(急)	20-20-40-75
②突起物(小) 傾斜(緩)	20-20-70-75
③突起物(中) 傾斜(急)	30-30-80-80
④突起物(中) 傾斜(緩)	30-30-105-80
⑤突起物(大) 傾斜(急)	30-40-80-80
⑥突起物(大) 傾斜(緩)	30-40-105-80

表-2 実験条件

魚道構造	プール式台形断面魚道
魚道幅 B	0.40(m)
隔壁幅 L	0.25(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	0.05(m)

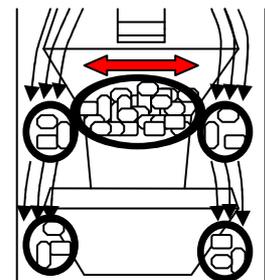


図2 礫の排出過程概要図

キーワード：洪水流，維持管理，礫の排出過程，台形断面魚道，乱流
連絡先：〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台1-8-14；TEL&FAX03-3259-0409；Email：yokyas@civil.cst.nihon-u.ac.jp

③を設置すると、プール中央部の礫の一部が浮遊しながら左右に移動し、上流側の隔壁斜面側に寄ろうとする。隔壁斜面寄りに堆積した礫は動かず、バラバラになろうとしない。全体から見て礫の排出の兆しはあまり見られない。突起物④を設置すると、プール中央部の礫の一部が浮遊しながら左右に移動するが、隔壁斜面寄りの礫はほとんど動かない。礫が浮遊してうまく主流に乗ったものは排出されるものもあったが、排出には時間がかかる。また礫同士がすぐにバラバラにはなりにくい。突起物⑤を設置すると、礫の一部が左右に動き、浮き上がろうとするが、礫同士がバラバラになりにくく、排出には至らない。突起物⑥を設置すると、礫の一部が左右に移動しながら浮遊しようとする。たまに1個排出されることもあるが、全体としてほとんどプール内に留まり、礫同士がバラバラになりにくく排出され難く、突起物⑤の時と排出過程はほとんど変わらなかった。突起物③～⑥について突起物①、②と比較して、排出され難くなったのは、突起物の高さの影響により流れが突起物を乗り越え難くなった結果、第1プール内が三次元的に乱れ難くなり、礫が排出され難くなったものと考えられる。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形状・寸法の違いによって、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。つまり、今回の実験で用いた突起物の中では突起物①が最も礫の排出に最適な形状であった。第1プールの流況を観察すると、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のと考えられる。

プール内の流速の時系列変化

突起物①を設置する前と設置した後で、第1プール内にどのような流れの違いがあるのかについて流速変動に着目し、検討した。図3に示されるように、流下方向をx方向の正の向き、横断方向左岸向きをy方向の正の向きとする。突起物を設置した場合、礫の排出の起点が第1プール下流側の左右の隅角部であることから、第1プール内の左右の隅角部を測点とした。各測点座標をa(4.5, 5.6), b(4.5, -5.6)とする。測定高さは底面から0.8cmである。測点a, bにおいて、x方向の流速uの時系列変化を見ると、突起物の有無に関わらず、負の向き、すなわち逆流方向を示し、y方向に比べて小さな変動を有する。y方向の流速vの時系列変化を測点aで検討する。突起物がない場合、正負が小刻みに生じている(図4参照)。それに対し、突起物を設置した場合、正負が小刻みに変化している時間帯もあるが、変動幅の小さい時間帯もある。すなわち、正負の向きを交互に偏り、時間的に不規則に流れの向きが変化する傾向がある(図5参照)。同様に、測点bについても測点aで得られた流速vの波形と同様の波形が得られた。さらに、第1プール内と下流側のプール内との比較を行うために、第5プール内の流速変動に着目し、同様の検討をした。第5プールでは、第1プールに突起物の有無に関わらず同様の波形が得られた。測点a, bにおいて、x方向の流速uの時系列変化を見ると、第1プールに比べ変動幅は大きくなるが、第1プールと同様に負の向き、すなわち逆流方向を示した。測点aにおいて、y方向の流速vの時系列変化を見ると、第1プールに比べ変動幅は大きくなるが、突起物を設置した第1プールと同様に正負の向きを交互に偏り、時間的に不規則に流れの向きが変化する傾向を示す波形が得られた(図6参照)。このように、流速の時系列変化から、突起物を設置することにより下流側のプール内で生じる時間的に不規則に偏る流れが第1プール内に形成され、礫が左右に揺さぶられることによって排出されることがわかる。

まとめ

プール式台形断面魚道に関して礫の排出過程および礫の排出に効果的な突起物の形状や寸法について検討した結果についてまとめる。台形型の突起物の形状・寸法は突起物①が礫の排出効果に優れていることが分かった。今後は、埼玉県の上河川に整備された突起物①を有するプール式台形断面魚道(写真2)において礫の排出性能について実際に検証する予定である。

参考文献

- 1) 林野庁, 平成19年度 生物多様性保全に資する治山対策手法録調査, pp.123-124, 2008
- 2) 安田陽一, 「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, 2006
- 3) 中島崇博, 安田陽一, 「洪水時のプール式台形断面魚道における礫の排出過程」, 第37回土木学会関東支部技術研究発表会 CD-ROM, 2010

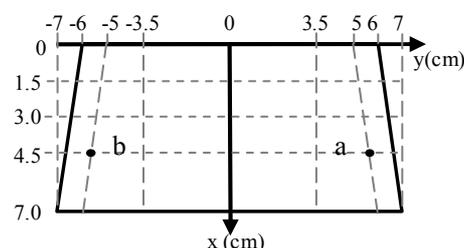


図3 プール内測点図

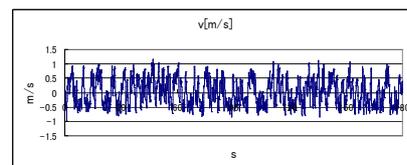


図4 第1プール(突起なし)測点a(4.5,5.6)におけるy方向流速vの時系列

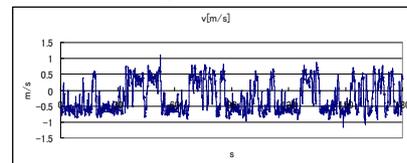


図5 第1プール(突起あり)測点a(4.5,5.6)におけるy方向流速vの時系列

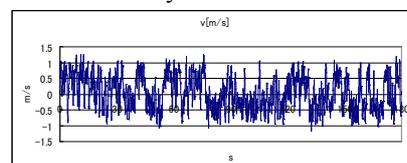


図6 第5プール(突起なし)測点a(4.5,5.6)におけるy方向流速vの時系列



写真2 実河川に設置された突起物