

台形断面魚道の水理特性

日本大学大学院理工学研究科 学生員 ○猪俣一成

日本大学理工学部 正 員 高橋正行

日本大学理工学部 正 員 安田陽一

日本大学理工学部 正 員 大津岩夫

河川に生息する水生生物が広い範囲で生息できるように、河川横断構造物において魚道を設置することが積極的に行われている。現在設置されている魚道のほとんどが遊泳魚（特に水産性の高い魚種）を対象にしているため、プール式魚道が多く、その断面形は長方形断面となっている¹⁾。この場合、甲殻類および底生魚の遡上は困難であり、出水時にはプールに土砂が堆積しやすい構造となっている。最近、著者らは遊泳魚ばかりでなく甲殻類、底生魚の遡上・降河に配慮した台形断面魚道を提案し、その提案魚道が実河川に設置されている。調査の結果、遊泳魚ばかりではなく甲殻類・底生魚の遡上・降河が認められた²⁾。また、出水後においてプール内に土砂が堆積していないことが確認できた。

本研究では、提案した台形断面魚道において、土砂がプール内に堆積しにくい流れの構造であることを解明するため、台形断面魚道模型（1/2スケール）を用いてプール内での礫の排出過程を観測し、排出重量、プール深さ、流量の関係を示した。また、プール内の流速場を計測し、礫の排出過程と流れ場との関係を明らかにした。

実験

実験で用いた台形断面魚道模型（1/2スケール）は魚道勾配15%、越流面42度、側壁45度、背面61度を有する魚道（写真-1、図-1）である。提案魚道内の礫の排出過程を知るために流量・プール深さを変化させ、模型プール内に礫を投入し、排出過程の目視観察およびビデオ撮影を行った。なお、排出された礫については、重量および体積を計測した。また、模型プール内の流速場を調べるため、2次元電磁流速計（採取間隔：50ms、採取時間：30s）を用いて計測した。実験条件については表-1に示す条件で行った。

排出過程の考察

プール内で礫が堆積しにくい状況であることを考察するため、礫の大きさ、重量を変化させて、台形断面魚道模型に礫を投入し、礫の排出過程を観察した。魚道のプール内から排出された最大の重量 W を水の密度 ρ 、限界流速 V_c および礫を球と見立てた投影面積 $A(=\pi r^2; r$ 礫の最大半径) を用いて無次元化し、次の関係で整理したものを図-2に示す。

$$W / \left(\frac{1}{2} \rho V_c^2 A \right) = f \left(\frac{s}{h_c}, \frac{h}{s} \right) \quad (1)$$



写真-1 実験に用いた

台形断面魚道模型

表-1 実験条件

流量 (l/s): $11.0 \leq Q \leq 51.9$
水路勾配: 15% 越流面: 42度
背面角度: 61度 側壁角度: 45度
プール深さ h (cm): 18, 23
落差高さ s (cm): 9.0
礫 (g_w): 13.5, 41.0, 99.5
41.0, 69.7, 111

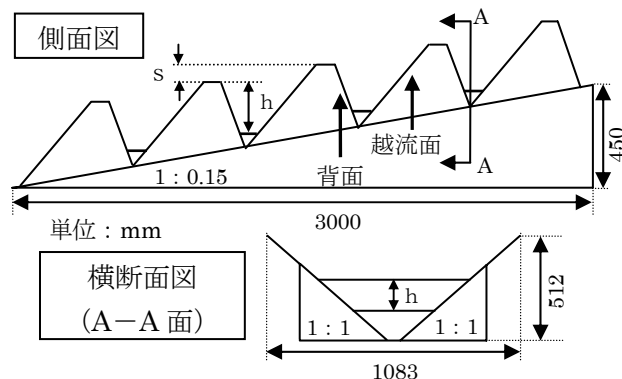


図-1 台形断面魚道模型図

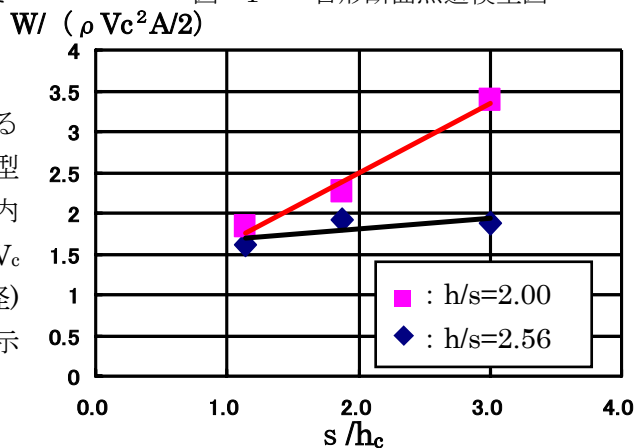


図-2 流量と礫の重量との関係

キーワード：魚道、台形断面、遡上・降河、礫の運搬、瞬間最大流速

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

ここに、 s/h_c は各ステップの相対落差高さ（ s ：落差高さ、 h_c ：限界水深）を示す。また、 h/s は相対プール深さであり落差高さを基準としてプール深さを相対的に表したものである。

図-2 に示されるように、相対プール深さ h/s によって相対落差高さ s/h_c による限界排出重量を示す無次元量 $W/(\rho V_c^2 A/2)$ の変化傾向が異なる。 $h/s=2.00$ の場合、相対落差高さ s/h_c が大きくなるにつれて $W/(\rho V_c^2 A/2)$ が大きくなる。これは、 s/h_c が大きくなるにつれてプールに突入する射流の流速が相対的に大きくなり排出可能な重量が相対的に大きくなったものと考えられる。 $h/s=2.56$ の場合、 s/h_c による $W/(\rho V_c^2 A/2)$ の大きさの変化は小さい。これはプール深さが $h/s=2.00$ の場合より相対的に深くなり、プール内に潜り込んだ主流が底面に沿って流下するものの、主流の流速が底面に到達する前に減衰しやすくなったためと考えられる。なお、観察記録によると、プール内に突入した礫がプールから排出される場合、越流面に沿って流下した主流によって礫が浮き上がり、瞬間的に生じる速い流れによって隔壁頂部まで礫が輸送され、プールから排出されていた。

プール内の流速場

台形断面魚道模型のプール内における時間平均流速の一例を図-3、瞬間最大流速を図-4に示す。図-3より越流面に沿って高速流が形成され、底面までその流れが続いていることがわかる。これは、越流面の傾斜角度が大きく下流水深が大きいため、主流が底面に沿い易くなったものと考えられる。水面形を観察すると魚道中央の隔壁天端上部において、水面の盛り上がりが確認された。この水面形の盛り上がりは、主流が隔壁越流面に沿って流れ底面まで到達し、台形断面の形状によって側壁から中央部に向かって流れが集中するためと考えられる。側壁から中央に流れ込むことによって、魚道中央部の主流は矩形断面の場合より速くなり、排出効果が矩形断面の場合より大きくなりがちになるものと考えられる。

図-3と図-4より、瞬間最大流速と時間平均流速とを比べてみると、瞬間最大流速ベクトルにおいても平均流速の場合と同様な傾向を示している。このことから、プール内で周期的な変動が生じるものと考えられる。また、礫の排出過程の観察より、投入された礫はプール内で一時底面に留まった後、ある段階で排出される動きがみられた。このことより、礫の排出には時間平均的な流れよりも瞬間最大流速の流れが大きく関与しているものと推定される。

謝辞

本研究を行うにあたり、(財)長崎県建設技術センターからの研究助成を受けた。ここに、記して謝意を申し上げる。

まとめ

模型実験での台形断面魚道プール内の流速測定結果および排出過程の観察から、プール内では主流が底面まで達し、側壁から中央に向かって流れ込みが生じることも重なって底面付近に速い流れが存在する結果となり、礫を排出しやすい構造となっていることを示した。また相対落差高さが大きくなると、形状の影響も重なって、プール深さの違いにより限界排出重量を示す無次元量の値の変化傾向が異なることを示した。さらに、礫の排出過程には瞬間最大流速の流れが大きく関与していることを示すことができた。

参考文献

- 1) 最新 魚道の設計—魚道と関連施設— (1998), (財) ダム水源地環境整備センター編, 信山社サイテック
- 2) 安田陽一、大津岩夫、三矢泰彦、浜野龍夫 (2003), 多様な水生生物の遡上・降河に配慮したスリット砂防堰堤に設置する魚道の提案とその効果, 河川技術論文集, 第9巻, pp.487-492.

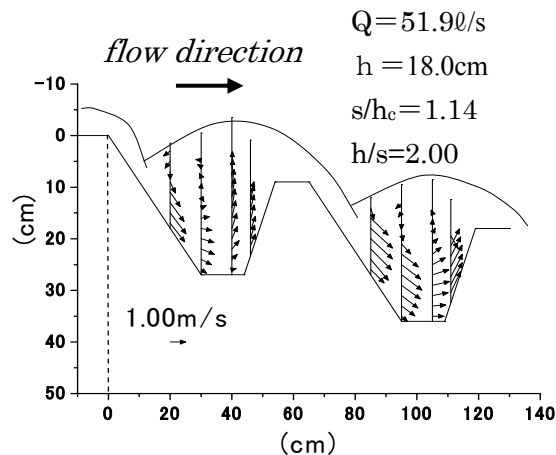


図-3 水路中央断面での
時間平均流速ベクトル図

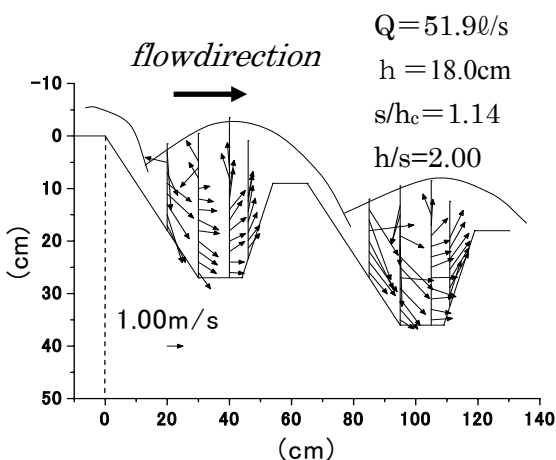


図-4 水路中央断面での
瞬間最大流速ベクトル図