

洪水時に輸送された礫の排出可能な折り返し魚道の提案

Proposal of reverse type fishway with exhaust system of transported cobblestones during floods

日大理工土木 正会員○安田陽一

日大理工土木 フェロー会員 大津岩夫

河川横断構造物周辺の河川環境の改善、特に河川に生息する遊泳魚、底生魚などの生態系保全の観点から魚道整備が行われている。土砂や礫の流出量を調整するため、および山脚固定をするために設置された砂防堰堤（または治山ダム）の場合、堰堤上流部が満砂状態になっている場合が多い。堰堤高さが大きい箇所では魚道整備を行う場合、折り返し型魚道が用いられている。しかしながら、従来の折り返し型魚道における水理特性が解明されていないため、洪水時に輸送される礫が魚道内に堆積し、魚道としての機能を失う箇所が多い。最近、魚道の構造によってプール内の礫の排出機能に違いが生じることが明らかにされている¹⁾。溪流河川に設置された河川横断構造物に魚道を整備する場合、魚道内での砂礫の排出機能を持たせることは魚道の維持管理上必要である²⁾。ここでは、礫の排出機能を有する折り返し魚道を提案した。また、折り返し部において出水時の水理特性として興味深い結果が得られたので報告する。さらに、魚道内に輸送された礫が出水時の流れによって排出されることを報告する。

実験 水路幅 80cm、水路長 18m、水路高さ上流部 1 m、下流部 60cm を有する長方形断面水路に 10 分の 1 模型（写真 1）を設置した。表 1 に実験条件を示す。なお、魚道上流端で限界流の条件に基づき限界水深を算定している。流況を把握するため、デジタルカメラおよびデジタルビデオカメラを用いて撮影記録している。流速はピトー管を用いて測定した。導流壁に作用する圧力はマノメータに接続された圧力取り出し孔を用いて測定した。

礫の排出を考慮した折り返し魚道の提案

魚道内の構造はプール式台形断面³⁾とし、魚道勾配を 7 分の 1 としている。折り返し部では、隅角部がないように、3:2（鉛直：水平）の傾斜面を有する側壁部を設けている。導流壁の高さを 11 cm（原型で 1.1 m）、1:1 の傾斜面を有する側壁部の高さを 9cm（原型で 0.9 m）としている。折り返し部では 3:2（鉛直：水平）の傾斜面を有する側壁部の高さを 8cm（原型で 0.8 m）としている。隔壁間の落差を 2.5cm（原型で 0.25 m）とし、魚道のプール長は 17.5cm（原型で 1.75 m）となっている。また、隔壁の越流幅を 17cm（原型で 1.7 m）、隔壁上流側のプール高さ（プール底面から隔壁天端までの高さ）を 5cm（原型で 0.5 m）、魚道幅を 26.8cm（原型で 2.68 m）としている。魚道下流端においても、隅角部がないように傾斜面を有する側壁部を設置している。

出水時の魚道内の流況 写真 1 に示す折り返し魚道模型を用いて、流量規模を変えて流況の変化過程を検討したところ、流量の増加に伴い潜り込み流れから折り返し部を除く魚道内を射流で流下する流況へと変化する。特に魚道内を射流で流下する場合



写真 1 折り返し魚道模型

表 1 実験条件

魚道勾配 i	1:7	魚道内側壁勾配	1:1
魚道総落差	5m(原型)	魚道隔壁個数	20
隔壁上流側のプール高さ/隔壁間の落差(h/s)	2		
魚道幅/プール長(B/L)	0.65		
隔壁間の落差/限界水深(s/h_c)	$0.33 \leq s/h_c \leq 1.92$		

写真 2 $s/h_c = 0.357$ の流況($h_c = 70\text{cm}$ の場合)

キーワード：折り返し魚道、プール式魚道、台形断面魚道、多様な水生生物、排砂機能

連絡先：〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8 TEL/FAX 03-3259-0409

(写真 2)、折り返し部において跳水が形成され、主流は底面に向けて潜り込みが形成される。なお、折り返し部の導流壁では主流が衝突したときに生じる水面の沸きあがり観察されなかった。また、本条件では、流量 Q が $3.1 \text{ m}^3/\text{s}$ (原型のスケールに換算した値) 以上になると、折り返し部の導流壁から越水する流れが見られるようになる。

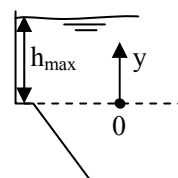


図 1 折り返し部導流壁での水深の定義図

折り返し部導流壁における流量変化に伴う水位変化 折り返し部の導流壁において水位が最も高くなった箇所(写真 2)を対象に側壁天端からの最大水深 $h_{\max}$ (図 1)と限界水深 h_c との関係を整理したものを図 2 に示す。なお、ここで示す最大水深は最も大きくなった瞬時の水深として定義している。図に示されるように、最大水深は限界水深の変化に対して直線的に変化する。また、限界水深が 60 cm 以上になると越水しはじめるようになる。ただし、 $h_{\max}$ は瞬間の水深であることから、常時越水する状態は限界水深が 75 cm 以上(流量が $4.3 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上)から生じる。

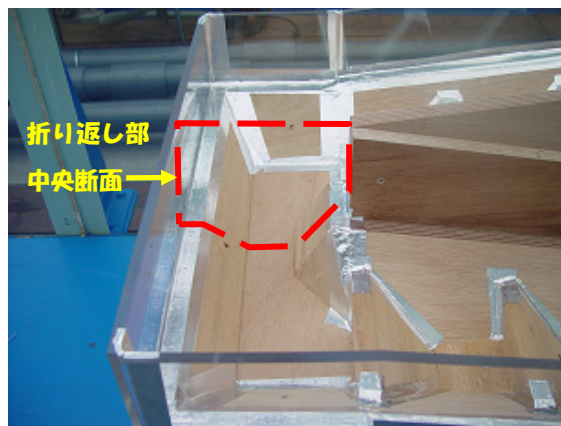


写真 3 折り返し部の構造

折り返し部導流壁における圧力分布 最大水深が生じた箇所(写真 2 参照)の側壁および導流壁に作用する圧力および流体運動による圧力を水頭で示したものを図 3 に示す。図に示されるように、提案した折り返し部の構造では、圧力はほぼ静水圧分布となる。この点は今までの認識にはなかった知見である。

折り返し部中央の側壁および導流壁に沿った流速分布 時間平均された流下方向流速(水平成分)の深さ方向の分布を図 4 に示す。折り返し部中央断面(写真 3 参照)では通水空間が最も狭くなっているため、図に示されるように、 $2.0 \sim 2.5 \text{ m/s}$ の流速となっている。このことから、出水時には礫が速やかに輸送されることが推定される。なお、 $5 \text{ mm} \sim 25 \text{ mm}$ 径の礫を用いて魚道内の礫の排出実験¹⁾を行ったところ、投入した礫を排出することが可能となった。すなわち、提案魚道には礫の排出効果が期待できることがわかった。

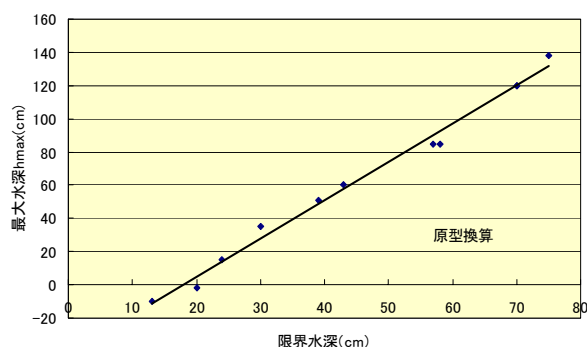


図 2 折り返し部導流壁での最大水深と流量との関係 (原型のスケールに換算して表示)

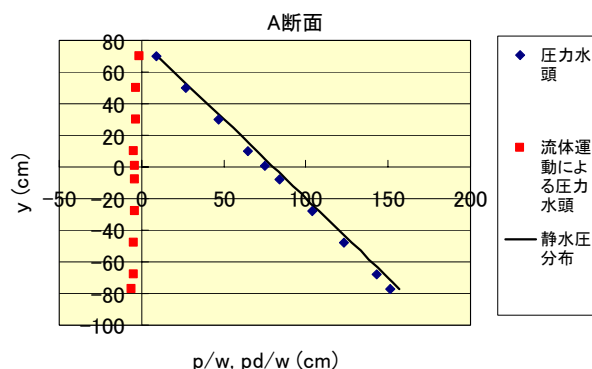


図 3 折り返し部導流壁において最大水深が生じた位置の圧力分布 ($h_c = 70 \text{ cm}$ の場合) (原型換算値)

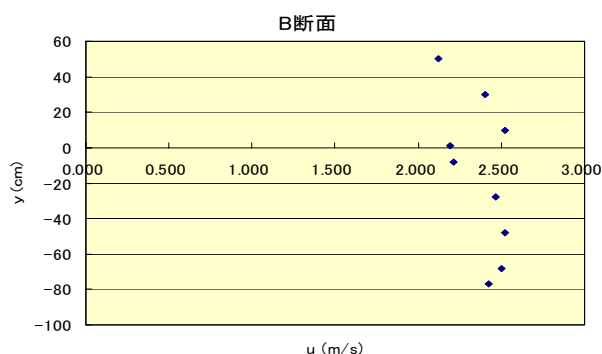


図 4 折り返し部中央の側壁および導流壁面に沿った流下方向成分の流速分布 ($h_c = 70 \text{ cm}$ の場合) (原型換算値)

参考文献 1) 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効果，第 4 回流体力の評価とその応用に関する講演集，土木学会，基礎水理部会，2006，CD-ROM. 2) 安田陽一；魚道整備における工学と生態学との連携，日本水産学会誌，特集 河川管理—ダムと水産，Vol. 73, No.1, pp.116-119, 2007. 3) 安田陽一ら他 4 名；長崎県千綿川に設置された台形断面魚道の特徴と魚道の効果，第 11 回河川技術論文集，土木学会，pp.435-440, 2005.