

## 砂防えん堤に設置された沈水型石樋魚道流入口周辺の流況に関する水理的検討

Hydraulic investigation on flow condition around inlet of piled stone tunnel type fish passage installed in Sabo dam

日本大学理工学部土木工学科 正会員 安田陽一  
日本大学理工学部土木工学科 学生会員 ○宮田逸平  
新田造園土木株式会社 非会員 新田元大

### 1. はじめに

満砂状態の不透過製砂防えん堤において、水生生物の移動を可能にするためには、魚道を設置することが一般的である<sup>1)</sup>。満砂状態の砂防えん堤に整備する魚道は基本的に張り出し型魚道が多く、落差が大きい場合や魚道ばかりでなくえん堤の水通しから越水する場合、迷入防止対策として折り返し式魚道を整備することがある<sup>1)</sup>。えん堤の設置状況によっては、えん堤下流側が峡谷となっていることがあり、張り出し型の折り返し式魚道の整備が難しい場合がある。最近、砂防えん堤に設置されている水抜き穴を利用した石組みで構成された沈水型石樋魚道(堆積土砂内に設置可能な自然石魚道)が提案され<sup>2)</sup>、実績的に2か所の施工が行われた。整備された中では5年以上の経過をしたものもあり、洪水流によって輸送される砂礫によって魚道機能が損なわれることはなかった。現段階では、出水後において魚道機能が維持できる科学的な根拠が明確ではない。ここでは、沈水型石樋魚道が施工された現場で平水時の現地計測を行い、魚道流入部の流れを考察した。また、模型実験によって、魚道流入口周辺の流れについて実験的な検討を行ない、輸送される砂礫に流入部付近が閉塞されにくいことを考察した。

### 2. 既設の砂防えん堤に設置された沈水型石樋魚道の事例

群馬県藤岡市内を流れる利根川の支川である三波川に設置された砂防えん堤〔水通し幅 10 m、えん堤高さ 10 m (実質の落差 8m)〕において沈水型石樋魚道が設置されている。この魚道は国土交通省による新技術情報システムに登録され (NETIS 登録 KT-100040)、群馬県の平成 24 年度環境新技術促進事業に採用されている<sup>3)</sup>。この場合、砂防えん堤に敷設されている 0.3 m×0.3 m の水抜き孔から魚道勾配 1/10、魚道内の幅 0.3~1.4 m、魚道内高さ 0.5~0.7 m、魚道延長 80 m となるように、巨礫及び砂礫によって構成された沈水型石樋魚道となっている。諸元を図-1 に示す。また、水抜き孔から河川へ円滑に接続できるように、写真-1 に示されるように石組みの魚道が設置されている。魚道が竣工するまでの施工過程を写真-2 に示す。施工当時、沈水型石樋魚道内の水理特性が不明瞭であるため、写真-3 に示されるように、巨礫で蓋をする前に流況確認をしながら施工を進めていた。写真-4 は魚道流入口付近の平水時の流況を示す。この場合、出水時に輸送される礫によって堆積が生じない工夫がされている。

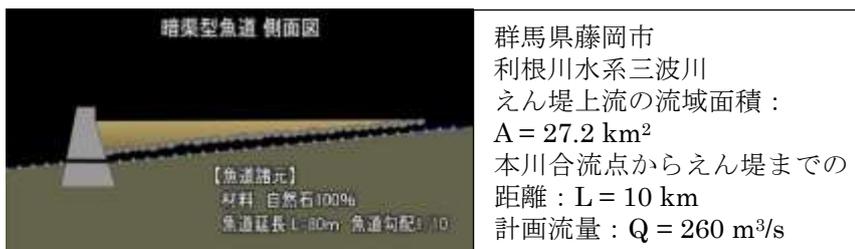


図-1 三波川に設置された沈水型石樋魚道の諸元



写真-1 水抜き孔から河川に接続する魚道



1) えん堤直上流部

2) 魚道に巨礫を掛けた状態

3) 砂礫によって魚道上部を覆った状態

写真-2 沈水型石樋魚道(堆積土砂内に設置可能な自然石魚道)の施工過程

キーワード：洪水流，魚道，砂防えん堤，石組み，溪流河川

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-3 巨礫によって蓋を掛ける前の流況確認のために通水している状況



1) 魚道流入口の構造

2) 流入口周辺の流況

写真-4 魚道流入口の構造および流入口周辺の流況



写真-5 現地計測した時の流況および測定箇所

表-1 現地計測データ

測定箇所	u(m/s)	h(m)
1	1.1	
2	0.7	
3	0.5	
4	0.4	25
5	0.95	50
6	0.2	25
7	0.2	
8	1	80
9	0.9	40
10	0.9	40
11	1.15	40
12	1.45	40
13	1.15	50
14	1.5	30

### 3. 沈水型石樋魚道流入口周辺の現地計測結果

写真-5 は魚道流入口周辺の物理環境を測定したときに流況および計測箇所を示す。また、流速および水深測定データを表-1 にまとめる。流速の測定には、KENEK 製のプロペラ流速計(プロペラ径：2cm)を用いた(平均時間：20 sec, 1 秒間のパルス数を平均)。水深については、ピンポールおよびポールを利用して計測した。魚道が施工された現場では魚道流入部より 6 m 上流側にある床固め工設置箇所(幅：約 4 m)で限界流を通過する支配断面が生じていることから、簡易的に限界水深(約 8 cm)から流量を換算した(換算結果：約 0.28 m<sup>3</sup>/s)。

計測は 2014 年 10 月 9 日に実施し、流量規模から平水時より若干増水した状態となっている。測定箇所 No. 7, 10, 11, 12 付近に生じている潜り込み流れ周辺以外では逆流域は見られない。魚道流入部では潜り込み流れが形成されているため、逆流を伴った流れが流入しているため、滞留する流れにはならず、魚道に流入しやすい状態となっている。また、測定箇所 No. 6 周辺では、流速が 0.2 m/s となり、溯上した遊泳魚が休息できる状態になっている。測定箇所 No.1~5, および 10~13 から、主な流れは右岸側に位置する。流入口上流側の河道を観察すると、写真-4 (2) に示されるように、中小洪水の流れが左岸側から右岸側に偏向しやすい環境にあることから、魚道流入部に直接、洪水時の主流が位置しないことが推定される。すなわち、輸送される砂礫や流木は主流の影響を受けて右岸側を中心に掃流されることが考えられる。その一方、減衰期に堆積傾向になる粒径の小さい砂礫が魚道流入部付近に堆積する可能性があるが、測定箇所 No.9 からの流れが潜り込むことによって局所洗掘が発生されやすく、流入部周辺のプールが維持できる状態が期待できる。水中撮影すると、流入部周辺には 2 cm 以下の粒径は観察されなかった。すなわち、排出されていることが確認される。なお、魚道内に 10cm 以下の粒径が混入しても魚道内の流量が出水時に増加し、乱れの影響を受けて、輸送される礫が排出されることが期待できる。実際に、魚道流入部の流入環境は変化せず、砂礫によって閉塞されていない。



1) 上から見た状況



2) 下流側から見た状況



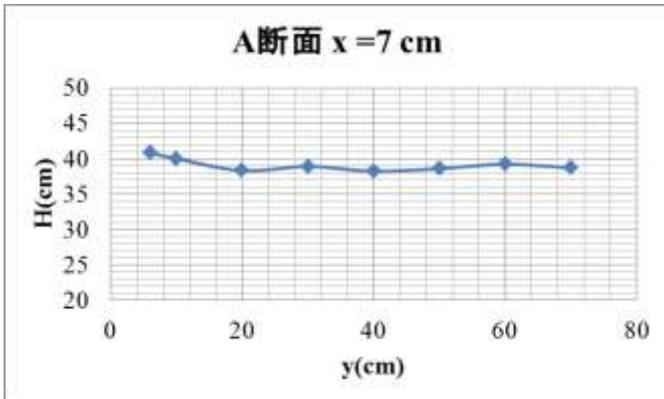
3) 横（側壁）から見た状況



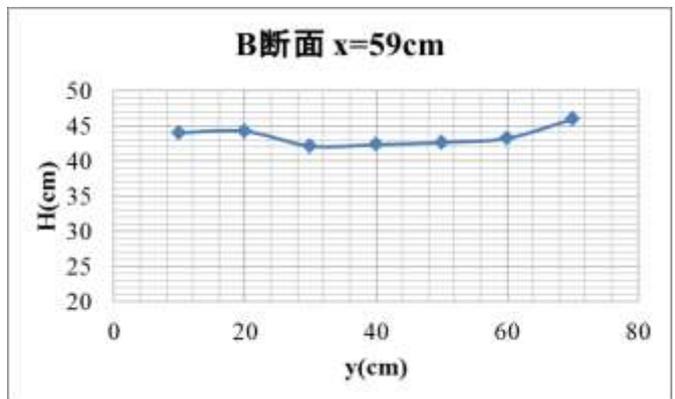
写真-7 Case 1で観察される流況

写真-6 沈水型石樋魚道模型の測定断面および箇所の表示  
表-2 模型実験による測定データ一覧

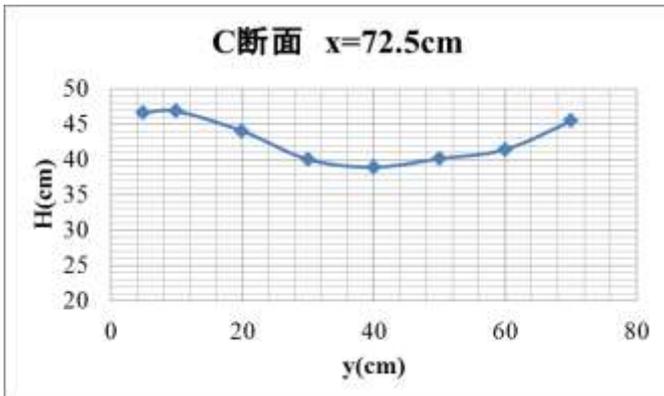
Case 1	Q(m <sup>3</sup> /s)	0.0465	Case 2	Q(m <sup>3</sup> /s)	0.0299	Case 3	Q(m <sup>3</sup> /s)	0.0171	Case 4	Q(m <sup>3</sup> /s)	0.00504	Case 5	Q(m <sup>3</sup> /s)	0.0627
測定番号	流速(cm/s)	水深(cm)	測定番号	流速(cm/s)	水深(cm)									
1	122.1	4.8	1	102.7	3.9	1	90.3	3	1	22	1	1	143.7	6
2	43.8	4	2	41.2	3.5	2	44.1	1.9	2	35.4	0	2	45.2	5
3	31.5	5	3	21.8	4.3	3	23.3	1.8	3	26.1	0	3	32.1	6.3
4		5	4		3	4		1.1	4		0	4		4.5
5		13.7	5		12.3	5		10.1	5		6.8	5		13.9
6	44.9	11.9	6	36.6	9.5	6	33	8.4	6	30	4.3	6	63.6	11.9
7	13.1	12.5	7	17.1	10	7	7.7	9	7	4.3	5.3	7	23.6	12.6
8	52.6	8.5	8	51.3	6.6	8	39.5	4.8	8	11.6	1.8	8	82.9	9.1
9	60.6	8.5	9	52.6	6.7	9	41.2	5	9	20.9	3.4	9	84.2	9.5
10	68.8	9	10	56.1	7.9	10	48.3	5.9	10	31.7	1.7	10	89.7	9.7
11	88.4	4	11	65.1	3	11		0.7	11		0	11	101.2	4.9



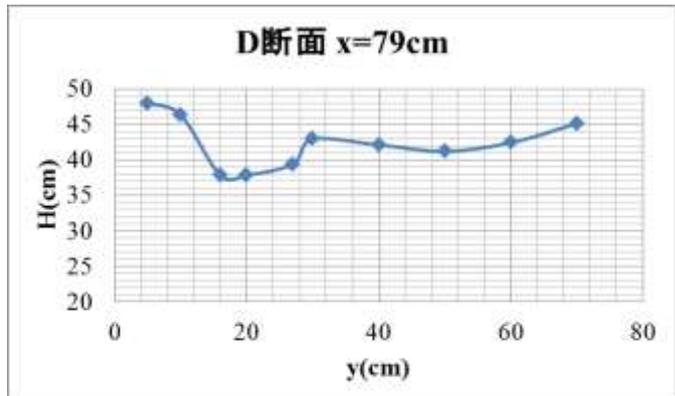
1) A断面の河床レベル



2) B断面の河床レベル

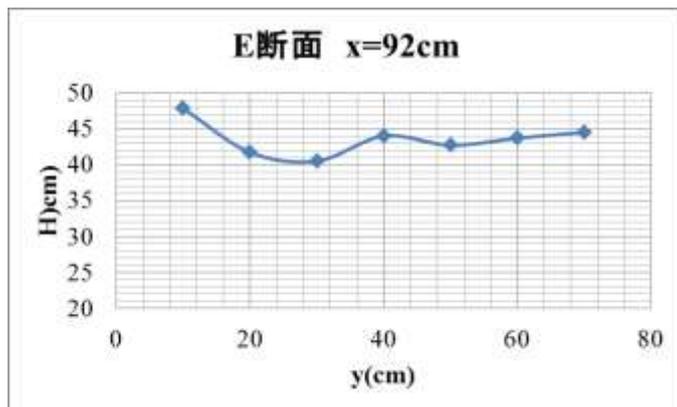


3) C断面の河床レベル



4) D断面の河床レベル

図-2 各測定断面の河床レベル



#### 5) E断面の河床レベル

図-2 各測定断面の河床レベル (つづき)

表-3 測定箇所の河床レベル

測定箇所	x(cm)	y(cm)	H(cm)
1	1	35	40
2	7	6	40.8
3	59	6	45.5
4	72.5	5	46.6
5	79	16	37.8
6	82	21	40
7	79	27	39.4
8	79	30	42.9
9	79	65	42
10	92	20	41.7
11	92	10	47.8

#### 4. 模型実験による魚道流入部周辺の水理学的な検討

流量規模の変化に伴う沈水型石樋魚道の流入部周辺の流れを定性的に把握するため、1/200 勾配を有する長方形断面水路中に写真-6 に示す満砂状態の砂防模型を設置し、左岸側に沈水型石樋魚道を設けた。この模型では、下流端に 20 cm 高さの合板 (板厚 21 mm) を鉛直に設けて、左岸側に堰上げ板の上端から 8 cm 下に 5 cm 四方の水抜孔を設けた。また、10 cm~15 cm 径のホワイトストーン、および 5 cm 前後、2 cm 前後、1 cm 前後、5 mm 前後の混合粒径の玉石を用いて堆積部、沈水石樋魚道を作成した。使用した礫の径から透水性が高いので魚道内の流れは参考値として取り扱うこととする。表-2 に計測結果をまとめたものを示す。写真-6 には流速および水深の計測位置が付記されている。写真-7 は Case 1 の流況を示し、射流の状態で流下している。他のケースについても、流量が極端に小さい場合を除けば、同様な流況となっている。測定箇所を含む横断面形状を図-2 に示す。図-2 に示されるように、主流は左岸側から右岸側に偏向するように河床を整形している。なお、表-3 は測定箇所の河床レベルを示す。流速測定結果から、測定箇所 No.7 では流速は遅くなるが、No.6 では主流の流れの影響によって流速が大きくなっている。このことは輸送された礫が掃流されやすいことを示す。なお、C 断面に見られる左岸側の窪んだ箇所では、逆流を伴った滞留域にはなっていない。これは、図-2 (5) に示す E 断面の横断面形状から、左岸側の窪みからの流れこみがあるため、滞留域が形成されにくいものと考えられる。また、測定箇所 No.6, 8, 9 の流速値から流出してくる流木が C 断面左岸側の窪みに滞留しにくい状態となっている。これらの結果から、魚道流入部付近の石組みの仕方 (出水時にも窪みに掃流力が高まる流れ込みが生じるように石組みされた状態、ダイヤモンドロック工法) によって輸送される砂礫が流入部付近に閉塞されにくいことが推定される。

#### 5. まとめ

群馬県藤岡市内を流れる利根川の支川である三波川に設置された砂防えん堤において沈水型石樋魚道が施工された現場で平水時の現地計測を行った結果、魚道流入部では潜り込み流れが形成されているため、逆流を伴った流れが流入しているため、魚道に流入しやすい状態となっている。また、流入口上流側の河道を観察すると、中小洪水の流れが左岸側から右岸側に偏向しやすい環境にあることから、魚道流入部に直接、洪水時の主流が直接流入口に当たることはないことが推定される。また、実験水路に写真-6 に示す満砂状態の砂防模型、および左岸側に沈水型石樋魚道を設け、魚道流入口周辺の流れについて実験的な検討を行った結果、魚道流入部付近の石組みの仕方 (出水時にも窪みに掃流力が高まる流れ込みが生じるように石組みされた状態、ダイヤモンドロック工法) を導入することによって、輸送される砂礫が流入部付近に閉塞されにくい環境となることが推定された。

#### 参考文献

- 1) 安田陽一, 技術者のための魚道ガイドライン-魚道構造と周辺の流れからわかること-, コロナ社, 2011, 154 pages.
- 2) 国土交通省新技術情報システム, 沈水型石樋魚道, [http://www.netis.mlit.go.jp/NetisRev/Search/NtDetail1.asp?REG\\_NO=KT-100040](http://www.netis.mlit.go.jp/NetisRev/Search/NtDetail1.asp?REG_NO=KT-100040), 2015.01.03閲覧.
- 3) 三陽技術コンサルタントHP, 新規事業の自然石魚道工法, [http://www.sanyo-geo.co.jp/next\\_3.html](http://www.sanyo-geo.co.jp/next_3.html), 2015.01.03閲覧.