

土砂吐き上の溯上可能なブロック配置の提案と流速場の実験的検討

Experimental investigation on velocity fields in fish-way with blocks installed in sand waste slope

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 正会員 高橋直己
日本大学理工学部土木工学科 学生会員○中村裕美

1. はじめに

利水目的に設けられた頭首工（堰）において遊泳魚を中心とした水生生物の溯上を可能にするために魚道が整備されている¹⁾。しかしながら、蛇行河川のインコース側に魚道が整備されている場合、魚道直上流側に堆砂が進み平水時には魚道側に水が流れない場合がある。また、利水のために水位上昇させている場合でも、取水量を確保するため、魚道最上流部に堰板が設置され、ほとんど通水しない場合がある。これらの原因で魚道がほとんど機能していない状態が発生するが、経済的な事情で魚道改善することが困難な場合がある。このような状態においても河川に生息する水生生物の生態系保全から連続性確保するための工夫が必要不可欠である。ここでは、利水機能を維持するための土砂吐き²⁾に着目し、土砂吐きの斜面に角柱ブロックを設置して、水生生物の溯上可能な流れを形成させるための流速場について検討し、溯上可能な経路を提示した。

2. 頭首工の魚道と土砂吐きとの位置関係

対象とする頭首工の平面図を図1に示す。土砂吐きは1/4.75勾配の傾斜面を有するものであり、土砂吐きの幅は原型換算で5.0m(上流部)から5.7m(下流部)となっている。また、斜面長は7.7mである。既設の魚道は階段式魚道であり、対岸側に位置し、魚道上流端で土砂が堆積し、河川流量が豊水流量規模のときに初めて流れるようになっている。

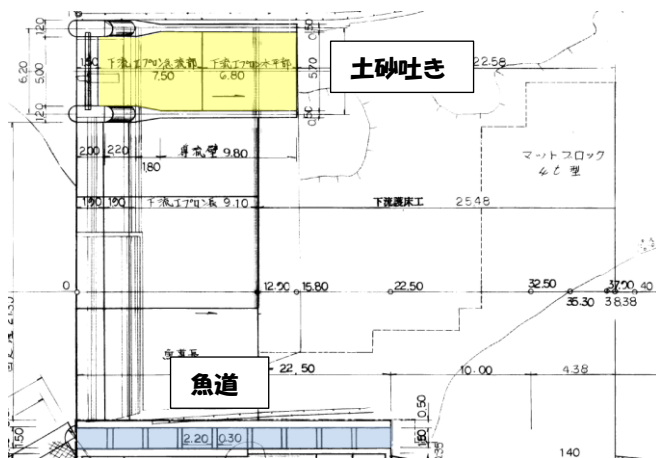
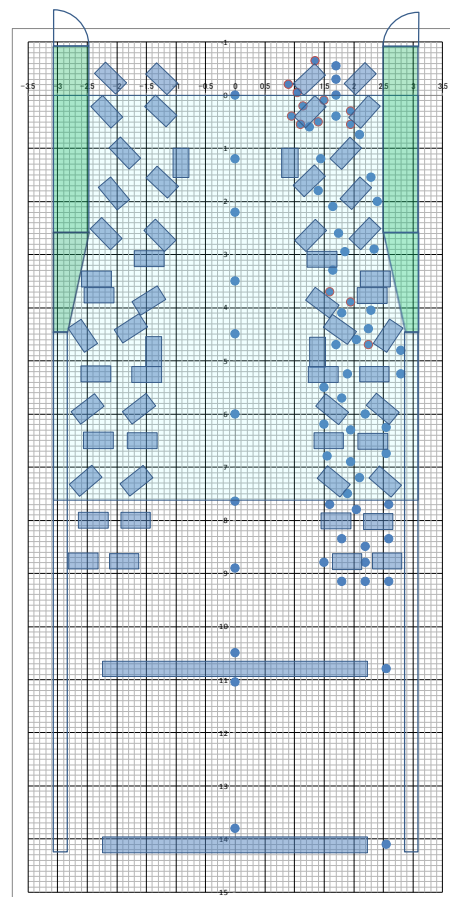


図1 対象とした頭首工の平面図

2. ブロック配置の提案

土砂吐き斜面上で遊泳魚が溯上可能な環境にするために30cm四方の断面で、断面に直交する長さが50cmを有する角柱ブロックを斜面に配置して溯上可能な環境を提案する。提案した特徴を以下に示す。

- ・土砂吐きの機能を維持するために、中央部では土砂排出の阻害にならないようにブロックを両側に設置する。
- ・洪水時にはブロックに過剰な流体力が作用しないようにするため、ブロックを斜めに設置する。
- ・様々な流量規模に応じて溯上可能な流れにするため、上流部のブロックの設置方向を図に示すようにYの字の向きに設置し、中央から下流部にかけて図に示すようにブロックをハの字の向きに設置する。これは



注意：但し、傾斜面長は斜面に沿った長さとなっている

図2 土砂吐き面上に設置されたブロック配置

キーワード：魚道工，土砂吐き，迷入対策，溯上経路，局所流

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

流量規模が大きい場合には主流が中央部に向かうように(魚道に必要な流量分以外には中央に流れるように)、流量規模が小さい場合には魚道内に流入量を増やすようにするためである。

- ・個々のブロックに作用する流体力が大きくなりすぎないように、上流部のブロックによって主流を中央部に偏向させたことによって生じる剥離流れ内に中央から下流部のブロックを設置する。また、流量規模が小さい場合、ブロック内の流量を確保するため、流下方向と平行にブロックを設置する。
- ・大型遊泳魚の溯上経路を除いて洪水後にブロック間に礫に堆積し易い箇所を設け、堆積礫周辺の流れを利用して底生魚等の溯上環境につなげる。
- ・豊水時に中央に集まった流れによる河床洗掘を防ぐために、2列のブロックを設け減勢させている。
- ・土砂吐き状にブロックを設置したことによって、流積を狭めたことになり、中央部の流れが集中している。下流側の河川に円滑に接続させるため、土砂吐き直下流部で跳水が形成されるように、図1に示すように、土砂吐き下流部を横断するように減勢ブロックを設置する。

3. 実験概要

水路長 15m, 水路幅 0.8m の矩形断面水路で実験するため、7.75 分の 1 縮尺の模型を用いて土砂吐き面上にブロックを設置した場合の水理特性を検討した。土砂吐き上の流速を測定するために、KNECK 製のプロペラ流速計(プロペラ径:2cm)を用いた(平均時間:20sec, 1 秒間のパルス数を平均)。また、流量規模別の流況を記録するためにデジタルカメラを用いた。なお、実験はフルードの相似則を用いている。



写真1 土砂吐き上に設置したブロック模型

4. 流量規模別の流速場

流量規模が原型換算で 1.6, 3.0, 4.6 m³/s(渇水, 平水, 豊水)の場合の土砂吐き中央部およびブロック内の流速を測定し、その結果を図2, 3, 4に示す。図中、青の実線は想定される溯上経路を示す。また、数値は原型換算した値である。

Q = 1.6 m³/s の場合(限界水深 21.9cm)

図2に示されるように、溯上経路と想定されるブロック内の流速測定箇所の平均で水面付近は 0.78m/s(水面付近), 0.96m/s(水路床付近)となった。測定箇所によっては最大で水面付近、底面付近ともに 2.2 m/s, 最小で 0.16 m/s(水面付近), 0.15 m/s(水路床付近)となっている。ブロック設置区間以外については S2 曲線を有する漸変流となっており、流下方向に進むにつれて流速が大きくなり渇水時においても約 0.50m/s~4.5m/s で流れていた。ブロック内の流況については休息可能な常流の流れが形成され、ブロック上流部の一部で水はねが生じているが溯上には影響がないものと推定される。また、上流側のブロック間の流速が 2 m/s 以上になっている箇所があり、その周辺で遊泳魚が溯上できる流況になっているかをブロック周辺箇所の流速を測定した。水面付近ではブロックを越水している流況であり、2 m/s 以上の流速になっていたが、当該ブロック周辺の底面付近では 1.5 m/s 以下の流速となり、遊泳魚が溯上できる環境になっている。

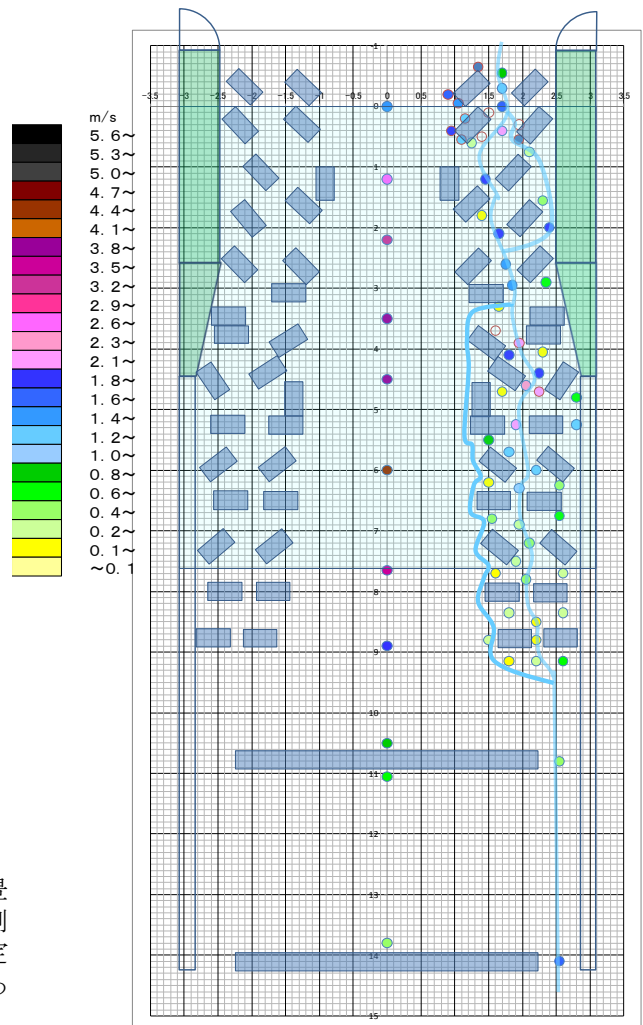


図3 渇水時の流速場 (Q = 1.6 m³/s)

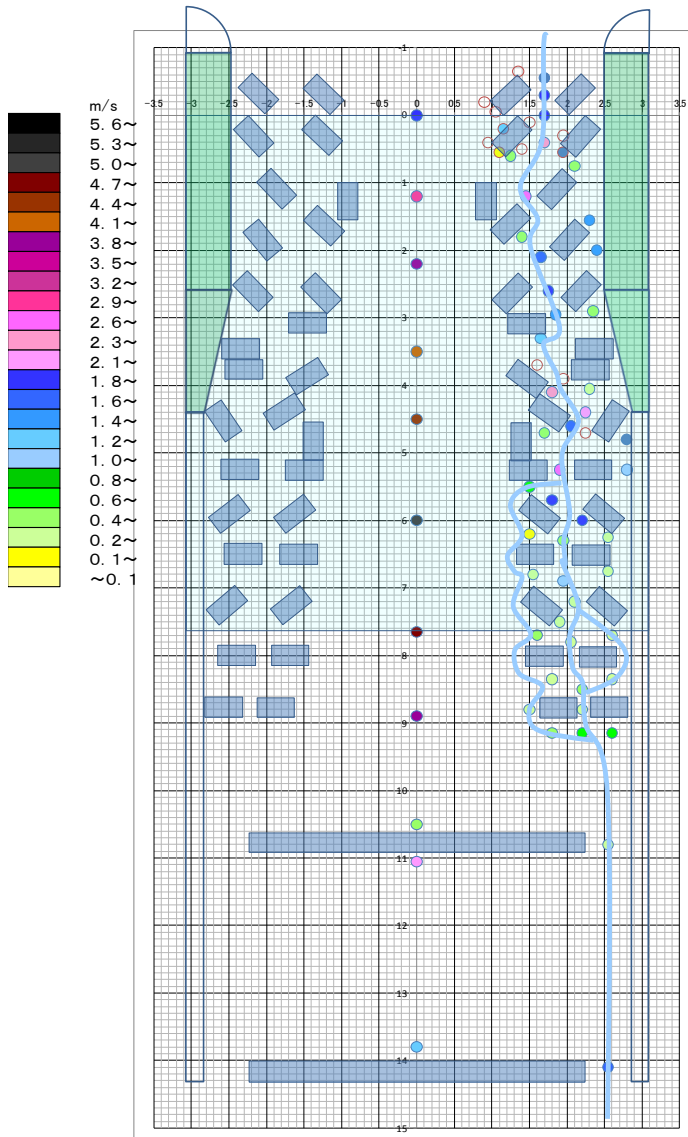


図4 平水時の流速場($Q = 3.0 \text{ m}^3/\text{s}$)

$Q = 4.4 \text{ m}^3/\text{s}$ の場合 (限界水深 42.9 cm)

図4に示されるように、ブロック内の流速は溯上可能な流速になり、溯上経路と推定される流速測定箇所の平均で 1.6 m/s (水面付近)、底面は 1.1 m/s (水路床付近) となる。測定箇所によっては最大が 3.0 m/s (水面付近)、底面は 2.9 m/s (水路床付近)、最小で水面は 0.26 m/s (水面付近)、 0.18 m/s (水路床付近) となっている。ブロック設置区間以外については、流下方向に進むにつれて流速が大きくなり最大で 4.9 m/s (水面付近)、 5.2 m/s (水路床付近) となる。ブロック内の流況について、傾斜面上流端から 3 m 以内ではブロックは水没している状態になる。また、想定される溯上経路の一つである減勢ブロックのサイドの水面付近の流速が 2.5 m/s 前後と速いが底面付近の流速が 0.35 m/s 前後に抑えられており、溯上できる環境であると考えられる。

$Q = 3.0 \text{ m}^3/\text{s}$ の場合 (限界水深 33.2 cm)

図3に示されるように、ブロック内の流速は溯上可能な流速となり、溯上経路と想定されるブロック内の流速測定箇所の平均で水面付近は 1.2 m/s (水面付近)、 1.0 m/s (水路床付近) となった。測定箇所によっては最大で 2.5 m/s (水面付近)、 2.7 m/s (水路床付近)、最小で 0.18 m/s (水面付近)、 0.17 m/s (水路床付近) となっている。

ブロック設置区間以外については流下方向に進むにつれて流速が大きくなり、中央での流れは流下方向に加速して $0.57 \text{ m/s} \sim 5.0 \text{ m/s}$ で流れている。

ブロック内の流況については休息可能な常流の流れが形成され、傾斜面上流端から 1 m 下流側で潜り込み流が形成されるようになる。また、傾斜面上流端 1 m 以内ではブロックは水没している状態になる。また、上流側のブロック間の流速が 2 m/s 以上になっている箇所があり、その周辺で遊泳魚が溯上できる流況になっているかをブロック周辺箇所の流速を測定した。

水面付近ではブロックを越水している流況であり、 2 m/s 以上の流れになっていたが、当該ブロックの底面付近の流速は 1 m/s 前後となり、遊泳魚が溯上できる環境になっている。

6. まとめ

頭首工に設置された1/4.75勾配を有する土砂吐きの傾斜面上で渇水・平水・豊水時の流量規模（ここでは，限界水深が21.9～42.9cmまで変化した状態に対応）でも溯上可能な水理環境にするために，両側に設置する矩形ブロックの配置を提案した（図1参照）．また，渇水・平水・豊水の流量規模で流速を計測した結果，溯上可能な流速まで制御でき，流量規模別に溯上経路を示すことができた．なお，どの流量の場合でも，上流側のブロック間の流速が2 m/s 以上の流れになっていたが，ブロック周辺の底面付近では2 m/s 以下の環境になっているため，遊泳魚が溯上できるものと推定される．

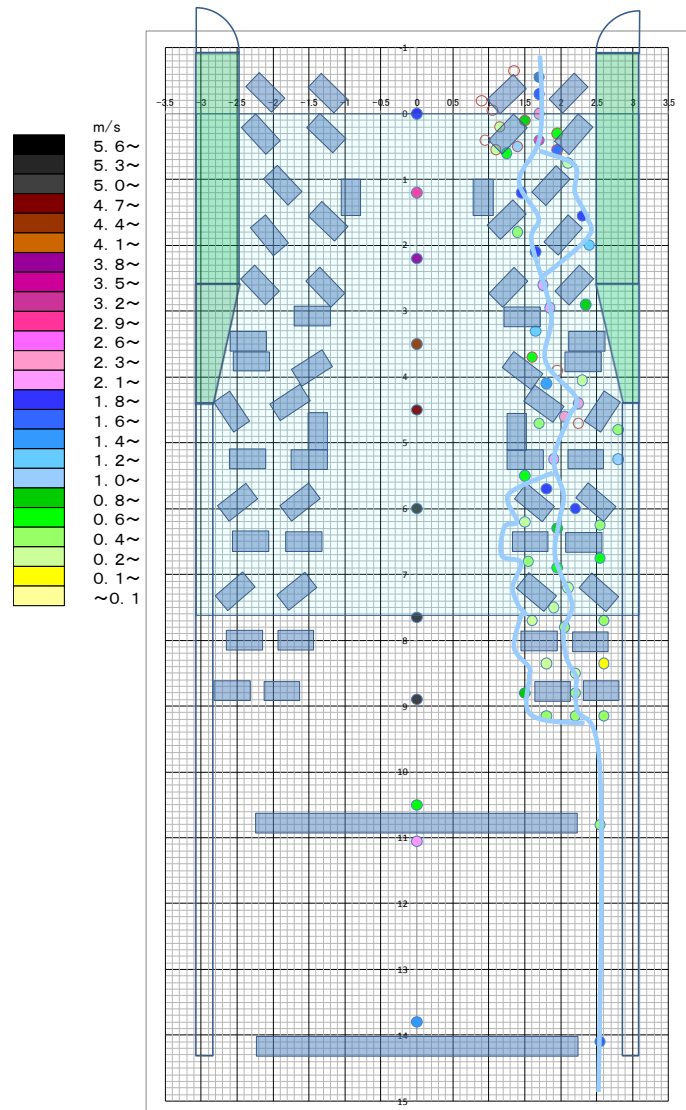


図5 豊水時の流速場($Q = 4.4 \text{ m}^3/\text{s}$)

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) 建設省河川砂防技術基準（案），設計編 I（2012），技報堂，72-73.
- 3) 安田陽一(2004)，ながれ「ながれの表情とアメニティ」87-95.
- 4) 安田陽一，高橋直己，中村裕美（2013），土砂吐き上の溯上可能なブロック配置に関する実験的検討，第67回土木学会全国年次学術講演会，第II部門，II-058，CD-ROM.

この研究は，北海道せたな町役場からの依頼研究として行われたものであることを付記する．