

## 洪水時の砂防副堰堤に設置された石組み魚道に関する実験的検討 Experimental Investigation on Stacked Boulders behind Sabo Sub-Dam during Flood

安田陽一<sup>1</sup>, ○金野滉太<sup>2</sup>  
Yoichi Yasuda<sup>1</sup>, \*Kota Konno<sup>2</sup>

**Abstract:** The installation of stacked boulders may help the upstream migration of aquatic animals as a fish passage. For the installation of stacked boulders in Sabo dam, it is important to know the stability of stacked boulders during flood stages from the viewpoint of the maintenance. This report presents stacked boulders partly installed below Sabo sub-dam during a flood stage. The stacked boulders are stable after collision due to transported stones. Also, the high velocity flow passing over stacked boulders can be dissipated in a short distance. While, at the outside area of stacked boulders, a high velocity flow continues far downstream.

### 1. はじめに

砂防堰堤において生態系保全に配慮するため、堰堤本体の切り下げや魚道整備が行われており<sup>[1]</sup>、洪水時に礫が流出しないように礫が組まれた<sup>[2]</sup>石組み魚道も全国各地に設置されている<sup>[3]</sup>。石組み魚道は遡上能力が高い遊泳魚に加えて底生魚、甲殻類などの多様な水生生物の遡上が確認されており、高い魚道機能が実証されている。ただし、砂防堰堤で魚道整備を行う場合、魚道機能の他に、洪水時の魚道および魚道周辺の流れを知ることが重要である<sup>[4]</sup>。すなわち、石組み魚道の維持管理および周辺の河床保護という観点から、石組み魚道の洪水時における状況を把握する必要がある。

ここでは、砂防副堰堤に設置した扇型石組み魚道を対象として、洪水時の流れが石組み魚道の安定性およびその周辺に及ぼす影響について実験的検討を行った。

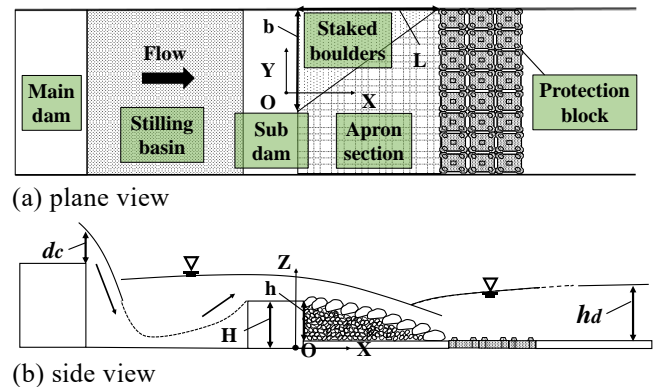
### 2. 実験概要

矩形断面水路（幅  $B = 80\text{cm}$ 、高さ  $60\text{cm}$ ）に本堤模型（高さ  $40\text{cm}$ ）および副堤模型（高さ  $H = 12\text{cm}$ ）を  $80\text{cm}$  間隔で設置した。また副堤直下流部には下流端を Stopper Block（高さ  $1.5\text{cm}$ 、幅  $5.0\text{cm}$ 、奥行き  $2.5\text{cm}$ 、天端  $1.0\text{cm}$ ）で固定した石組み魚道模型（落差  $h$ 、横幅  $b$ 、長さ  $L$ 、魚道勾配  $i$ ）を設置し、 $1/10$  の縮尺で川幅  $8\text{m}$  の砂防副堰堤における石組み魚道を再現した（**Figure 1**）。石組み魚道下流側にはホロースケアータイプの護床ブロック（幅  $10\text{cm}$ ）を流下方向に  $30\text{cm}$  設置した。流況観察から、減勢が完了している位置（ $x/d_c = 29.6$ ）で下流水深  $h_d$  を設定し、**Table 1** に示す条件下で、副堤天端から下流側の水面形、流速

分布を測定した。また case 1 は扇型石組み魚道を設置した場合の条件を示し、case 2 は扇型石組み魚道を設置していない場合の条件を示す。測定には、プロペラ流速計（内径  $3.0\text{cm}$ 、測定時間  $20\text{sec}$ ）、2次元 I 型電磁流速計（測定時間  $30\text{sec}$ 、採取間隔  $20\text{Hz}$ ）およびポイントゲージを用いた。

**Table 1.** Experimental conditions

	$H/d_c$	$h_d/d_c$	$h$ (cm)	$b$ (cm)	$L$ (cm)	$i$
case1	1.3	2.1	10	50	50	1/5
case2			- - -	without stacked boulders	- - -	- - -



**Figure 1.** Definition of installation of stacked boulders

### 3. 洪水時における石組み魚道周辺の流れ

**Figure 2** に case 1 における  $y/(B/2) = 0.93$ 、 $-0.93$  での底面形状、水面形および無次元時間平均流速分布  $\bar{u}/V_c$  の流下方向変化を示す。なお、 $y/(B/2) = 0.93$  は左岸端を示し、 $y/(B/2) = -0.93$  は右岸端を示す。**Figure 2** に示されるように、 $y/(B/2) = -0.93$  では、主流が河床付近に長く位置しているのに対し、 $y/(B/2) = 0.93$  では、主流が河床に到達することなく水面方向に上昇している。また流速が減勢し、開水路流れに回復している。

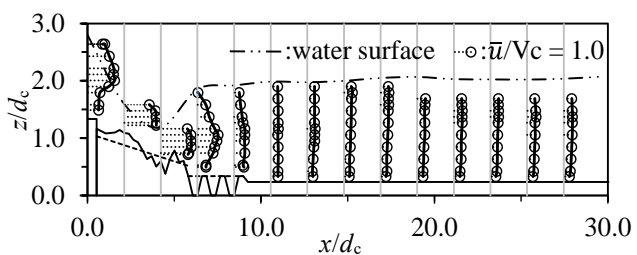
Figure 3 に case 1 および case 2 の最大流速  $\bar{u}_{max}$  (時間平均値) の減衰状況を示す。Figure 3 に示されるように、 $y/(B/2)=0.93$  (case 1) では、最も短い距離で最大流速の減衰が完了しているが、 $y/(B/2)=0.00, -0.93$  (case 1) では、石組みせずに跳水を形成した場合 (case 2) よりも最大流速が大きくなっている。

また Figure 4 に case 1 および case 2 の底面付近における時間平均流速  $\bar{u}_d$  の流下方向変化を示す。Figure 4 に示されるように、 $y/(B/2)=0.93$  (case 1) では、主流が水面方向に上昇しているため、 $x/d_c=6.30\sim$ で  $\bar{u}_d/V_c=0.50$  以下に抑えられているが、 $y/(B/2)=0.00, -0.93$  (case 1) では、石組みをせずに跳水を形成した場合 (case 2) よりも底面流速が大きくなっている。

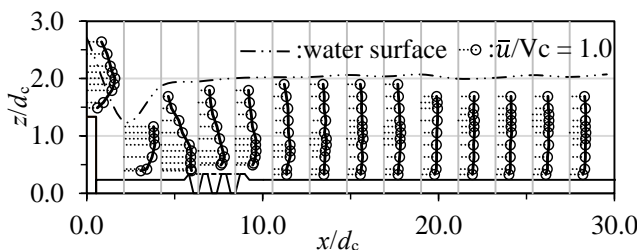
これらのことから、石組み魚道が設置してある区間は、主流が水面方向に上昇し、速やかに減勢するため、河床保護が期待できる。一方、石組み魚道を設置していない区間は、跳水を形成した場合よりも最大流速および底面流速が大きくなっており、石組み魚道の設置による流れの偏向が推定される。

#### 4. 砂防副堰堤に設置した石組み魚道の安定性

転石が衝突したことによる洪水時の石組み魚道の安定性を確認するために、平均粒径 8.0cm の礫を投入し、転石による衝突実験を行った。この衝突実験によって石組みは崩壊せず、洪水時の土砂供給に対しても安定することが確認された。



(a)  $y/(B/2) = 0.93$



(b)  $y/(B/2) = -0.93$

Figure 2. Change of water surface, bed profile and  $\bar{u}/V_c$  with  $x/d_c$  in case 1

#### 5. まとめ

砂防副堰堤に設置した扇型石組み魚道を対象として、洪水時の流れが及ぼす石組み魚道の安定性および周辺への影響について実験的検討を行った。石組み魚道が設置してある区間は、転石による衝突でも安定し、主流を水面へと上昇させ速やかに減勢することが示された。一方、石組み魚道を設置していない区間では、石組みをせずに跳水を形成した場合よりも最大流速および底面流速が大きくなり、石組み魚道を設置したことによる流れの偏向が示唆された。すなわち、閉塞した河道における砂防堰堤では、石組み魚道の維持管理および周辺の河床保護という観点から堰堤の一部ではなく全断面に設置することが有効であると考えられる。

#### 6. 参考文献

- [1] 安田陽一, 技術者のための魚道ガイドライン, コロナ社, pp22-77, 2011.
- [2] 安田陽一, 石組みを利用した減勢工に関する実験から実務への適用とその成果, 土木学会河川技術論文集, 第 23 巻, pp.639-644, 2017.
- [3] 安田陽一, 内村政彦, 頭首工に設置した石組み魚道に関する実験から実務への適用, 第 45 回土木学会関東支部技術研究発表会, CD-ROM,II-49, 2018.
- [4] 安田陽一, 生態系保全と治山・治水との調和のとれた河川環境, フォレストコンサル, 森林部門技術士会, No.138, pp.7-22, 2014

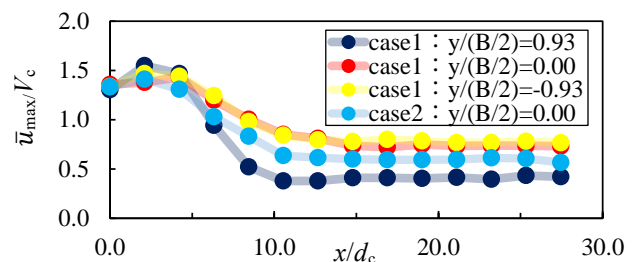


Figure 3. Maximum velocity decay

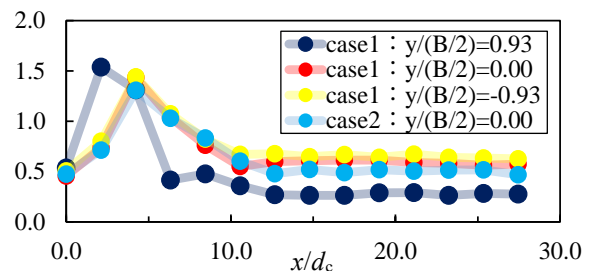


Figure 4. Change of velocity at the near bottom