洪水時の石組み魚道を越える流れに対する堰越流面形状の影響

Effect of downstream shape of weir on flood flows passing over fish passage with stacked boulders

日本大学 理工学部 正会員 安田 陽一 日本大学大学院 理工学研究科 学生会員 〇金野 滉太

#### 1. 目的

全国に魚道が必要な場所や既設魚道として機能して いない場所が数多く存在する.しかし,恒久的な魚道は 費用・工期の面から新設・改良が進まないのが現状であ る.これらに対し,近年,安田らによって石組み魚道が 提案されいる<sup>1),2)</sup>.石組み魚道の中でも石を生コンクリ ートで打設し強度を高めたものを練積み石組み魚道と いう.魚道を設置する場合,接続される堰形状は様々で あり,形状によって越流面が異なる.そのため越流面形 状によって,洪水時の石組み魚道周辺の流れが異なる と推察されるが,その影響は考慮されていない.実際の 施工において,洪水時における石組み魚道に対する越 流面の流入の仕方や,それに伴う石組み魚道周辺への 影響を明らかにすることは石組み魚道を普及するにあ たって重要である.

本研究では、矩形堰、Ogee crest 堰を対象に石組み魚 道下流端の流速および底面圧力の測定結果から越流面 形状の違いについて実験的検討を行った.

#### 2. 実験概要

長方形断面水平開水路(幅 0.80m, 長さ 14.5m, 高さ 0.60m)に厚さ 0.02m の耐水性合板を敷き, その上に堰 模型(落差 *H*=0.10m)を設置し, 堰形状 θ を変化させ

(矩形堰・Ogee crest 堰), フルードの相似則に基づき実 験的検討を行った(表1参照).ここに相対落差 $H/d_c$ は 限界水深 $d_c$ に対する落差高さHを示す.平均粒径 0.03~0.06mの石と平均粒径 0.01m 前後の玉石を用い, 幅 B=0.50m,長さL=0.50m,落差H=0.10m,魚道勾配 i=1/5の練積み石組み魚道を再現した.練積み石組み魚 道模型は $b_1=0.20m$ , $b_2=0.30m$ の扇形に配置し,練積み 部分は粉パテの量:セメントの量=2:1 で配合した.測定 器具は,流速測定にプロペラ流速計(内径 30mm,測定 時間 20sec),底面圧力の測定にピトー管(内径 1mm) の静圧管,水深の測定にポイントゲージを用いた.測定 点は下流端の石を対象に14 点設けた(図1,図2).堰 始端を基準に流下方向座標を x 軸,水路右岸側壁を基 準に左岸側を正とした水路横断方向座標を y 軸,水路 床を基準とした鉛直上向き座標を z 軸とする.

表1 実験条件



キーワード 石組み魚道, 練積み, 堰越流面形状, 矩形堰, Ogee crest 堰 連絡先 東京都千代田区神田駿河台 1-8 TEL.03-3529-0409 E-mail: yasuda.youichi@nihon-u.ac.jp

# 3. 石組み下流端での流速変化

図3に石組み下流端での測定点1,7,14の流速につい て相対流速 $\overline{u}/V_c=(H/d_c,y/B,x/L,\theta,i)$ の関係で整理したも のを示す.ここに $\overline{u}$ は流下方向の時間平均流速, $V_c$ は限 界流速,y/Bおよびx/Lは測定位置を示す.測定は下流 端の石組み先端から流下方向に $l_a=5$ cm の位置で行った. 図3に示されるように $H/d_c$ が小さくなると、石組みを 乗り越えた下流端の $\overline{u}/V_c$ は減少する.また、測定点14 で矩形堰と Ogee crest 堰の相対流速の違いが見られ、  $H/d_c$ が小さくなるほど、その違いが大きくなる.これは、 測定点14では、矩形堰を越える流れによる剥離の渦の 影響を受けやすく、一方で Ogee crest 堰を越える流れは 堰形状に沿った流れが継続しやすいため流速差が生じ たものと考えられる.

### 4. 石組み下流端での底面圧力分布

石組み下流端において, 圧力係数  $C_{dp} = p_d / (\rho \bar{u}^2 / 2)$ につ いて整理したものを図4に示す.ここに、 $\rho \bar{u}^2/2$  は運動 エネルギー, pdはピトー管で測定したピエゾ水頭から 圧力を算定し、静水圧を差し引いたものである.測定は、 石組み先端からし<sub>b</sub>=1.8cm の位置で行い,静水圧はピト ー管の静圧管位置(l<sub>b</sub>=1.8cm)での水深から算定した.図 4 より, 測定番号 10~14 において堰形状によって圧力 分布が異なることがわかる. これは堰の越流面形状に よって左岸側ほど石組みの形状抵抗が異なるものと推 定される. H/dc=1.20 で矩形堰において測定点 13,14の 圧力係数が負の値を示す. H/dc=0.92 になると, 測定点 10, 11, 12 でも負の値を示す. これは流量規模の増加に 伴い、よどみ点距離が長くなるため剥離域の形成領域 が大きくなり、圧力が低下しているものと推定される. Ogee crest 堰の場合, H/d<sub>c</sub>=1.91,1.20,0.92 において圧力 係数の値がほぼ 0 であり、剥離流れが形成されにくい が、流量規模が大きくなるにつれて剥離域が形成され ると推定される.

## 5. まとめ

本研究において,堰の越流面形状によって石組みを 乗り越える流線の曲がりが異なることが明らかになっ た.すなわち,越流面形状によって石組みに対する流 入の仕方が異なり,流量規模の増加に伴い,よどみ点 距離が長くなるため剥離域の形成領域が大きくなる.

上記の結果から、石組みに対する越流面の衝突およ び石組み下流側の河床保護への影響が越流面形状によ って異なることが考えられ、今後の検討課題とする.



図4 石組み下流端での圧力分布

### 参考文献

- (1) 安田陽一:頭首工に設置された石組み魚道に関する実験から実務への適用,土木学会 河川技術論文集,第 24 巻, pp.125-130,2018
- (2) 安田陽一:技術者のための魚道ガイドライン-初 版第1刷,コロナ社,2011.