

Stopper Block を用いた石組み魚道の安定性に関する実験的検討

Experimental Investigation on Stability of Fish Passage with Stacked Boulders using Stopper Block

日本大学理工学部土木工学科 正会員 安田 陽一

日本大学大学院理工学研究科土木工学専攻 学生会員 ○金野 滉太

1. 研究背景・目的

河川横断構造物の影響により水生生物の移動が困難となっている場合、魚道の設置が検討される¹⁾。しかし、費用・工期の面から魚道の新設・改良が進まないことがある。これらに対し近年、安田らによって礫が流出しないように石を組んだ²⁾石組み魚道が提案されている。石組み魚道は経済的で短期間の施工が可能であるため、短期的な環境改善手段として有効である³⁾。しかし、練積み石組み魚道において河床が完全に乾いていない状態でコンクリートを打設した場合、石組み底部と河床の一体化が図れず、石組み下部の崩壊に繋がる可能性がある。対策として石組み下部の礫が外れないように、車止めに近い部材（以下 Stopper Block）をアンカーで固定することが考えられる。本研究では、洪水時の石組み周辺の流れの確認および Stopper Block を用いた石組み魚道の安定性に関する実験的検討を行った。

2. 実験概要

矩形断面水路（幅 0.8m、高さ 0.6m）に矩形堰模型（落差 $H=0.15\text{m}$ ）を設置した。また ogee crest 堰となるように厚さ 0.5mm の鋼板で湾曲をつけたものを水路に設置した。さらに Stopper Block（高さ 1.5cm、幅 5cm、奥行き 2.5cm、天端 1cm）を石組み魚道下流端に 0.02m 間隔で設置した（写真 1）。石組み魚道は練積みとし、11.65 分の 1 の縮尺で設置幅 $B=0.50\text{m}$ 、長さ $L=0.72\text{m}$ 、高さ 0.15m のものを再現した（図 1）。なお石材には平均粒径 0.05m の表面に粗度があるものを採用し、石組み上・下流端を除き石組みの角度は $40\sim45^\circ$ で設置した。実験はフルードの相似則に従って行い、流量 $Q=0.09\text{m}^3/\text{s}$ および $0.15\text{m}^3/\text{s}$ を対象に行った。上記の流量に対して、石組み設置区間の水面形、石組み直下流部の流速測定、および礫衝突後の石組みの安定性の確認を行った。流速測定は各 symbol より 0.05m の位置で 9 か所測定した（表 1）。測定にはプロペラ流速計（内径 30mm、測定時間 20sec）およびポイントゲージを用いた。

表 1 実験条件

	H/d_c		$B(\text{m})$		$L(\text{m})$		$H(\text{m})$		Model scale
	1.38 (0.09m ³ /s)		0.50		0.72		0.15		1/11.65
	0.98 (0.15m ³ /s)								
symbol	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
x/L	0.43	0.51	0.58	0.66	0.72	0.79	0.85	0.92	1.00
y/B	0.85	0.75	0.65	0.55	0.45	0.35	0.25	0.15	0.05

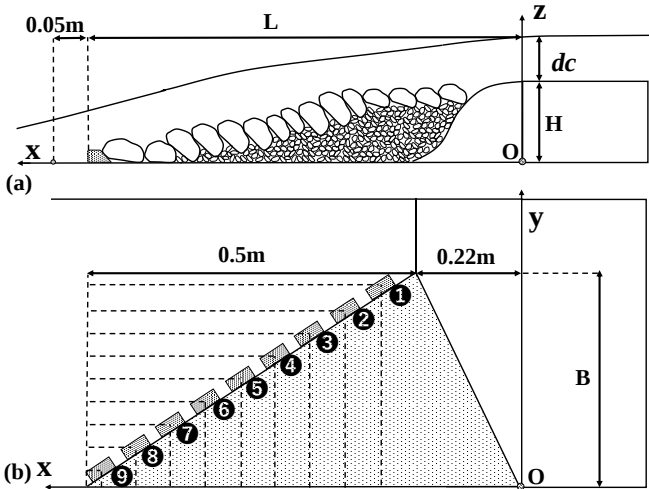


図 1 記号定義図(a)側面図, (b)平面図



写真 1 石組み下流端に設置した Stopper Block

3. 洪水時の石組み周辺の水面形

石組み設置区間において流量規模が $H/d_c=1.38, 0.98$ となる場合の水面形を図 2, 3 に示す。ここに d_c は限界水深である。水面形から、石組みの設置によって流れが偏向し、石組み下流端付近では水路中央に向かって水深が大きくなることがわかる。また $H/d_c=1.38$ の場合、流れが偏向しているため、転石経路が水路中央に向かいやすく、 $H/d_c=0.98$ では流れの偏向が軽減されるため、転石経路が分散し易いことが確認された。

4. 石組み直下流付近の流速分布

石組み直下流付近での流下方向時間平均流速 $\bar{u}$ について $\bar{u}/V_c = (z/H, H/dc, x/L, y/B)$ の関係で整理したものを図4に示す。ここに V_c は限界流速である。図4に示されるように、 $H/dc=1.38, 0.98$ の場合で流速分布とその大きさが異なることがわかる。 $H/dc=1.38$ の場合、分布が指数型となり、限界流速の2倍以上の流速となっている。また底面流速にバラつきが見られる。すなわち、堰や石組みに沿った流れが形成され、石組み下流端付近で流速が加速している。 $H/dc=0.98$ の場合、分布が全体的に弓なり状になり、 $\bar{u}/V_c$ の大きさが2以下となっている。また底面流速は限界流速とほぼ等しくなる。すなわち、石組みを乗り越える流れが形成され、石組み下流端付近における加速域が相対的に短くなっている。このことから、大規模洪水時より中小規模洪水時の方が石組みに与える影響が大きいことが推定される。

5. 転石流出による石組みの安定性の確認

転石が石組みに衝突したことによる洪水時の石組みの安定性を検討するため、 $H/dc=1.38, 0.98$ において、落差模型天端から石組み設置側に平均粒径 0.06m の礫を16個投入した。一部、礫間に充填したパテに亀裂が生じたが、石組みは崩壊することなく安定することが確認された（写真2）。

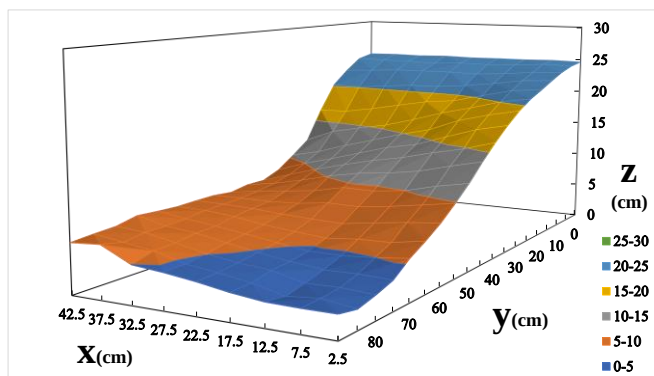


図2 $H/dc=1.38$ での水面形

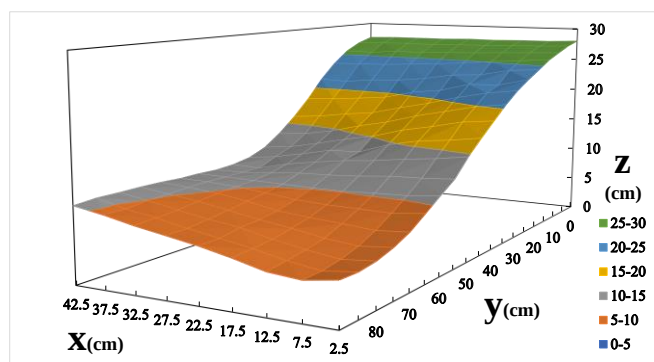


図3 $H/dc=0.98$ での水面形

6. まとめ

本研究では石組み底部と河床の一体化を図るために、Stopper Block を用いた石組み魚道の設置を提案した。石組み設置区間の水面形および石組み直下流付近の流速分布から、大規模洪水時より中小規模洪水時の方が石組みに与える影響が大きいことが推定できた。また $H/dc=1.38, 0.98$ の流量規模で Stopper Block を用いた石組み魚道の安定性の実験的検討を行った結果、充填したパテに一部ひび割れが認められたが、検討した流量規模では石組み魚道の崩壊は認められなかった。つまり、流量規模が $H/dc=1.38, 0.98$ での Stopper Block を用いた石組み魚道の安定性が示された。

参考文献

- 1) 安田陽一：技術者のための魚道ガイドライン，コロナ社，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，河川技術論文集，第23巻，pp639~644，2017.
- 3) 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，河川技術論文集，第24巻，pp125~130，2018.

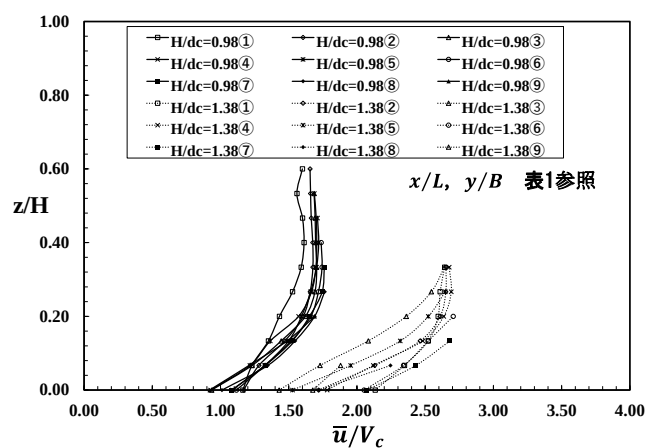


図4 $H/dc=1.38$ および $H/dc=0.98$ における石組み直下流端付近の無次元流速分布



写真2 転石衝突後の石組み