

水路化された河川における石組み置石工設置による洪水時の避難環境

Refuge Space behind Ground Sills with Stacked Boulders Installed in a Channelized River during Flood Stage

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

○宮川 拓也

1. はじめに

水路化した河川では冠水幅の変化がなく、断面形状が一様であるため、流れが単調になりやすい。そのため、直線化された河川では洪水時の流れが高速流となり、底面付近の流速が大きく、砂礫が掃流されやすい状態となる。この結果、河床低下や露岩が生じやすくなる。水路化した河川で冠水幅の変化が許容できない場合、河床保護の観点から、洪水時には主流が水面に向かうように工夫する必要がある。また、側岸浸食対策として、主流が水路中央に向かう工夫が必要となる。

最近、河川の流況改善の一つとして島根県出雲市乙立町を流れる神戸川にて石組み置石工が設置されている¹⁾。原型規模では巨礫を使用していることになるので、平水時では、多様な流れが形成され、水生生物の移動経路に利用できる。また、礫間は水生生物の避難環境および棲息環境にもなる²⁾。洪水時では、形状抵抗によって主流が河床付近に位置せず表面を沿う流れが形成されることが期待される³⁾。

ここでは、冠水幅が変化しない水路化した急勾配水路を対象に、洪水時に石組み置石工を設置することによって、洪水時に石組み直下で水生生物の避難環境となり得る空間が得られるのかを明確にするために水面形及び流速を計測し、避難空間について実験的に検討する。

2. 実験方法と実験条件

可変勾配式長方断面水路(水路幅 0.80m, 実験区間長さ 15m, 高さ 0.60m)に 1/10 縮尺の石組み置石工を 1m 間隔に 5 列設置し、表 1 に示す実験条件のもとで検討を行った。なお、実験は置石工設置区間で疑似等流状態にしている。写真 1, 2 に示されるように、8 cm 前後の礫で石組みを 2 段重ねの空積みとし、石組み箇所から 20 cm 上流まで 2, 3 cm の礫を敷き詰めた。なお、1 段面の石組みの下部に水路パテで固定した。洪水時の流速分布、水面形を検討するため、ポイントゲージ(水深および置石工形状測定)および I 型 2 次元電磁流速計(縦横断面方向成分, 測定時間 30 s, 測定間隔 50 ms)を用いた。

表 1 実験条件

Case	i (-)	Fr_{ave} (-)	h_{ave} (cm)	Q (m ³ /s)
1	1/100	0.503	23.58	0.144
2	1/200	0.475	24.50	0.144
3	1/500	0.399	27.54	0.144

Fr_{ave} は平均水深から算定したフルード数, h_{ave} は平均水深, i は水路勾配, Q は流量

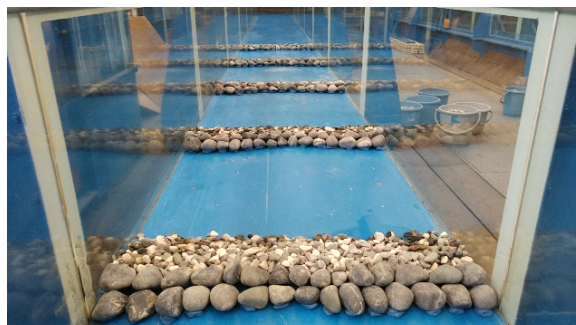


写真 1 石組み置石工の設置状態



写真 2 石組み置石工の構造



写真 3 1/200 勾配で観察された流況



写真 4 1/100 勾配での計測後の状態

3. 流況の説明

表 1 に示す実験条件のもとで、置石工設置区間で疑似等流状態が形成されるようにした流況では、写真 3 に

キーワード 置石工, 石組み, 避難空間, 洪水流, 環境改善

連絡先 〒101-0062 東京都千代田区神田区神田駿河台 1-8-14 TEL.03-3529-0409 Email : yasuda.youichi@nihon-u.ac.jp

示されるように、主流が水面に沿っているため、波状水面が形成される。与えられた流量に対して、波形は勾配によって異なり、勾配が大きくなると波長は長くなる。その結果、置石工を越える流れの流速が大きくなり、設置した 2,3 cm の礫が一部掃流され、石組み前後に点在するようになる（写真 4）。ある段階で、石組み上流側からの礫の移動は収束し、石組み背後の堆積した礫は安定する。原型換算して考察すると、平水時には礫間の流れを漁礁として利用可能となり、洪水時には避難環境になるものと考えられる。なお、勾配が小さくなると、石組み直上流での掃流力が小さくなり、石組みを乗り越える礫の移動は少なくなる。

4. 置石工周辺の流速分布

第 2 および第 4 置石工周辺の流速について、流下方向(x 方向)成分の時間平均流速 u および標準偏差（乱れ強さに該当） u' の z 方向（水路に垂直方向）の変化を図 1, 2 に示す。図 1 に示されるように、主流が水面に沿い、主流の流速の x 方向の違いは小さい。また、置石工背後（図中 $x=500\sim 515\text{cm}$ ）では滞流域が形成され、石組みによる凹凸および浸透流の影響から逆流の流速が最小限に抑えられている。図 2 に示されるように、滞流域の外側では流速差が大きく、標準偏差の極大値が生じ、石組み背面から離れると、標準偏差の大きさが大きくなる。他の勾配、置石工の設置場所においても図 1, 2 に示す結果と同様な結果を示す。

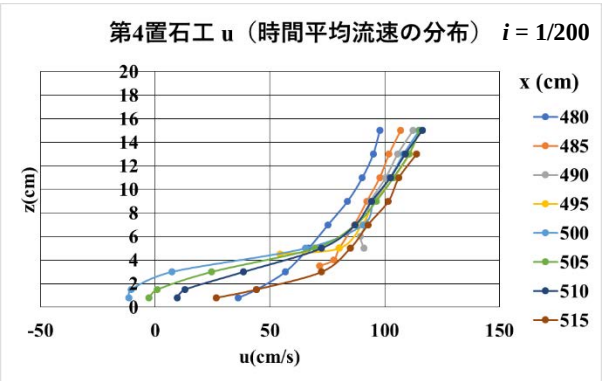


図 1 x 方向成分の時間平均流速の z 方向変化

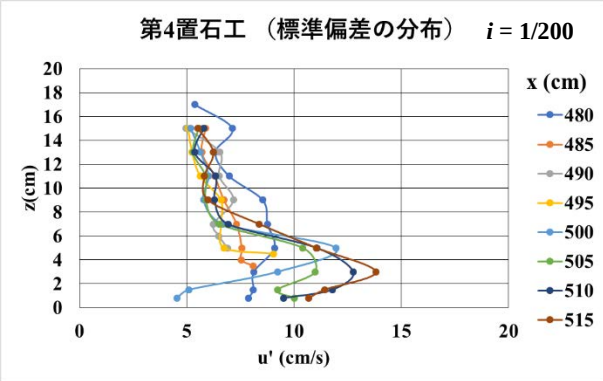


図 2 x 方向成分の標準偏差の z 方向変化

表 2 置石工と避難空間の側面積，避難空間確保率

Case	i	$A_{b\text{ ave}}$ (cm ²)	$A_{r\text{ ave}}$ (cm ²)	A_r/A_b (%)
1	1/100	85.3	27.3	32
2	1/200	85.3	25.2	29.5
3	1/200	85.3	34.7	40.7

注) 避難空間の条件: 時間平均流速 $u < 12\text{ cm/s}$, 標準偏差 $u' < 12\text{ cm/s}$ を満たす空間

5. 置石工背後の避難空間

石組み置石工背後の避難可能領域として、時間平均流速および標準偏差が 12 cm/s より小さい領域として、避難空間を定めたもの（青色の領域）を図 3, 4 に示す。図中、茶色の領域は置石工の設置空間を示す。図に示されるように、勾配が $1/100$ と比べ $1/500$ の方が避難可能領域は大きくなる。第 2 および第 4 置石工の水路中央（ $y = 0\text{ cm}$ ）および中央から左岸方向に 20 cm （ $y = 20\text{ cm}$ ）で評価した避難空間 A_r および置石工の設置空間 A_b の平均値を表 2 に示す。表に示されるように、置石工設置領域に対する避難空間の割合 A_r/A_b は 30% から 41% となる。また、 $1/100$ 勾配と $1/200$ 勾配の A_r/A_b の違いが小さい。これは、置石工を通過する流れ（水面勾配）によって、避難空間は異なるためと考えられる。

6. まとめ

冠水幅が変化しない水路化した急勾配水路を対象に、洪水時に石組み置石工を設置することによって、表 1 に示す実験条件のもとで検討した結果、洪水時に石組み直下で水生生物の避難環境となり得る空間が置石工の設置空間に比べて 30% から 41% となることを水面形および時間平均流速および標準偏差の計測から示した。置石工の間隔を変化させて検討を進める。

参考文献

1) 安田陽一：神戸川における直線河道に設置した石組帯工による流況改善, 第土木学会全国大会第 75 回年次学術講演会, II-240, 2020.
2) Youichi, Yasuda: Improvement of flow condition in channelized river due to stacked boulders, IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 626 012001, 2021.
3) 宮川拓也, 安田陽一：床固め工群における潜り込み流れと水面に沿う流れの境界に関する実験的検討, 第土木学会全国大会第 75 回年次学術講演会, II-15, 2020.

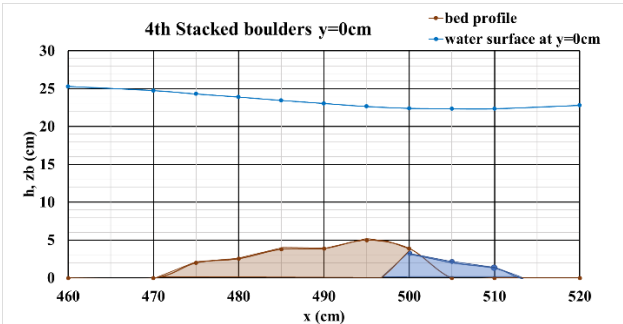


図 3 i=1/100 における第 4 置石工背後の避難空間

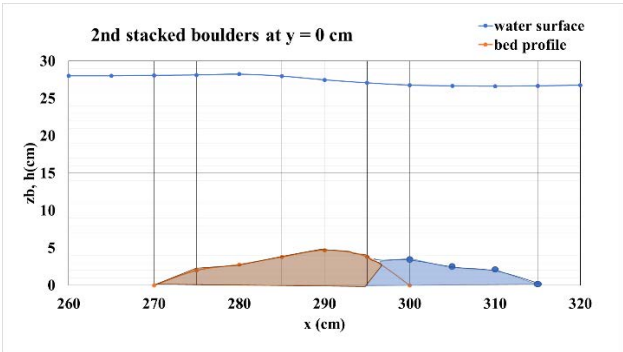


図 4 i=1/500 における第 2 置石工背後の避難空間