

水制工周辺に生じる堆砂の可視化計測の試み

東北工業大学 学生会員 ○千枝 一聖
東北工業大学 正会員 菅原景一・高橋敏彦

1. はじめに

近代的な河川管理において構造物はコンクリートを主な材料として建設されることが一般的である。しかし、コンクリート構造物はその耐用年数が過ぎると膨大な量の産業廃棄物となってしまうなど、持続可能な河川管理を考えるうえで課題が多く残っているのが現状である。そこで、日本の伝統的河川工法の一つである自然素材を活用した水制工¹⁾に着目し、環境や自然に配慮した治水を目指すことを考えた。そこで、本研究では、水制工周辺の土砂堆積²⁾（浮遊砂）について、PIV 技術を用いて可視化計測を試みた。

2. 実験方法及び実験条件

図1に実験水路の模式図を示した。実験は長さ10m、幅0.6mの勾配可変型水路を用いた。水路床の勾配は1/1000に設定し、水路左岸側からレーザー光を照射し、ハイスピードカメラで上から水制工及びその周辺を捉えるように撮影を行った。実験に用いた水制工モデルは石積みと模擬植生の2種類とし、石積みは約2cmの石を用いて幅6cm、長さ12cm、高さ6cmの空間に敷き詰めた。模擬植生帯はプラスチック製多孔質体（密集度 $C=0.04$ ）を用いた。石積みの密集度 C は0.5であった。実験は表1に示した条件で水深 $h=0.04\text{m}$ 、流速 $v=0.3\text{m/s}$ とし、水制域への土砂の堆積は浮遊砂に強く依存している³⁾ことから浮遊砂卓越条件となるように7号珪砂を投入し、その様子を撮影した。撮影は砂の移動を捉える河床面 ($Y=0$) と水流を捉える ($Y=0.016\text{m}$) で行った。尚、 $Y=0.016\text{m}$ における撮影ではトレーサ粒子を投入している。

3. 水制工が及ぼす堆砂の影響

(1) 水制工の種類による流速の変化

図2に水制工周辺の流速をベクトル図で示した。同図(a)には石積み水制の結果を、(b)には模擬植生水制の結果をそれぞれ示している。同図から密集度が大きい石積み水制の場合では構造物を通過したあとの主流域側の流速が密集度の値が小さい模擬植生水制に比べて速くなっている傾向がみられる。これは密集度が大きい場合には水制工によって迂回された水流が主流域に流れるためである。また、図3に示した水制工背後の主流速の分布に着目すると、石積み水制の場合は模擬植生水制に比べて流速の低減が大きくなっていることが分かる。特に主流域との境界付近では、上流へ向かう流れが確認できる。

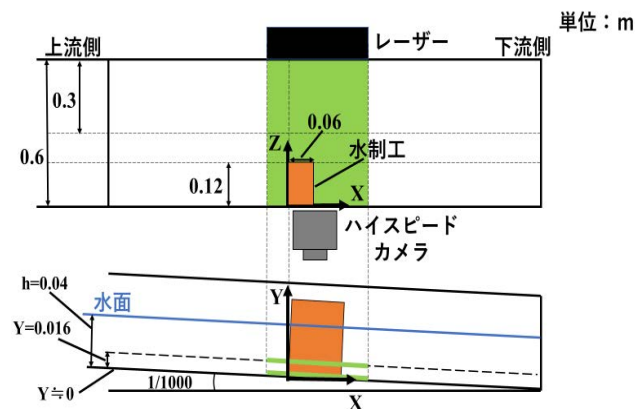
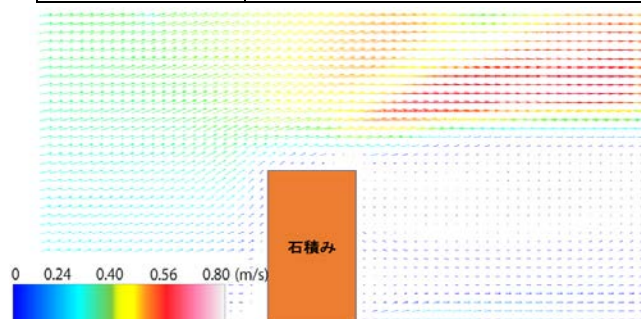


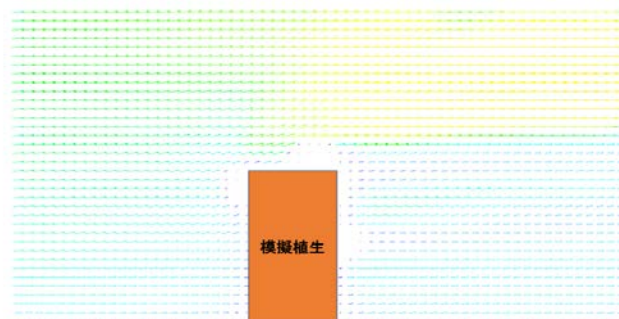
図1 実験水路の模式図

表1 実験条件

水深 $h(\text{m})$	0.04
流速 $v(\text{m/s})$	0.30
構造物	石積み、植生帯
密集度 C	0.5(石積み)、0.04(模擬植生)
砂の条件	7号珪砂（浮遊砂卓越領域）



(a) 石積み水制



(b) 模擬植生水制

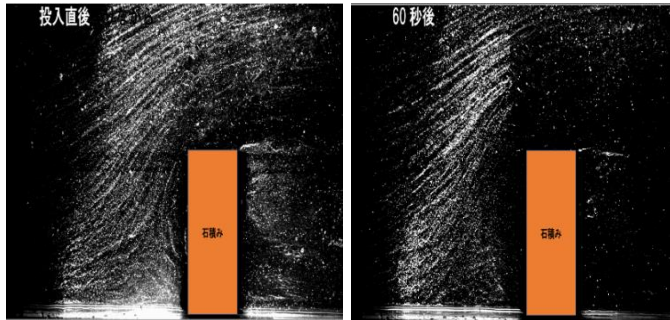
図2 水制工の種類による流速場の違い ($Y=0.016\text{m}$)

キーワード：水制工, 自然素材, 堆砂, 可視化計測, 石積み, 植生

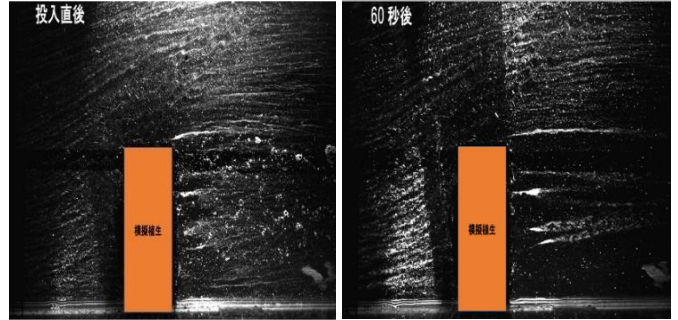
連絡先 〒982-8577 宮城県仙台市太白区八木山香澄町 35-1 東北工業大学都市マネジメント学科 TEL:022-305-3550

（２）水制工の違いによる堆砂形態

図４には砂を投入した直後と 60 秒後の様子を示したものである。同図から水制工の違いによって堆積の形状が異なっていることが確認できる。石積み水制では砂が水制域と主流域の境目あたりで三角州のような形で堆積している。一方、模擬植生水制では石積みに比べて水制域での砂の堆積が多く、帯状に堆積していることが確認できる。60 秒後の砂の堆積の様子を比較すると密集度の小さい模擬植生水制のほうが石積み水制に比べて堆砂量が多いことが確認できた。これは密集度が小さい模擬植生水制では水流とともに水制工を通過した浮遊砂が流速が低下した水制域に堆積していくためであると考えられる。



(a) 石積み水制



(b) 模擬植生水制

図 4 時間経過による砂の堆積の様子 ($Y \approx 0$)

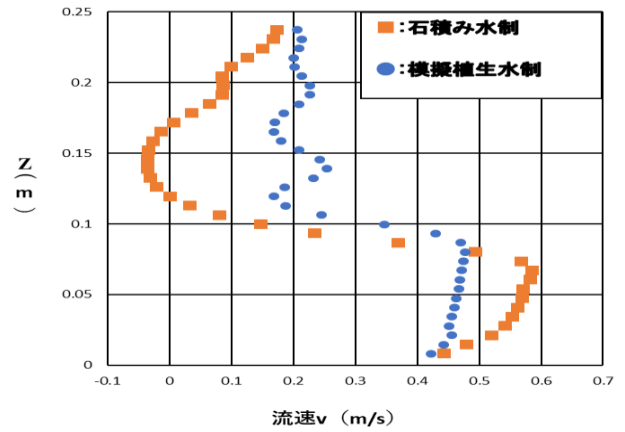


図 3 水制工背後の流速分布 ($Y=0.016m$ 、 $X=0.12m$)

（３）浮遊砂の流動の様子

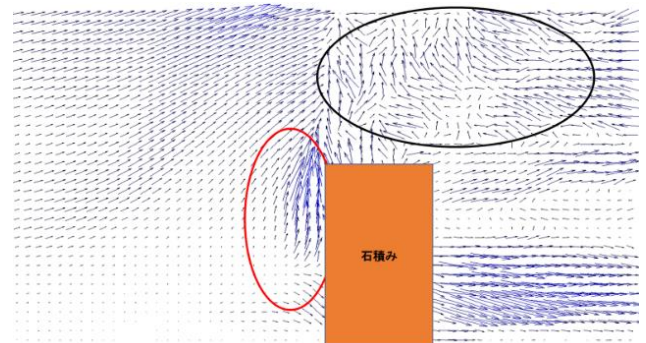
図５に浮遊砂の流動を PIV 解析した結果を時間平均のベクトル図で示した。尚、砂の堆積の様子を捉えるため流速 $v=0.3m/s$ 以下のベクトルのみ表示している。同図 (a)、(b) を比較すると石積み水制の場合では砂が水制の上流側、主流域との境界付近で主流域へと強く流れていることが分かる。また石積み水制の主流域では水面の乱れの影響を受けて砂の流動を捉えきれずベクトルが乱れている。模擬植生水制においても主流域の砂の移動については十分に捉えきれなかった。

4. まとめ

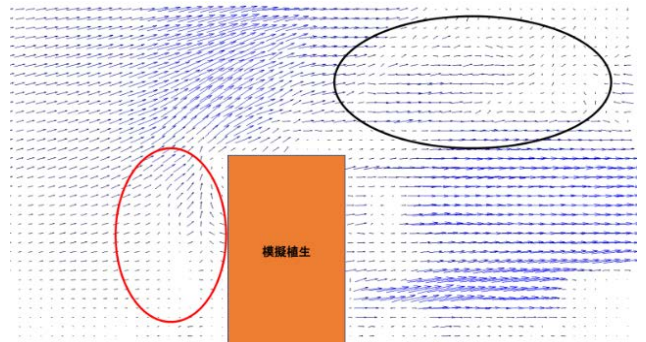
本研究では、PIV 技術を用いて水制工周辺に生じる堆砂の PIV 可視化計測を試み、浮遊砂に関しては PIV によっても砂の動きをある程度捉えられることを確認した。その結果、水制工の密集度の違いによって砂の堆積の様子が異なることが確認できた。今後は異なる水制工の工法や密集度、さらに掃流砂の流動の様子についても検討を重ねる必要がある。

参考文献

- 1) 富野 章(2002):日本の伝統的河川工法, (株)信山社サイテック
- 2) Liang Choufu(2019):Investigation of Flow, Erosion, and Sedimentation Pattern around Varied Groynes under Different Hydraulic and Geometric Conditions: A Numerical Study, No.63, P.1-18
- 3) 赤堀ら(2010):水制工周辺における流れの瞬間構造と浮遊砂輸送の関係に関する研究, 日本混相流学会, 23 巻 5 号, P. 615-626.



(a) 石積み水制



(b) 模擬植生水制

図 5 水制工の種類による堆積の様子 ($Y \approx 0$)