

拡縮工法の配置時における掃流砂の空間分布の把握

新潟大学大学院自然科学研究科
新潟大学災害・復興科学研究所
新潟大学災害・復興科学研究所

学生会員 ○齋藤潤一
正会員 五十嵐拓実
正会員 安田浩保

1. はじめに

一定の流路幅の直線流路では、交互砂州が形成されることが既往の研究¹⁾²⁾により示されている。このような河川では、交互砂州を起因とした流れの偏心と水衝部の形成、同一断面内における標高差の拡大を起因とした非冠水部の形成と樹林化の進行が問題である。洪水流を安全に流下させるためには、上述の2つの課題に対する根源的な対策が必要である。

一方、交互砂州の形成が免れている河道は拡縮型の平面形状を有する特徴がある。これまで、Bittner³⁾、Repetto et al.⁴⁾、Wu et al.⁵⁾⁶⁾により、正弦関数型の拡縮流路を用いた模型実験と数値計算による研究が行われた。その結果、中州や岸州の形成がみられた。しかし、実河川で拡縮流路を再現する場合、正弦関数型の曲線を有する平面形状を再現することは困難である。

これまで Tonegawa et al.⁵⁾ は交互砂州の発達を抑制するため、拡縮型の平面形状を簡易的に模倣し、平坦床の直線流路に複数の構造物を組織的に配置した模型実験を行った。彼らの知見によると、構造物の配置間隔が交互砂州の半波長と同等または短い間隔であれば、交互砂州の発達を抑制する効果が確認されている。しかし、構造物の配置による交互砂州の発達の抑制の力学機構は明らかにされていない。

本研究では、構造物配置による交互砂州の発達の抑制効果の機構を解明する端緒として、水底面の掃流砂に注目し、構造物配置時の掃流砂の把握を行った。

2. 研究方法

(1) 移動床模型実験の概要

実験水路は全長12m、水路幅45cmの矩形断面の直線水路である。初期河床勾配は1/200、流量は1.7L/sを定常で与えた。水理条件は交互砂州の発生を狙い、黒木・岸⁶⁾の領域区分図で川幅水深比11、無次元掃流力0.08とした。河床材料は代表粒径0.76mmの東北硅砂4号を用いて厚さ5cmで均一に敷き詰めた。本実験条件において構造物が冠水することはない。通水時間は底面起伏の変化が緩慢になった180分とした。水底面の計測は星野ら⁷⁾が開発したStream Tomography (以下STと略す)を用いて10分間隔で計測した。STによる底面の空間分解能は縦横断方向ともに1cm間隔とした。STの計測原理と計測精度は別紙⁷⁾を参照されたい。

(2) 構造物の配置条件

実験水路に配置する構造物の形状は二等辺三角形型で、構造物の寸法は底辺長が18cm、高さ12cm、横断方向への張出長が6cmである。構造物の配置間隔については、Tonegawa et al.⁵⁾の実験結果で最も滞筋が流路中

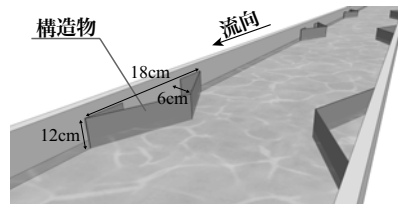


図-1 直線の実験水路に構造物を配置した様子の鳥瞰図

央に集中した1.5mに設定した。

(3) 掃流砂の空間分布の推定方法

模型実験で得た底面の計測値を用いて、平面2次元の固定床数値解析を実施した。数値解析モデルはiRICに同梱されている平面二次元流れと河床変動モデルのソルバーNays2d⁹⁾により実施した。計算点の配置間隔は縦横断方向ともに1cmとし、粗度係数はManning-Strickler式から求めた0.014を与えて固定床計算を実施した。また、境界条件は下流端の水位には模型実験で計測された水位を、上流端の流量は模型実験時の流量1.7L/sを定常で与えた。このような水理解析の実施により底面に作用する掃流力を算出した。

3. 実験結果

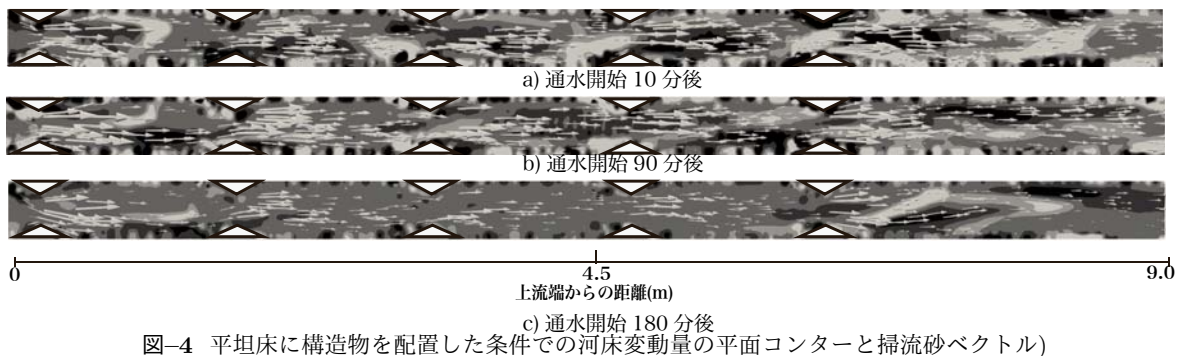
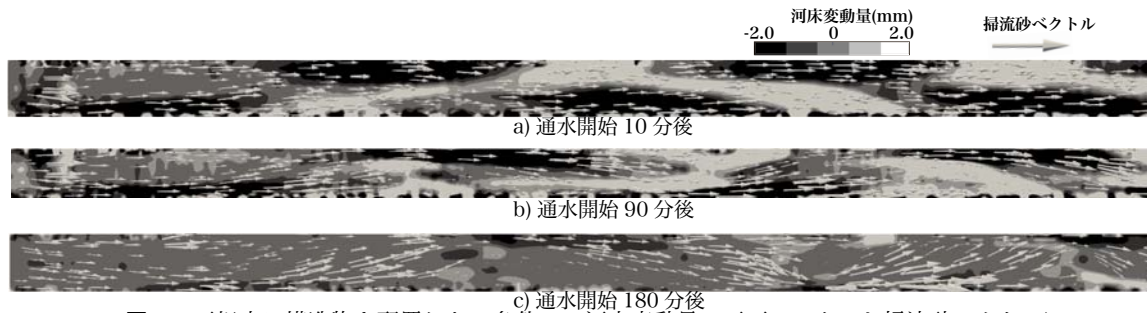
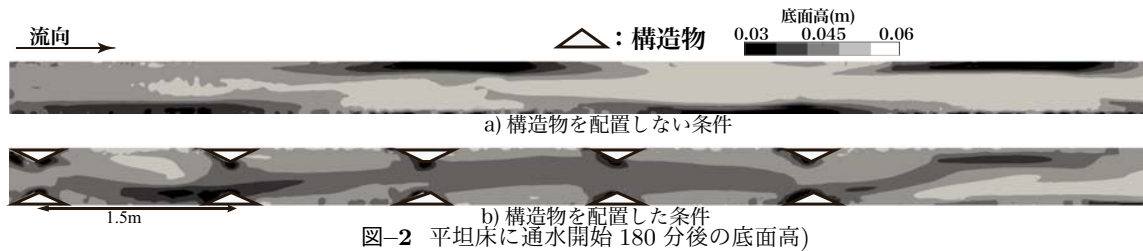
図-2)に底面の計測結果、流況の算出結果を図-3,4に示す。図-3,4に河床変動量の平面コンターに、数値解析で算出した掃流砂ベクトルを重ねて示した。河床変動量の実測値は10分間隔で計測した前後の底面高の差分値から算出した。

(1) 構造物を配置しない条件

本条件では図-2 a)に示すように、水路内に交互砂州が形成された。また、図-3のa)からc)に注目すると、通水開始10分後から90分後にかけて流砂ベクトルの向きが水路全体で左右岸交互に向かう流れに変化した。さらに、掃流砂ベクトルの向きが変化し、この状態が通水終了時まで続いたことで底面に交互砂州が形成されたと推察される。

(2) 構造物を配置した条件

本条件では、図-2 b)に示すように、構造物で囲まれた区間内で水路中央では洗掘、側壁沿いでは堆積した底面が形成された。この時の構造物間の掃流砂ベクトルは、図-4に示すように構造物を配置しない条件と比べて、流下方向に直進する傾向を示している。また、構造物直下流では掃流砂ベクトルが大きく、側壁付近の掃流砂ベクトルが小さい状態が続いたことで図-2 b)で示した水路中央部が洗掘された底面が形成されたと推察される。



4. おわりに

本研究では、一定幅直線の実験水路に構造物を配置して拡縮型の平面形状を模倣した模型実験と数値計算の組み合わせにより掃流砂の空間分布の把握を行なった。その結果、構造物を配置した条件では主として流路中央に掃流砂ベクトルが集中する傾向となることが示された。

謝辞 本研究の実施にあたり、科研費・基盤研究(A)(代表：山田正)、国土交通省北陸地方整備局阿賀野川河川事務所から協力を受けた。心から謝意を表します。

参考文献

- 1) Ikeda H.: Experiments on bedload transport, bedforms, and sedimentary structures using fine gravel in the 4-meter-wide flume, Environmental Research Center Paper 2, University of Tsukuba, Japan, 1983
- 2) Fujita, Y., and Y. Muramoto: Studies on the process of development of alternate bars, Bull. Disaster Prev. Res. Inst. Kyoto Univ, 35, 55-86, 1985.
- 3) Bittner, L. D. : River bed response to channel width variation: Theory and experiments, M.S. thesis, Univ. of III, Urbana- Champaign., 1994.
- 4) Repetto, R., Tubino, M., and Paola, C. : Planimetric instability of channels with variable width, J Fluid Mech, 457:79-109, 2002.
- 5) Wu, F. C. and Yeh, T. H. : Forced bars induced by variations of channel width: Implications for incipient bifurcation, J. Geophys. Res, 110:F02009, 2005.
- 6) Wu, F. C., Shao, Y. C., and Chen, Y. C.: Quantifying the forcing effect of channel width variations on

free bars: Morphodynamic modeling based on characteristic dissipative galerkin scheme, J. Geophys. Res, 116:F03023, 2011.

- 7) A. Tonegawa, H. Yoshitake, H. Yasuda and T. Hoshino : Effects of Arranging Dikes on that Formation of Central Sandbars. 12th International Conference on Hydro-Science Engineering for Environmental Resilience November 6-10, Tainan, Taiwan, 2016
- 8) 黒木幹男, 岸力: 中規模河床形態の領域区分に関する理論的研究, 土木学会論文報告集, 第 342 号, pp87-96, 1984.
- 9) 星野剛, 安田浩保, 倉橋将幸: 交互砂州の形成機構の解明に向けた水面と底面の同時計測手法の開発, 土木学会論文集 A2(応用力学), 2017
- 10) 北海道河川財団, <http://i-ric.org>