

拡縮工法の効果範囲の水理学的な推定法について

新潟大学大学院自然科学研究科 学生会員 ○梅木 康太郎
新潟大学災害・復興科学研究所 正会員 安田 浩保
新潟大学大学院自然科学研究科 学生会員 石原 道秀

1 はじめに

一定流路幅の直線流路では、洗掘と堆積を両岸交互に繰り返す交互砂州が形成されることが既往の研究によって示されている¹⁾。交互砂州が形成されている河川では、交互砂州の幾何学形状に由来する水衝部が形成され、河岸が削られる被害が見られる。また、交互砂州によって、河道内の交互砂州上に高密度の樹林化が進んだことにより、洪水の安全な流下が困難になっている。このような課題に対して未だ根本的な対策が行われておらず早期解決が求められている。

このような問題に対し、Tonegawa et.al²⁾は、直線流路における交互砂州形成の抑制を目的に、直線流路に複数の構造物を周期的に設けて簡易的な拡縮型の平面形状を再現する模型実験を行なった。その結果、特定の配置間隔で構造物を配置した際に、構造物群が交互砂州の形成を抑制し、流心を水路中央部に集中させる効果を持つことが確認されている。また、齋藤ら³⁾は、拡縮構造物を用いた模型実験と数値解析により掃流砂の空間分布の把握を図り、流路中央の掃流砂量が増加する傾向となることを示した。しかし、構造物群が持つ交互砂州形成の抑制効果を予測する手法は提案されておらず、実際に通水を行わなければ抑制効果が見られるかどうかは分かっていない。

本研究では、拡縮構造物の交互砂州形成の抑制効果を数値計算を用いて推定した。また、拡縮構造物を設置した模型実験を行い、得られた最大フラックスと推定した抑制効果範囲との比較を行なった。

2 拡縮構造物の交互砂州形成抑制効果の推定

2.1 設定した条件

使用した水路は、全長 12m、流路幅 45cm、水路勾配 1/70 の矩形断面直線水路である。上流端から 1.0 m の助走区間を設け、そこから下流側へ 9.5 m の区間に平均粒径 7.6 mm の 4 号珪砂を 3.5 cm の厚さで均一に敷き詰めた。水理条件は、交互砂州の形成を狙い、黒木・岸の領域区分図⁴⁾において交互砂州の発生領域に該当する、流量 0.5 L/sec、 $BI^{0.2} \cdot h_0$ 45.3、無次元掃流力 0.05 に設定した。上流堰から 1.5 m の位置から 1.0 m 間隔で左右岸合計

6 機の袋詰め構造物を設置した。構造物の設置間隔は、平坦床上に上記の水理条件で通水を行なった際に形成された交互砂州の半波長である 1.0 m 間隔に設定した。袋詰め構造物は、底辺長が 20 cm、横断方向への張り出し量が 9 cm になるように配置した。給砂条件は無給砂で行なった。通水時間は構造物を設置していない平坦床上に上記の水理条件で通水を行なった際に、交互砂州の形状変化が緩慢になった 3 時間とした。通水中の底面と水面の計測には、時空間で高解像度な計測法 Stream Tomography⁵⁾を用いた。計測の時間間隔は 10 分間で、水面と底面の空間解像度は縦横断方向に 1 cm とした。

2.2 拡縮構造物の交互砂州形成抑制効果の推定方法

本節では、拡縮構造物の効果範囲の推定方法について述べる。拡縮構造物の交互砂州抑制効果の有無は、底面の洗掘・堆積の位置関係によって決定される。よって、土砂動態に対する支配因子である無次元掃流力の把握は不可欠である。無次元掃流力の算出には、エネルギー勾配の算出が必要であり、エネルギー損失は流速の空間勾配を支配変数にもつ。そこで、効果範囲の推定には、構造物を置いたことによる場所毎の速度の変化を把握するために、水理解析によって得られた流速 u を、拡縮構造物がない状態での等流流速 u/u_0 で除した値 u/u_0 の値を用いた。 u/u_0 が 1 以上の値の箇所は等流よりも流速が大きくなっていることを表しており、1 以下の場合は等流よりも流速が小さくなっていることを表している。 u は、通水前に計測した平坦床に構造物が設置された底面形状を用いて固定床の平面二次元水理解析を行い算出した。この水理解析は、平面二次元解析のソルバーである iRIC⁶⁾ に同梱されている Nays2D を用いた。計算点の配置間隔は縦横断方向に 1 cm とした。

2.3 推定結果

算出した u/u_0 とその時の単位幅当たりの最大流量の箇所(以下、最大フラックス)をそれぞれ図-1 の b) に示す。背景の白から深緑で表したコンター図が u/u_0 を示し、黄線が最大フラックスの箇所を示している。図-1 の b) を見ると両岸 2 機の拡縮構造物の間に挟まれた箇所の値が 1 以上になっており、側壁付近の構造物直下流では 1 以下になっていることがわかる。また、構造物を設置している区間よ

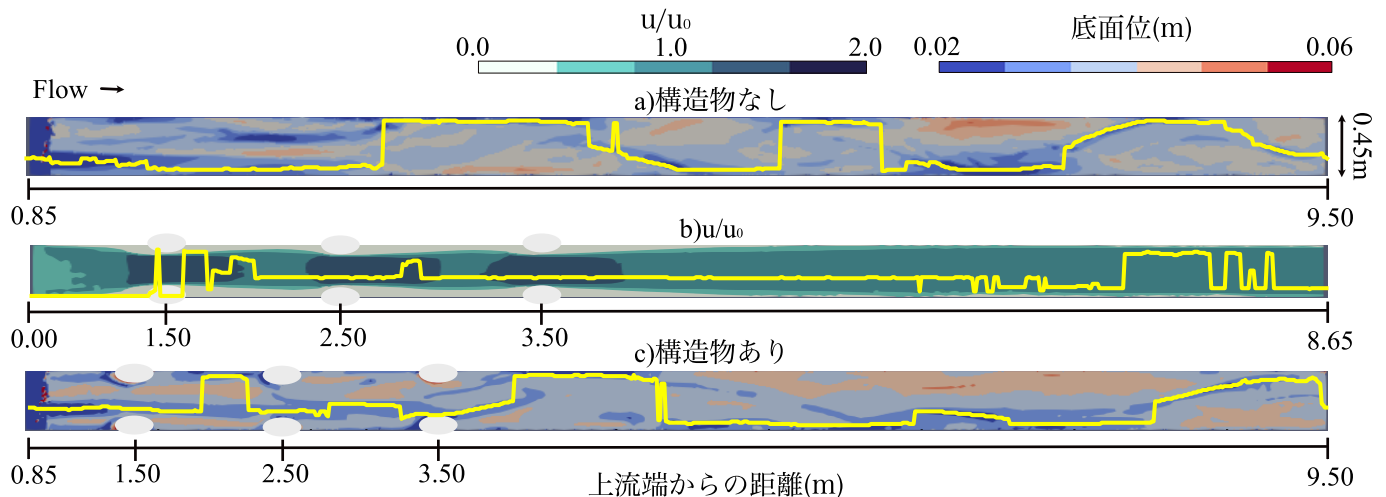


図-1 推定した u/u_0 及び実験によって得られた底面形状の平面図と最大フラックスの箇所

りも下流では、1 程度の値を示しており、おおよそ等流であると言える。このことから、 u/u_0 が 1 以上もしくは 1 以下の箇所は構造物の影響を受けている箇所であると言える。図-1 の b) の結果より、兩岸 2 機の構造物に挟まれた箇所が洗掘傾向になり、側岸付近が堆積傾向になることが予想され、拡縮構造物の交互砂州発生抑制効果が十分に見られるのではないかと推測できる。

3 構造物の効果範囲の推定方法の妥当性の検証

3.1 移動床実験

拡縮構造物の効果範囲の推定方法の妥当性を検証するために、移動床実験を行なった。移動床実験の条件は、前章で述べたとおりである。移動床実験で得られた通水開始から 180 分の底面位の平面図とその時の最大フラックスを図-1 の a), c) に示す。a) には構造物がない条件で 180 分まで通水を行なった底面位、b) には構造物を配置して 180 分まで通水を行なった底面位を示している。背面の青から赤で示されているコンター図が底面位を示しており、黄線が最大フラックスの箇所を示している。初期の底面位は 0.035 m であり、薄い青色で示されている。

図-1 の a) を見ると、兩岸交互に洗掘と堆積が繰り返され、交互砂州が形成されていることがわかる。図-1 の c) を見ると、構造物で囲まれている箇所の水路中心付近の底面が洗掘しており、側岸付近が堆積していることがわかる。このことから、模型実験において拡縮構造物を設置している区間では十分に交互砂州の形成を抑制する効果が見られた。

3.2 効果範囲の推定結果と模型実験の比較

拡縮構造物の効果範囲の推定結果と模型実験で得られた効果の比較を行うために、図-1 の b) と c) の最大フラックスの箇所を比較する。図-1 の b) に示す水理解析によって

求めた最大フラックス箇所は、上流堰から 2.5 m から 3.0 m の区間において右岸から約 20 cm の箇所に向かって流心が移動していることがわかる。図-1 の c) に示す実験結果から得られた最大フラックスを見ると、ほとんどの構造物設置区間で右岸から 10 から 20 cm の間に流心が存在していることがわかる。両者を比較すると、上流端から 1.5 m 2.5 m の位置までは最大フラックスが異なるものの、それより下流の 2.5 から 3.5 m 区間では最大フラックスの箇所が概ね一致することから、 u/u_0 を用いた拡縮構造物の効果範囲の推定は妥当であることが示唆された。

4 おわりに

本研究では、拡縮構造物の交互砂州の形成を抑制する効果を予め把握することを目的に、推定手法の提案と、同推定法の妥当性についての検討を行った。本研究で得られた成果としては、推定に用いた u/u_0 の値と同水理条件で行なった拡縮構造物を用いた移動床実験で得られた最大フラックスを比較し、推定手法の妥当性を検証した。

参考文献

- 1) 木下良作：河床における砂礫堆の形成について、蛇行の実態の一観察、土木学会論文集、第 42 号、pp.1-pp.21, 1957.
- 2) A. Toneyawa, H. Yoshitake, H. Yasuda and T. Hoshino; Effects of Arranging Training Dikes on that Formation of Central Sandbars. 12th International Conference on Hydroscience Engineering Hydro-Science Engineering for Environmental Resilience November 6-10, Tainan, Taiwan, 2016.
- 3) 齋藤潤一、五十嵐拓実、安田浩保：拡縮工法の配置時における掃流砂の空間分布の把握、土木学会関東支部新潟会研究調査発表会論文集、pp.128-pp.129
- 4) 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、No. 342, pp.87-pp.96, 1984.
- 5) 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)、74 巻 1 号、pp.63-pp.74, 2018.
- 6) 河川シミュレーションソフト iRIC: <http://i-ric.org/>