

自発的に形成された滞筋に基づく河道の安定性と応用

株式会社小野組 正会員 ○村井 剛徳
新潟大学災害・復興科学研究所 正会員 安田 浩保

1. はじめに

市街地近傍を流れる砂礫河川のうち、河道改修により直線化された区間では、河道内に交互砂州が形成されていることが多い。交互砂州が形成されると、平水時と洪水時では流水が標高が高い堆積域を避け、標高の低い滞筋を流れるようになる。そのため、直線化された河道におけるほとんどの滞筋は岸沿いに位置するため、流水は左右岸のどちらかに沿って流れ、洪水には偏流による河岸侵食や、侵食による破堤の要因となる。これらを回避するため、河道改修後に堆積した土砂の定期的な浚渫などの対策が行われている。しかし、これらの効果は長く維持されずに形状変化が著しい。

著者らは、砂礫河川の河道形状の安定性の問題に対して、滞筋の形状に着目し、このような滞筋は優れた形状安定性を有することを模型実験を用いて明らかにしている¹⁾。新潟県能生町を流れる一級河川の能生川は、**図-1 a)**のとおり滞筋が両岸の堤防間を蛇行する形となっている。能生川は平成29年の夏季出水により堤防が欠損し、氾濫の寸前になった。その後、再度災害防止のため、堆積土砂の撤去が行われ、著者らの実験結果に基づき平水時の滞筋の設計と現地施工が実施された。

本研究は、能生川における堆積土砂の撤去時に実施した平水時の滞筋の設計の方法、現地施工された滞筋の経年変化について報告する。本研究では、まず、実河川において自発的に形成された滞筋の断面形状を特定し、次に、模型実験を用いて特定した断面形状の形状安定性について述べる。また、この知見に基づき令和3年度の堆積土砂の土砂の撤去時に実装された平水時の滞筋の形状安定性について定期横断測量と航空写真の各々から示す。

2. 実河川における滞筋の形状の把握と模型実験

(1) 実河川における滞筋の形状の把握

まず実河川における滞筋の形状を把握する。対象としたのは明瞭な交互砂州が形成されている新潟県上越市の一級河川の能生川である。滞筋の形状の把握には国土地理院の公表する数値標高データのDEMを用いた。ここから抽出した滞筋の幅のヒストグラムを示す。**図-1**に抽出した区間は河口から2kmから3.2kmの延長1.2kmの範囲である。これを見ると川幅の最頻値は10から20mの範囲に位置するのがわかる。これは用意されている低水路幅の2割程度であることがわかった。

(2) 模型実験の概要

次に得られた実河川の滞筋の形状を元にした模型実験を実施するため、河道形状を表す無次元数である川幅水深比³⁾を算出したところ、上記の滞筋では4から6程

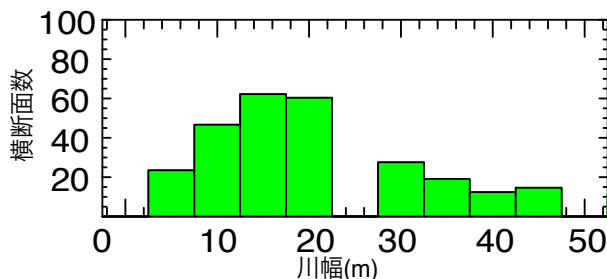


図-1 能生川における滞筋幅のヒストグラム

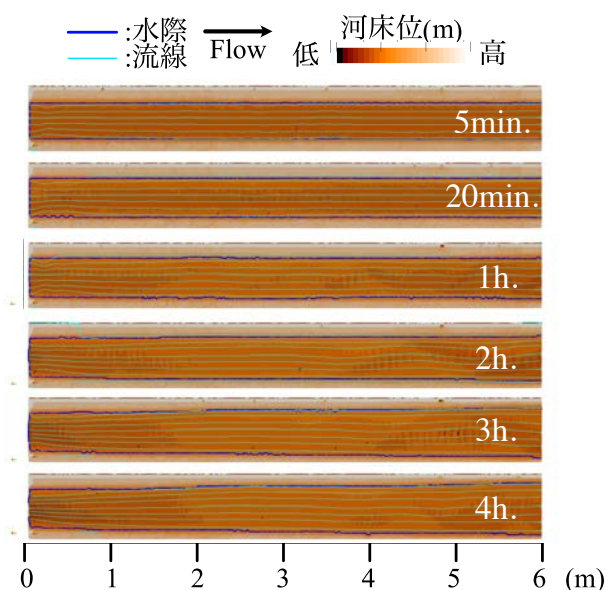


図-2 底面と流線の時間変化

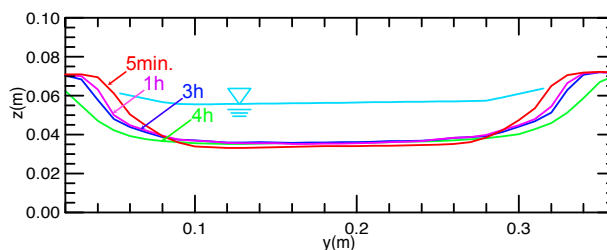


図-3 実験水路の横断形状の変化

度だった。今回の実験では最頻値であった川幅水深比が5を初期条件とした模型実験を行った。

模型実験で使用した水路は全長12m、幅45cmの矩形断面の直線流路である。通水に伴う河道の形状変化を確認するため、水路床に非粘性砂である4号珪砂を敷き詰め、水路中央部に先ほどの川幅水深比の形状の水路を掘り込んだ。通水中はStream Tomography(以下、ST)⁴⁾を用い、通水開始時から5分間隔で1点1cmの分解能で流路の時間変化を計測した。通水は目視で河床の変化が落ち着くことが確認できるまで行った。

Key Words: 安定川幅, 直線流路
〒950-2181 新潟市西区五十嵐2の町 8050 TEL 025-262-7053

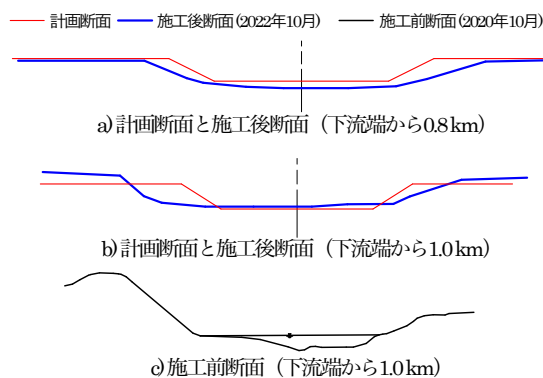
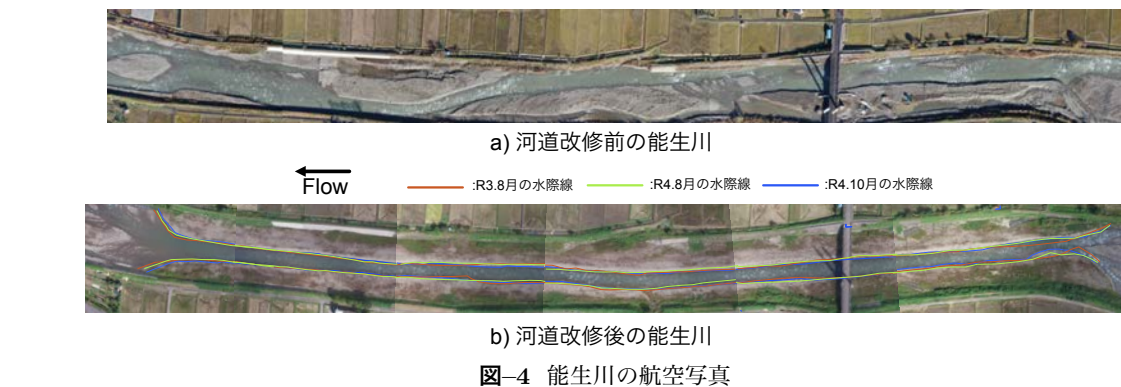


図-5 各横断面形状の変化

(3) 模型実験の結果

図-2 に実験における底面と流線の時間変化、図-3 に縦断平均した横断面図の時間的な変化を示す。図-2 中の流線は平面二次元ソルバーの Nays2D⁵⁾ により算出した流速を用いた。

図-2 と図-3 の両者から分かる通り、通水後 5 分では特に底面に変化は見られない。通水後 1 時間で下流端付近の底面に起伏が発生するが、それ以上は発達はしなかった。流線の形状は、通水初期の 5 分と通水終了時の 4 時間を比較しても曲がり終始少なく、側壁に対して影響を与えるほどではないように見える。通水は 4 時間まで行ったが、図-2 のとおり局所的な河岸侵食はなく直線形状を維持し、図-3 のとおり横断面形状は初期と比べて滑らかな形状となるものの変化は小さかった。

3. 能生川への自発的滞筋の実装後の変化

(1) 平面形状

模型実験の結果から直線形状を維持する安定した条件であることが確認された。この知見を元に能生川では令和 3 年の堆積土砂の浚渫の際に、河口から 2km 地点を下流端とした 1.2km の範囲を自発的に形成された滞筋の断面形状を元にした低水路を整備した。

本節では、整備された当初と、整備後 1 年経過した時点での平面形状を航空写真から比較する。図-4 b) 中の赤線が整備後直近の底線、青線が整備後 1 年の水際線である。これを見ると、上流端、下流端では形状変化が見られるものの、全体を通して直線状の平面形が維持されていることが分かる。

(2) 横断面形状

次に横断面形状の変化を確認する。図-5 a) と b) は改修区間の下流端から 0.8km と 1km の地点の横断面図

である。赤線が当初整備された底面、緑線が 1 年経過した底面である。どちらの断面とも初期から 3 割程度拡幅しているものの、左右均等の拡幅かつ滑らかな曲線状の断面形に変化している。図-5 c) に示した改修前の滞筋の横断面形状も滑らかな曲線形状である。

河道の横断面形状に関する研究として安定川幅の研究がある。Parker²⁾ は水路実験における観察、水理解析から、流路側岸の河岸侵食による流砂量と、流路中央から供給される土砂量の釣り合いを保つとするモデルを提案している。これらモデルより安定性に優れる横断面形はコサイン曲線となることが示されており、今回の結果と関連性があると推測される。

(3) 維持管理の注意点

自発的に形成された滞筋の安定性は明らかとなったが、今後の維持管理には注意を要する。冠水の頻度が低い高水敷では植生が発生しつつあり、このまま発達傾向が続けば、これらの植生による河積の減少に伴う洪水時の越水が懸念される。また、直線河道内の流れは単調となり、環境の単調化が懸念される。今後、河道形状の変化の把握と並行し、治水と環境保全を両立する方法の検討が必要である。

4. おわりに

本研究では、実河川における滞筋を元にした河道の安定性を模型実験で確認した。またその知見を元にして実河川に滞筋の形状に基づく低水路の 1 年間の形状変化を確認した。その結果、模型実験の結果からも、1 年間の形状変化においても低水路の安定性を確認した。

参考文献

- 1) 村井剛徳, 安田浩保, 自発的に減少した川幅水深比を初期条件とする砂州の発達過程における流れの直進性, 土木学会関東支部新潟会研究発表会 2020.
- 2) Parker, G, Self-formed straight rivers with equilibrium banks and mobile bed. Part 1, *J. Fluid Mech.*, Vol. 89, pp. 109-125, 1978.
- 3) 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, 1984.
- 4) Moteki D, Murai T, Hoshino T, Yasuda H, Muramatsu S, Hayasaka K, Capture method for digital twin of formation processes of sand bars, *Physics of Fluids* 34 (034117), 2022.
- 5) Y. Shmizu et al.:Advances in Computational Morphodynamics Using the International River Interface Cooperative (iRIC) Software, *Earth Surf Process Landf*, 45, 2019.