

実河川における自発的に形成された滞筋の形状安定性

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

学生会員 ○村井 剛徳
正会員 安田 浩保

1 はじめに

交互砂州を有する河川の横断面は、左右の岸沿いのどちらかが堆積域となり標高が相対的に高くなる。その対岸側の標高は低く、平水時の流路である滞筋となる。滞筋は、砂州を有する河川の断面の1/4程度を占めることが多く、平水時には堆積している箇所を避け、蛇行するように流れる。

このような滞筋は、洪水流の偏りを促し、河岸の侵食や破堤の要因となる。岸沿いの滞筋の解消のために自発的に形成された堆積域は定期的に浚渫される。しかし、そのような浚渫が実施されても、その効果は長期間は維持されず、比較的短期間のうちに堆積域とその対岸に河岸に沿った滞筋が再生されることが多い。

これらの滞筋の幾何学的な形状について横断面図などを用いて確認すると、多少の増減があるものの、水深と川幅は比較的一定であることが分かる。つまり、交互砂州を有する河川において自発的に形成された滞筋の断面形状は一定の川幅水深比を指向することが推測でき、断面形状を安定させるための工学的な応用が期待できる。そこで、本研究では、実河川において自発的に形成された滞筋の形状安定性について模型実験を用いて調べる。

2 実験概要

2.1 実験方法

自発的に形成された滞筋の形状安定性の確認を目的として、移動床の模型実験を2種類行った。

一つ目の模型実験に先立ち、新潟県一級河川の魚野川上流区間において自発的に形成された滞筋の川幅水深比を横断面図より算定したところ、10から14前後であった。そこで、実験1として、魚野川における滞筋の形状安定性を調べるため、水路形状の無次元数である川幅水深比と時間軸を一致させられる Fr 数を実河川と一致させる模型実験を行った。川幅水深比は10、 Fr 数は1.0とした。

もう一つの模型実験は、以前に著者らが模型実験により得た形状安定性に優れる滞筋の川幅水深比を与えるものである。著者らは、初期条件として5から6程度の川幅水深比を与えると、長時間にわたって形状安定性を維持することを確認¹⁾している。この結果を踏まえ、本研究では、5.7の川幅水深比を与える模型実験を行い、これを実験2と称

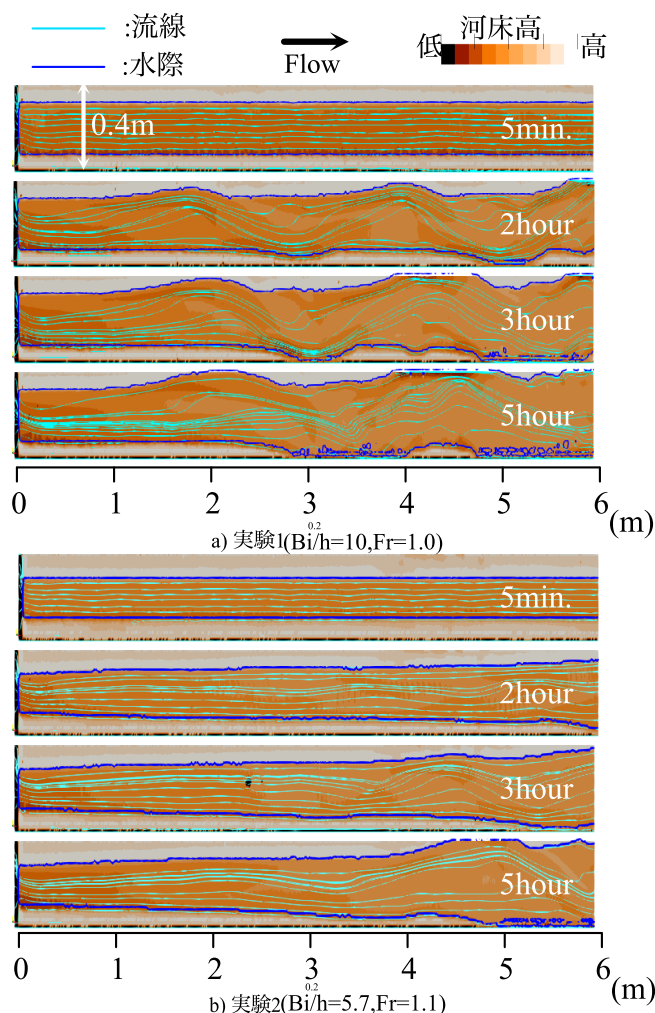


図-1 各実験の底面と流線の時間変化
する。実験1との対比が容易なように、実験2における Fr 数は実験1と一致させた。

2つの実験では幅45cm、全長12mの矩形断面直線水路とを用いた。河床勾配は魚野川の上流区間と同じ1/100とした。水路の形状変化を確認できるようにするため、河岸と底面には非粘性砂の4号珪砂を用いた。流量は両実験とも0.7(l/s)とした。水路形状の変化を確認するため、底面、水面を同時に計測できるStream Tomography²⁾を用いて通水開始時から5分間隔で1点/1cm²の分解能で計測した。通水は、目視で河床の変化が落ち着くことが確認された5時間行った。

2.2 実験結果

図-1 a)に実験1の底面と流線の時間変化を示す。流線は平面二次元ソルバーのNays2Dを用いて出した流速を用

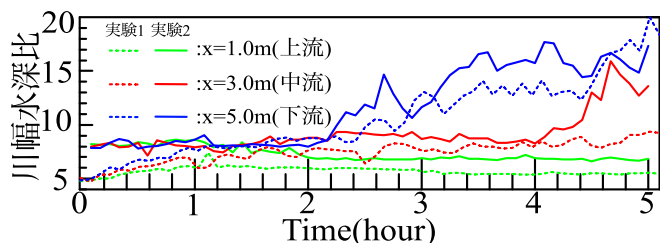


図-2 各実験における川幅水深比の時間変化

いた。通水後5分では底面、流線とも変化はないように見える。通水後2時間を超えてくると底面の起伏が発達していき、それに伴う流線の偏りと水際線の後退が見られる。通水後5時間の結果の水際を見ると、上流の一部をのぞいて初期の河岸は消滅しているのがわかる。図-1 b)に実験2の底面と流線の時間変化を示す。通水後5分から2時間までで底面や流線は変化が少ないのがわかる。通水後3時間以降は、下流付近以外は河岸が残置した。

3 水路の形状変化

3.1 水路縦断における形状変化の違い

図-1 a,b) 実験結果の水際線を見ると、河岸侵食による水路形状の変化の程度は縦断で様ではなく、水路の上流、中流、下流(上流から0から2m, 2から4m, 4から6m)で異なるように見える。本章では、水路横断形状の時間変化の縦断での違いを確認するため、上流から1m, 3m, 5mの各断面における水路横断形状の無次元数である川幅水深比の時間変化を算出した。図-2に各断面における川幅水深比の時間変化を示す。実験1の結果を実線で示す。上流の川幅水深比は5時間を通して安定している。中流の川幅水深比は通水後4時間まで変化が落ち着いていたが、それ以降は初期の1.5倍程度に変化した。下流の川幅水深比は通水後2時間目から増加し続けた。実験2の結果を実線で示す。上流の川幅水深比は初期から一貫して変化は小さい。中流の川幅水深比は通水後2時間までゆるやかに増加するものの、それ以降の変化は小さい。下流は2時間を過ぎると変化を開始、最終的に初期の3倍程度まで増加した。両実験ともに水路形状の変化の程度は上流は初期の河道を維持し、下流に行くほど形状変化が大きくなった。

3.2 底面砂州波高の縦断

前節では、水路縦断で形状変化の程度が異なっていることを示した。この形状変化の原因として交互砂州の形成による流水の偏流が考えられる。この仮説のもと、交互砂州の波高の発達を、横断での平均水深で割った無次元波高で確認した。図-3に通水初期と5時間後の無次元波高の縦断変化を示す。実験1の通水初期を見ると、波高は縦断では一様に見える。5時間後には中流から下流にかけて波高

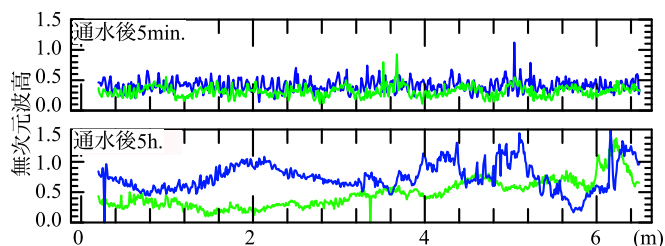


図-3 無次元波高の縦断変化

が発達し、その一方で上流では比較的発達は小さい。実験2も同様で通水初期では縦断で一様であった。5時間後では実験1と異なり、波高の発達は上流と中流の各々で小さい。実験1の図-3の波高の高い箇所と図-1の流線の曲がりの大きい範囲が一致しているのがわかり、また水際線の局所的な後退の箇所も一致する。したがって河道形状の変化の要因として交互砂州の発達が考えられる。その上で、実験1,2の通水後5時間での砂州波高を比較すると実験2の方が縦断においても砂州波高の発達が小さく、それゆえ河道形状は維持されている。

3.3 実験1の結果と実河川との相違

図-2に示した実験1における結果は、通水後2時間までは安定性を維持している。これは実河川における1日弱に相当し、一般的な洪水の発生から収束までの時間に該当する。その後も、上流区間では終始変化が少なく一定の安定性が認められる。また、実験2に関しては下流端近傍を除き安定性が確認された。実験1では、実河川における自発的な滞筋での川幅水深比を与えたにもかかわらず、実験2と比べると、安定性は限定的であった。

実河川と今回の模型実験での現象の乖離の原因として、底面と河岸の構成材料の違いが考えられる。本研究における模型実験では底面と河岸に非粘着性の土砂を用いた。一方で、実河川の底面と河岸の構成材料は礫などを含む混合粒径で、粘着性を有する。この相違が要因の一つと推測される。

4 おわりに

本研究では、実河川における自発的に形成された滞筋の安定性の確認を目的とした模型実験を実施した。結果として、水路の一部ではその安定性が確認された。しかし、特に下流区間などでは安定性が低下し、その要因一つとして、河岸や底面などの構成材料の相違が推測される。

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, 新潟会 2020.
- 2) 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.