

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

新潟大学大学院自然科学研究科 学生会員 ○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

砂礫河床の直線流路における交互砂州の発生の有無は、川幅水深比を用いて評価できるとされる¹⁾。交互砂州の波長が十分に発達すると、岸沿いに川幅の数倍程度の長さを持つ直線的な滯筋が形成される。この滯筋における川幅と水深の比（以降、川幅水深比）は交互砂州の発達に伴って次第に減少しているように見える。十分に発達した交互砂州の滯筋における底面の変化は少ないことなどから、ここで川幅水深比は非砂州条件に移行したことが推測される。しかし、移動床における水深の測定は困難などの理由により、滯筋における川幅水深比が測定されたことはなく、実際に非砂州条件に移行したかどうかは実証されていない。

河床と側岸が砂礫で構成される直線流路においては、側岸が掃流力により侵食されて拡幅する。しかし、流路幅が無限となることはなく、一定の流路幅が維持される（以降、安定川幅）。このような安定川幅は流量と比例関係にあることが知られ模型実験を用いて安定川幅の探索が行われている²⁾。このような安定川幅と上述した交互砂州における直線形状の滯筋はどちらも安定した流路形状で変形しにくく、砂礫河床の直線流路における現象である。しかし、著者らが知る限り、安定川幅と交互砂州を結びつけた研究はなく、両者の関係は現状では不明である。

本研究では、平坦床から自発的に発達した砂州における滯筋での川幅水深比の時間変化や、変形が収束した滯筋における流れの直進性の時間変化について調べた。

2 実験概要

2.1 実験方法

本研究では2種類の移動床の模型実験を行った。2つの実験とも全長12mの矩形断面の直線水路を用いた。どちらの実験も水路勾配は1/80、流量は0.86 L/sとし、水路床には平均粒径0.76mmの4号珪砂を敷設した。

二つの実験のうち、実験1とした実験では、交互砂州が発生するといわれる川幅水深比27と無次元掃流力0.07を初期条件に与えた。実験2としたもう一つの実験では、実験1で発生した直線状の滯筋における川幅水深比を初期条件に与えた。なお、滯筋の検出方法は次節に後述した。

本研究では砂州の発達過程における川幅水深比の時間変化の測定が目的の一つである。このためには通水を継続したままでの水深と川幅の測定が求められる。そこで、水面と底面を同時に計測できるStream Tomography(以下、ST)³⁾を用い、通水開始時から10分間隔で1点/1cm²の分解能での計測を行った。通水は、目視で河床の変化が落ち着くことが確認された4時間まで行った。

2.2 滯筋の検出方法(実験2の初期条件の設定方法)

本研究における滯筋は、STによる1cmごとの測定断面において、上流端での流量の8割が流れる断面と定義した。この8割断面は、STの測定点ごとに単位幅流量を算定し、これを大きい順に8割になるまで累加を続けて規定した。単位幅流量の算定に用いる水深についてはSTの測定値、流速については水理計算により求めた。この水理計算には平面二次元解析のソルバーであるNays2Dを用いた。

2.3 底面の計測結果と滯筋の検出結果

2.3.1 実験1

図-1 a)に実験1の底面位と滯筋の範囲の時間変化を示す。通水後120min.では砂州が形成され、それに対応して側壁付近に長さが1mほどの直線形状の滯筋が形成されている。通水後240min.を見ると、通水後120min.よりも滯筋の長さや範囲が広がっている。最終時刻での滯筋の川幅水深比は9.7、無次元掃流力は0.1であった。実験2の初期条件にはこの値を用いた。

2.3.2 実験2

図-1 b)に実験2の底面位と滯筋の範囲の時間変化を示す。通水後10min.ですでに砂州のような周期的な凹凸が形成され、実験1と比べると波長の短い滯筋が発生した。その後、通水から240min.が経過しても波長の短い滯筋が維持されたままであった。最終時刻での滯筋の川幅水深比は6、無次元掃流力は0.125であった。

3 領域区分図上での滯筋の川幅水深比の遷移

図-2に実験1と実験2における通水開始から通水停止までの10分ごとの川幅水深比の時間変化を赤丸と青丸で示した。まず、実験1については、初期条件の川幅水深比27は通水開始からわずか10分で18程度まで急減するも

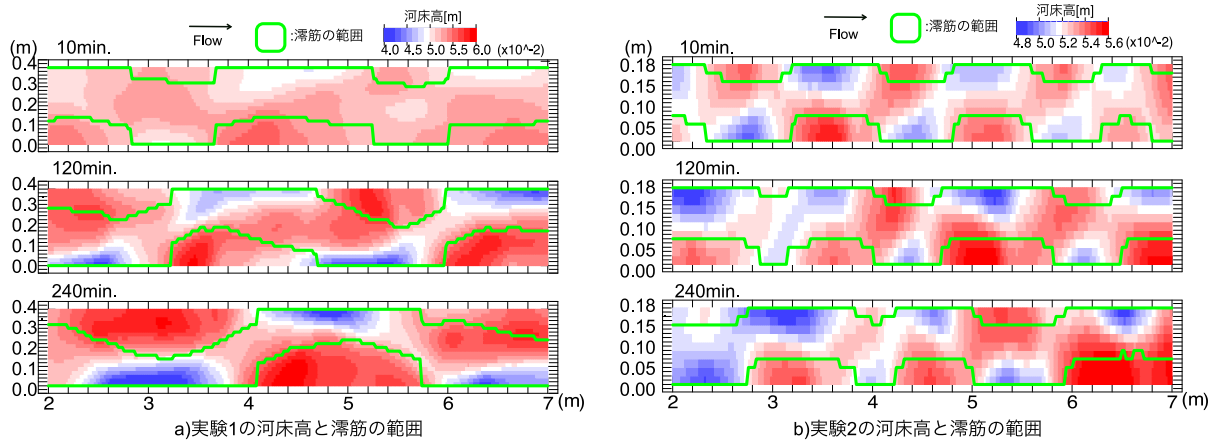


図-1 各実験の底面と澱筋の時間変化

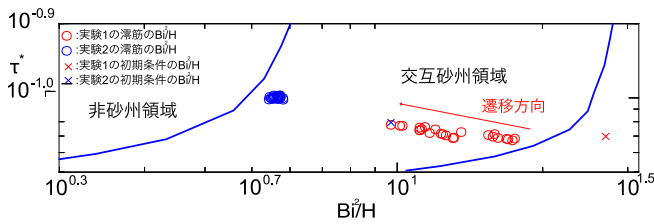


図-2 各実験の澱筋の川幅水深比の推移

の、その後は緩やかに減少し、10代前半を維持する結果となった。また、実験2については、初期条件の川幅水深比9は通水開始からわずか10分で6程度まで急減するものの、その後は6を維持する結果となった。実験1と実験2のどちらも非砂州領域に向かう変化となった。また、実験1と実験2のどちらも通水開始の直後を除き、同図の川幅水深比も図-1に示した砂州の形状も変化は小さく、自発的に安定状態に到達したものと考えられる。なお、現時点において実験1と実験2における通水開始直後の川幅水深比の急減の要因については不明である。

4 流れの直進性

実験1と実験2の図-1に示した結果の河床高の時間変化を見ると、河床波が発生すると、それに伴って蛇行した澱筋が見られるようになる。実験1と実験2を比較すると、実験1の砂州の方が波長や波高が大きく発達しているようである。本章では無次元波高と流線の曲率を用いて実験1と実験2の流れの直進性の違いを調べた。

4.1 無次元波高の時間変化

本節では各条件における砂州の波高の最大値の時間変化を調べた。その結果が図-3 a)である。同図は、実験1と実験2を対等に比較できるように、砂州の波高を等流水深で除した。実験1の結果は赤線で示した。通水開始直後から波高は急増するものの、その後の変化は緩やかであった。実験2の結果は青線で示し、実験1とは対照的に通水開始から停止まで変化は小さく、値自体も1/3程度であった。

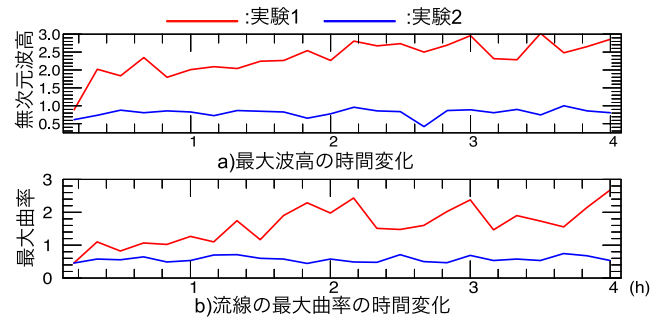


図-3 各実験の波高と流線の曲率の時間変化

4.2 流線の曲率を用いた流れの直進性の評価

次に、河床波の発達に伴う流水の直進性の変化を明らかにするため、10分間隔で流線を求め、その曲率の時間変化を求めた。流路幅方向に複数本得られる流線を横断方向に平均し、その流線上の曲率を流下方向に算定した。これらの最大値の時間変化を図-3 b)に示す。実験1と実験2の結果を赤線と青線で示した。実験1は時間経過とともに増加傾向であった。実験2は終始変化せず、波高と同様に1/3程度であった。以上から、変形が緩やかとなった澱筋における川幅水深比は、河床波の発達を抑制し、それに伴う流れの偏流を抑制する条件となることが示唆された。

5 おわりに

本研究では、砂州の発達に伴って生じる澱筋における川幅水深比の時間変化と、澱筋における流れの直進性を調べた。その結果、砂州の発達に伴って自発的に形成された直線的な澱筋における川幅水深比は河床波の発達を抑制し、流水の直進性が維持させやすいことが示唆された。

参考文献

- 1) 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, 1984.2
- 2) 平野宗夫, 拡幅を伴う流路変動について, 土木学会論文報告集, 第210号, pp.13-20, 1973.
- 3) 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.