

交互砂州の発生・発達過程における支配水理量の遷移

新潟大学工学部建設学科

非会員 ○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

近年までの河川整備により人口居住地近傍の河川の平面形状は直線形状かつ一定幅の矩形断面に改修された。その結果、河道内に交互砂州が形成され、これが洪水流を岸沿いに偏流させるために破堤の原因となっている。また、このような岸沿いの偏流が一度生じると初期のような矩形断面に自律的に回復せず、流水が存在する川幅は初期と比べて減少したままとなる。また、このような岸沿いの偏流の底面形状の変化は非常に小さく、何らかの安定状態への到達を指向していることが推測される。川幅の減少した状態での底面形状の変化が緩慢となることは、既往の研究により川幅水深比が一定値を下回ると砂州は発生しないこととの関連することが示唆される。

本研究では、砂州が平坦床から発生・発達する過程における水深(≒径深)と潤辺(≒川幅)についての時間的変化の定量化を目的とした模型実験を実施した。その後、実験結果の整理を行い、平坦時と砂州が十分に発達した時点での川幅水深比が砂州の発生条件を満たすかどうかを調べる。

2 研究方法

2.1 模型実験の条件

本研究の模型実験では、全長 12.0m、流路幅 0.45m、水路勾配 1/200 の矩形断面水路を用いた。上流端から 2.0m の助走区間を設け、そこから下流側へ平均粒径 0.76mm の 4 号珪砂を河床高 5.0cm に敷き詰め、これを初期状態とした。

水理条件は黒木・岸の中規模河床形態の領域区分を参考に交互砂州の発生領域を設定した。流量は 1.7L/s、川幅水深比 $BI^{0.2}/H_0$ は 14.5、無次元掃流力は 0.079、給砂は無給砂とした。通水時間は交互砂州が発達し形状変化が緩慢になった 6 時間まで行なった。

2.2 底面と水面の計測方法

通水中は光切断法を計測原理とする水面、底面を同時に高解像で計測できる計測法である Stream Tomography²⁾(以下 ST)を用いて計測した。水面と底面の計測は 10 分間隔で行なった。水面と底面の計測解像度は縦、横共に 5cm とした。

2.3 実験結果

模型実験の結果を図-1 の上段に列記した。同図から、平坦床から次第に交互砂州が発生し、通水開始から 80 分頃に明瞭な交互砂州の発生が確認された。その後、発生した交互砂州は発達を続け、波高の増幅と流下をする様子が見られた。通水開始から 240 分以降となると、波高の増幅や、砂州の流下は極端に緩慢となる結果が得られた。

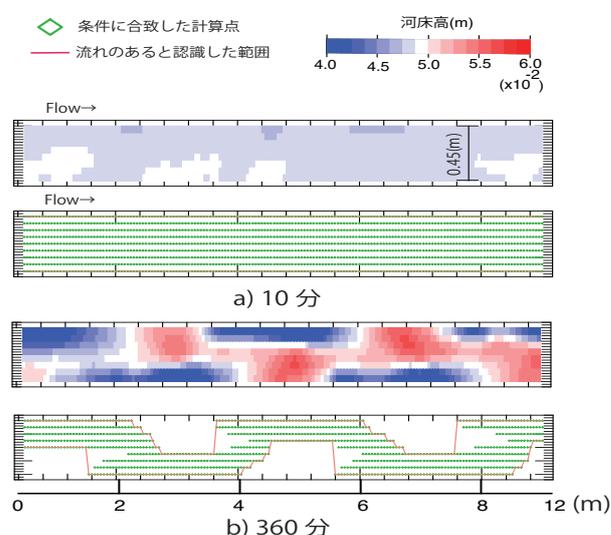


図-1 上図：河床高のコンター図 下図：フラックスで流水部とみなした部分

3 砂州の発達過程における川幅水深比

既往の研究により川幅水深比が一定値を下回ると砂州は発生しないことが明らかにされている。240 分以降に見られた岸沿いの偏流の底面形状の変化は非常に小さく、何らかの安定状態への到達を指向していることが推測される。川幅の減少した状態での底面形状の変化が緩慢となることは、川幅水深比が小さい場合においては砂州は発生しないこととの関連が示唆される。そこで、平坦床から交互砂州が十分に発達する過程における流水部分における川幅水深比の時間的な変化について調べる。

3.1 水深と潤辺の時間的変化

3.1.1 流水部の識別

前章では、通水開始から 240 分以降では砂州の伝播や発達が緩慢となる結果を得た。初期と 240 分以降との最も大きな差異は、初期段階では水路全体に一樣な流れが確認されたことに対し、240 分以降では流れが岸沿いに偏っていることである。砂州が発生・発達するためには流水による

土砂輸送が不可欠である。流水による土砂輸送の発生の有無は一般的には掃流力が指標とされるが、流水部分を掃流力を指標として識別することは困難であることが推測される。そこで、本研究では、流水部分を識別する方法として、各時刻における ST による各計測におけるフラックスを算定し、これらの値が模型実験の初期の状態（平坦床、広矩形で一様に流れがある）でのフラックスの 8 割以上となる箇所を流水部分とみなすことにした。なお、フラックスの算定において必要となる流速は、底面形状における流速を河床変動解析ソフトウェア (iRIC) により模型実験と同じ水理条件を与えて求めた。

3.1.2 識別結果

図-1 の上図は河床高のコンター図である。同図における赤色の着色部は堆積部分、青色の着色部分は洗掘部分である。下図はフラックスを指標として流水部と認識した計測点の分布図である。赤い線で囲まれた部分が流水部と認識される範囲である。2つの図から砂州の形成する部分と除外された部分が概ね合致しており、流水部のみを識別できたものと判断できる。

3.2 潤辺、径深の時間変化

ST データより潤辺、径深、流積を算出した。潤辺は隣り合う計測点の横断方向の距離と水深の差分をとり、三平方の定理により斜辺の長さを求め横断方向での各計測点間の斜辺の総和とした。流積は各計測点の横断方向の距離と水深のデータより台形の面積を求め、横断方向での総和を流積とした。径深は得られた流積を潤辺で割った。フラックスを指標として流水部分と識別した部分での潤辺、径深、流積の総和の時間変化についてそれぞれ図-2, 3, 4 に示した。赤線は流水部を識別する前の各水理量、緑線は流水部を識別し、それ以外を棄却した場合のものである。

潤辺の時間変化を示した図-2 を見ると、通水開始から 70 分を経過したあたり減少する。その後、緩やかに減少していくが 200 分では減少傾向は収束することが分かる。流積については図-3 を見ると潤辺と同じく 70 分頃まで減少が続き、140 分で変化が収束する。図-4 に示した径深は通水開始後から 200 分頃まで増加傾向が続くがやはり 200 分以降になると変化が収束することがわかった。これらより、流水部と識別した範囲での潤辺、径深の時間変化から川の形状変化が落ち着いていることがわかる。

3.3 川幅水深比の時間变化的な遷移

径深を水深とし、潤辺を川幅として川幅水深比¹⁾を算出し、図-5 に示すとおり、この時間経過を黒木・岸が提案する砂州の発生と非発生を区分する領域区分図上にプロッ

トした。この図を見ると、通水開始から 160 分を越えたあたりから川幅水深比は砂州非発生の領域に位置するようになっていたことが分かった。底面は通水開始から 240 分以降になると砂州の発達や伝播は急速に緩やかになり、また、図-2 から図-4 においてもやはり通水開始から 200 分頃を越えたあたりから各水理量の変化は穏やかになる共通が見られた。つまり、砂州が十分に発達した段階における流水部分での川幅水深比は非砂州領域に到達し、このような川幅水深比は砂州の発達や伝播を緩慢させる水理量であることが示唆される。

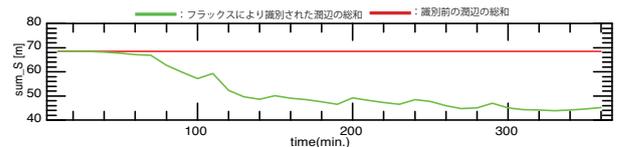


図-2 潤辺の総和の時間変化

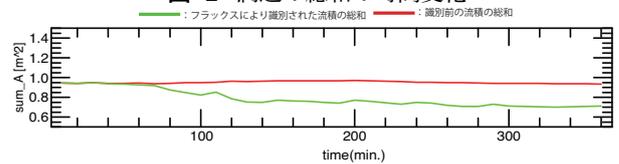


図-3 流積の総和の時間変化

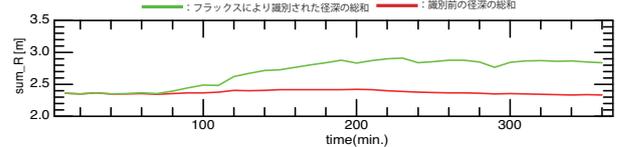


図-4 径深の総和の時間変化

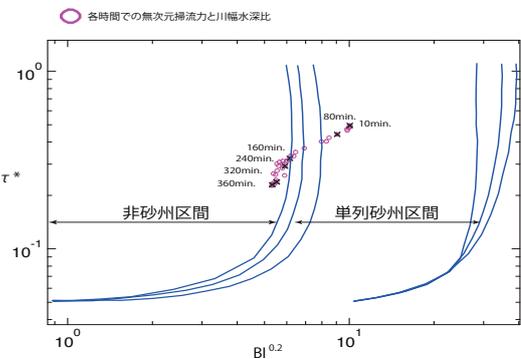


図-5 川幅水深比と無次元掃流力の時間変化

4 おわりに

本研究では、平坦床から自律的に砂州を発生・発達させる模型実験を行い、この発生発達過程における潤辺、径深の時間変化について調べた。その結果、砂州が十分に発達した段階における流水部分での川幅水深比は非砂州領域に到達し、このような川幅水深比は砂州の発達や伝播を緩慢させる水理量であることが示唆された。

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) 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.