

側壁の侵食性の有無が河道内の流況・河床形状に与える影響

新潟大学大学院自然科学研究科 学生員 ○石塚 芳
 新潟大学災害・復興科学研究所 正会員 安田 浩保
 新潟大学災害・復興科学研究所 正会員 五十嵐 拓実

1. はじめに

日本の河川では戦後、護岸による河道の固定壁化が行われてきた。護岸が設置される以前の河川の護岸は、土砂等で構成された侵食性側壁であったため、出水のたびに川幅が大きく変化し、河川近隣での被害が大きかった。このため、護岸を用いて直線に固定した河道への改修が実施されてきた。このような河道改修では、直線的な河道に沿った洪水流の安全な流下を期待したものである。しかし、現在でもなお、大規模な出水のたびに、川表側の侵食が繰り返され、氾濫による被害が発生している。これらの被災の原因の一つとして、交互砂州や複列砂州などの中規模河床波の影響を受けた流れの偏心が挙げられる。現在のところ、河道の直線化や固定壁化によって河床変動や流況にどのような変化が生じたのかは明らかにされていない。

直線化つ固定化された河道内には交互砂州が形成されていることが多い。既往の研究では、この交互砂州の発達過程¹⁾やその底面起伏がもたらす流況²⁾について調べられてきた。しかし、同一の水力条件下において、側壁の侵食性の有無による河床形状やそれがもたらす流況の違いを比較した事例は、著者らが知る限り存在しない。そのため、護岸の設置によってどの程度、流況や河床形状が変化したのかは明らかにされておらず、今後の河道設計の方針が不透明な状況にある。本研究では、同一の水力条件下で側壁の侵食性の有無を考慮した模型実験により、両者の河床形状と流況について比較を行った。

2. 側壁の侵食性の有無を考慮した模型実験

(1) 実験条件と計測方法

模型実験には水路長 12m、水路幅 45cm の模型水路を用いた。この水路中央に水路幅 21cm、深さが 3.0cm の直線複断面流路を作成した。側壁の侵食性の有無を考慮した実験を行うために、2つの条件を設定した。1つ目は護岸設置前の河道を模した侵食性側壁の条件 (Case1)、2つ目は護岸設置後の河道を模した固定壁により流路を直線形状に固定した条件 (Case2) を設定した。両条件とも初期条件の川幅水深比は 7.4、無次元掃流力は 0.055 である。これは交互砂州の発達によって変化する流況の比較を行うため、水力条件は黒木・岸³⁾の領域区分図より交互砂州の発生を狙った条件を設定した。この条件における水路床勾配は 1/120、流量は 0.6L/s。河床材料粒径は 0.76mm となる。通水は侵食性側壁の条件の流路が側壁に到達した 270 分まで行った。

底面の計測は星野ら⁴⁾が開発した水面と水底面の同時計測技術である Stream Tomography を用いて計測を行なった。

(2) 水底面の計測結果

図-1 に各条件の計測結果を示す。計測範囲は水底面の変動が見られた 1.5 m から 9.0m の範囲を示している。両条件で交互砂州の形成が見られた 60 分と最終時刻である 270 分の 2 時刻の結果を示している。

Case1 の条件では、通水開始から 60 分が経過した時点で交互砂州が形成が見られた。通水開始から 270 分が経過した時点では、5m から 9m の範囲で交互砂州の洗掘部付近で側壁侵食が進行し、比較的曲率が大きい蛇行形状の流路へと遷移したことが分かる。また、湾曲部の外岸部では、側岸に沿うように深掘れが発生していた。

Case2 の条件では、通水開始より 60 分の時点で、Case1 とほぼ同程度の波長や波高を有する交互砂州の形成が見られた。最終時刻の時点では 4m から 8m の範囲で固定壁に沿うような直線的な深掘れが見られた。

(3) 数値解析モデル

出水時の破堤の主な原因は、河床形状の発達による流れの偏心と推測される。流況の比較を行うため、模型実験より得られた底面形状の情報を用いた固定床水力計算を行った。水力計算モデルは iRIC に同梱されている平面 2 次元の流れと河床変動のソルバーである Nays2D を用いた。Nays2D⁵⁾における流れの支配方程式は、連続式と水深方向に積分された運動方程式である。水力条件は模型実験の実験条件と同じである。

(4) 流量フラックスによる流況の評価

側壁近傍における流れの集中は、出水時の側壁の侵食型または洗掘型の破堤の原因となりうる。そこで、河床を動かす駆動力となる流水の偏りを見ることで、侵食性の側壁の有無により変化した流況を調べた。流路内の流れの偏りを把握するために、図-2 に流速に水深を乗じた流量フラックスの横断面内の最大値を示す点を平面図に示した。図中の青線は横断面内最大フラックス、赤線は側壁の位置を示している。横断面内の最大流量フラックスが示す箇所は断面内で最も流水が多い場所であるため、この図は滯筋を示した図と言える。

Case1 の条件では、最終時刻の結果より側壁侵食により変化した流路の平面形状に沿うような滯筋の分布が見られた。一方で、Case2 の条件では、最終時刻で水路壁に沿うように滯筋が直線に分布する様子が見られた。3.5 から 5.5m の地点でその傾向がよく見られる。また、両

Key Words: 中規模河床形態, iRIC, 側壁の侵食性
 〒 950-2181 新潟市西区五十嵐 2 の町 8050 TEL 025-262-7053

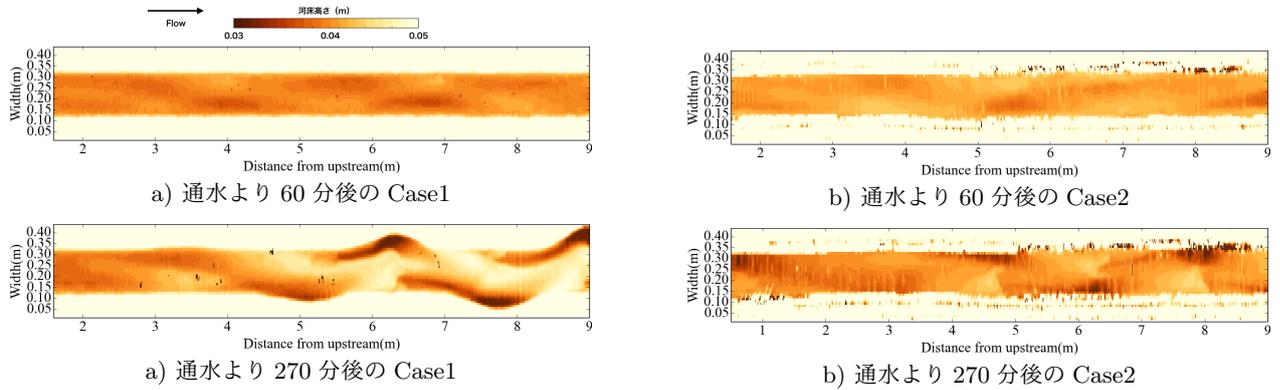


図-1 各時刻ごとの河床形状

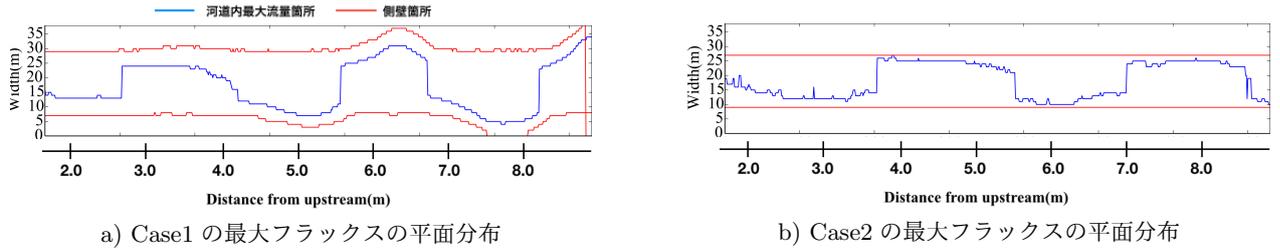


図-2 流量フラックスの最大箇所

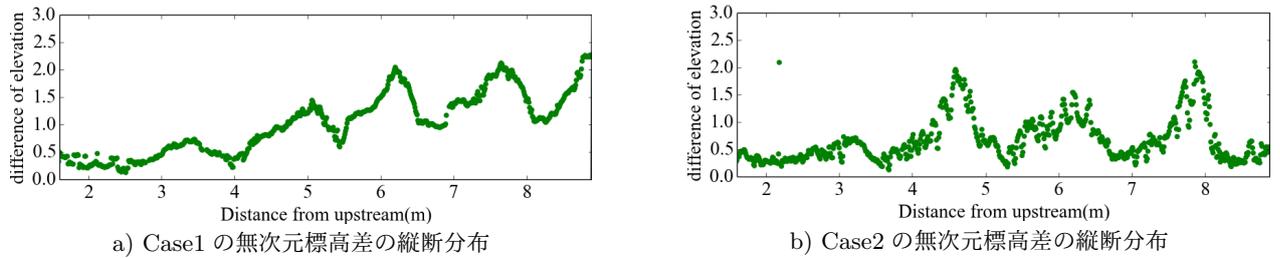


図-3 無次元標高差の縦断分布

ケースを比べると Case1 の滯筋の波長が 1.5m 程度に対し、Case2 では 2m 程度の波長をもつ滯筋が見られた。

(5) 無次元標高差による河床形状の評価

交互砂州は同一の横断面内での標高差を増大させる。河道内の標高差の増大は河道の樹林化や流れの偏心を引き起こすため、現在の治水上の最大の問題となっている。そこで、標高差を指標に用いて、側壁の侵食性の有無が河床形状に及ぼす影響を調べた。図-3 に横断面の標高差を初期条件の等流水深で除した無次元標高差の各ケースの縦断分布を示す。

両条件共に、河道内に等流水深の約 2 倍程度の標高差が見られる。両条件の異なる点は、Case1 の条件では下流に行くほどに無次元標高差が大きくなる様子が見られる。一方 Case2 の条件では縦断方向にほぼ同程度の標高差が生じる結果となった。

3. 考察

図-2 の結果より、側壁付近への流れの偏りは平面形状によらず、交互砂州の発達により発生することが示された。また、固定壁の条件において側壁に沿う最大フラックス（滯筋）が生じた原因としては、直線固定壁の拘束を受けるために固定壁の条件では滯筋しにくくなるためと推測される。

図-3 の結果より、蛇行状の滯筋が発達して平面形状が変化すると、河道内の標高差が大きくなること示唆された。護岸を設置した河道では、侵食破堤の軽減が期待ができる。しかし、護岸を設置した河道内であっても側壁付近の流れが形成され、等流水深よりも大きい標高差が見られ、依然として残置されていることが示唆された。また、固定壁の条件の方が側壁に寄った滯筋が長く、危険性が広範囲に及ぶ可能性も示唆された。

4. おわりに

同一水理条件下において側壁の侵食性の有無が河床形状の発達とそれに伴う流況に与える影響について調べた。その結果、護岸の設置を行なった河道内において、依然として侵食破堤の危険性が残置すること示唆された。

参考文献

- 1) 藤田裕一郎, 村本嘉雄, 堀池周二, 交互砂州の発達過程に関する研究, 京大防災研究所年報第 24 号, pp411-431, (昭 56.4).
- 2) 長谷川和義, 山岡勲, 発達した交互砂州の性状に関する実験と解析, 第 26 回水理講演会論文集, pp31-38, 1982.
- 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, Vol.342, 87-96, 1984.
- 4) 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, 応用力学論文集特集号, 2017.
- 5) 河川シミュレーションソフト iRIC, <http://i-ric.org/>