

流路幅の縦断方向の周期的な広狭が 中規模河床波の形成に与える影響について

新潟大学 災害・復興科学研究所 安田 浩保・星野剛
新潟大学大学院 自然科学研究科 五十嵐 拓実・利根川 明弘

1. はじめに

流路幅の数倍ほどの波長となる中規模河床波は、流路幅の広狭に応じて単列砂州と複列砂州のいずれかが動的平衡状態の河床形状として形成されることを前提として研究が進められてきものと解釈してよかろう。このうち、単列砂州については、実河川と直線水路を中心とした模型実験のいずれにおいても動的平衡状態の河床形状として存在することが広く認められている。一方で、複列砂州については、直線流路を用いた模型実験や数値計算を用いた研究において複列砂州が形成されるとする大きな川幅水深比を与えると、通水開始後の間もない段階に平坦床から多モードの複列砂州が卓越することはあっても、その後、長時間に渡って複列砂州が安定に維持されることはなく、動的平衡状態の河床形状としては単列砂州と見なせる河床形状に到達することが度々報告されている。このことは人工改修されて川幅が縦断方向に均一になった河川においては単列砂州が卓越するようになることと一致する。これに対し、実河川においてはしばしば複列砂州が長期間に渡って安定に存在することが共通の認識となっている。このような複列砂州を維持する実河川の共通点として流路幅が縦断方向に広狭を繰返していることが指摘されている¹⁾。この指摘は、直線流路と流路幅が縦断方向に周期的な広狭を繰返す流路では、動的平衡状態の河床形状が根本的に異なることを示唆している。

本研究では、上記を端緒とし、流路幅の縦断方向の周期的な広狭が流水とそれに伴い形成される河床波に与える影響を把握するために、流路幅が広狭する模型水路において移動床の実験を行った。実験結果に基づいてこのような流路における中規模河床波の形成機構に加え、直線流路における動的平衡状態の中規模河床波がどのような形状で存在し得るかについて考察した。

2. 移動床の模型実験

(1) 実験装置と設定した水理条件

本研究では、移動床の模型実験にあたり、全長が10m、全幅が0.48m、断面形状が矩形断面の模型水路を用いることにした。流路幅の広狭は次節に示した方法により幾何学形状を決定した三角型構造物を補助的な側壁として縦断的に連続に設置することで造形した。

水理条件としては、黒木・岸の研究²⁾を参考にして、単列砂州が形成されるとされる川幅水深比と無次元掃流力の組合せとしてそれぞれを9.56と0.092、水路床勾配は1/149、上流端から供給する流量を3.58 l/s、河床材料は粒径が0.76mmの4号硅砂とし、水路の全区間に平坦に敷き詰めた。

(2) 三角型構造物の幾何学形状

本研究では、模型実験の第一段階として、前節に示した矩形断面の模型水路において同じく前節の水理条件を与えた通水を行った。その結果、側壁の間を交互に斜線で結ぶような網目状の河床波が通水開始の間もない段階から発生することが確認された。この河床波の波高は目分量で粒径の数倍程度であった。この網目状の模様と側壁との交差角は約27°であった。なお、その後2時間ほどの通水を継続することで動的平衡状態の河床形状として単列砂州が形成されることを期待したが、結果として、波長が流路幅の数倍ほどでかつ水深規模の明瞭な波高を有する中規模河床波は形成されなかった。

次節で実施する模型実験において補助的な側壁として配置する三角型構造物の幾何学形状はこの交差角を参考にして決定した。三角型構造物の平面的な大きさが形成される河床波に与える影響を把握するために、幾何学形状が相似型となる2種類の三角型構造物をそれぞれ設置することにした。これらの三角型の形状は、側壁との交差角を27度に統一、側壁から水路の流心方向の張出長はそれぞれ6cmと9cmとした。

(3) 流路幅が広狭する場合に形成される河床形状

模型実験の第二段階として、側壁との交差角が27°となる三角型構造物を側壁の両側に縦断方向に連続に並べ、**2.(1)**に示した水理条件を与える移動床の模型実験を実施した。

三角型構造物を配置しない単純な矩形断面の場合では、前節で触れたとおり動的平衡状態の河床形状としては中規模河床波が形成されなかった。これに対し、**図-1, 2**に示した通り、三角型構造物を配置した場合では、流心方向の張出長がそれぞれ6cmと9cmのいずれの三角型構造物を配置しても水路の流心付近に堆積域を伴う複列砂州と見なせる河床形状が形成された。両図のそれぞれ上段は、4時間の通水の後に上流端から流水の供給を完全に停止して間もない段階の水路上方からの写真、下

Key Words: 複列砂州、広狭流路、模型実験

〒950-2181 新潟市西区五十嵐2の町8050, hiro@gs.niigata-u.ac.jp

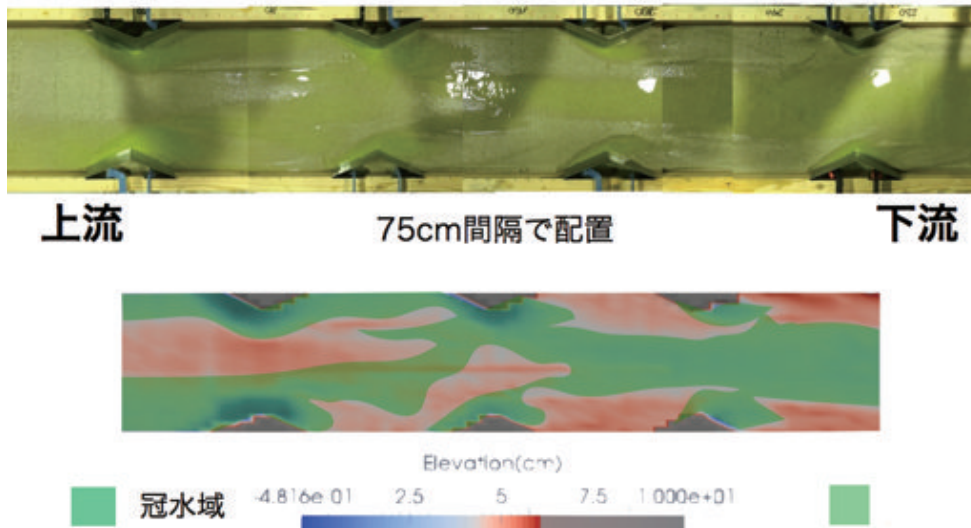


図-1 実験結果 (三角型構造物、全高 6cm、配置間隔 75cm)

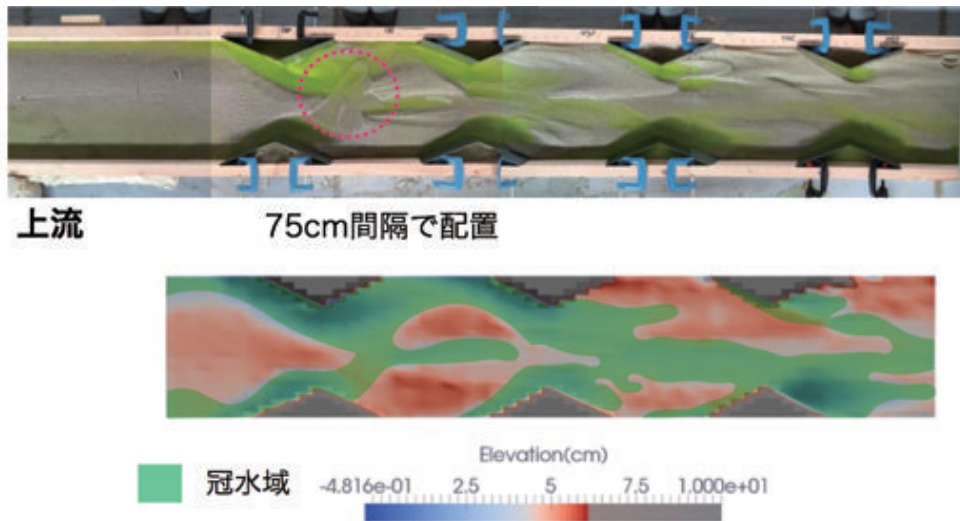


図-2 実験結果 (三角型構造物、全高 9cm、配置間隔 75cm)

段は縦断方向と横断方向にそれぞれ 4cm と 2 cm の計測間隔で取得した河床高を図化したものである。

全高が 6cm と 9cm のいずれの三角形の構造物を配置した場合でも動的平衡状態として形成される河床形状は、上流端から与えられた流量が通水しているときには水路全体が冠水するとともに河床材料の更新を維持しながら動的平衡状態の河床形状に至ることが分かった。

全高が 6cm と 9cm の三角形構造物を設置した場合に形成される河床形状の差異としては、水路壁に沿った堆積域と、流心への滞筋が集中するかどうかの 2 点が挙げられる。また、全高が 6cm よりも 9cm の三角型構造物を配置した場合の方が、中州と見なせる堆積域の標高が高くなる傾向になることが示唆された。

(4) 考察

現状では、中規模河床波の形成要因としては流水と流砂の界面不安定が主要な仮説として尊重されている。これに対し、模型実験を通して、流路幅が広狭する流路で

形成された河床形状は、流路の周期的な平面形状から支配的な影響を受けた流水が中規模河床波の形成に対して極めて重要な役割を果たす事が示唆された。

3. おわりに

本研究では、流路幅の縦断方向の周期的な広狭が中規模河床波の形成に与える影響を把握するために、模型水路を用いた移動床の実験を行った。その結果、水路の流心付近に堆積域を伴う複列砂州と見なせるような動的平衡状態としての河床形状が形成されることが確認された。このことは、流路の周期的な平面形状から支配的な影響を受けた流水が中規模河床波の形成に対して重要な役割を果し、直線流路と流路幅が縦断方向に周期的な広狭を繰り返す流路では、動的平衡状態の河床形状が根本的に異なることを示唆する。

参考文献

- 1) 高橋, 安田, 水工学論文集, Vol.56, 2012.
- 2) 黒木, 岸, 土木学会論文報告集, Vol.342, 1984.