

川幅の拘束条件が中規模河床形態に及ぼす影響

新潟大学大学院自然科学研究科 学生員○五十嵐 拓実
 新潟大学災害・復興科学研究所 正員 安田 浩保
 新潟大学大学院自然科学研究科 学生員 星野 剛
 秋田県 山本地域振興局 正員 高橋 玄

1. はじめに

現在の河道管理上の最大の問題は樹林化を伴う単列流路の固定化である。我が国の河川のほとんどは、複列砂州から単列砂州へ遷移するとともにその固定化が急速に進行している。この河床形態の遷移の要因には様々な説が唱えられ、その中で著者らは低水護岸設置などに伴う流路の固定化を主因と考えている。また、著者らは¹⁾これまでに、河道の平面形状は砂州などの中規模河床形態の形成に対して支配的な影響を及ぼすことを示している。このことから、低水護岸等の拘束条件は、砂州の発達過程が本来的に内在する側方への変動を強固に阻害する。その結果、拘束条件を契機とした強制砂州の誘発をもたらすとの新しい視点が生まれる。本研究は、実河川における流路の単列化過程の解明の端緒として、低水護岸設置等の河道の平面形状の拘束条件が中規模河床形態に及ぼす影響について検討する。

2. 数値実験

低水護岸等の設置による川幅拘束の効果を調べるため、以下に示すような川幅拘束の度合いを変えた理想形状を用いた数値実験を実施した。

(1) 計算条件

流路の横断面形状を図-1に示したV字型断面に設定することで固定壁による川幅の拘束を解放した。初期の水面幅のすぐ両岸に固定壁をたてて川幅の側方への変動を拘束した場合を拘束条件、両岸に側方への変動を許容するための解放幅をもたせた場合を解放条件と定義する。拘束条件の低水路幅を $B1$ 、解放条件の低水路幅を $B2$ と設定した。

数値実験で使用した計算条件を表-1に示す。 L は流路長、 i_L は縦断方向河床勾配、 i_c は横断方向河床勾配、 d_s は粒径を意味する。初期川幅 B を無次元掃流力が無次元限界掃流力を上回る範囲と設定し、 B が $B1$ と等しくなる流量 Q を設定した。ここでの、無次元限界掃流力は岩垣の式より算出した。川幅水深比 $Bi^{0.2}/h$ と無次元掃流力 τ_* は、低水路を矩形と仮定して概算すると表-1中で示した値となり、砂州の領域区分図に適用すると複列砂州の卓越条件下となる。

また初期河床には全体に、乱数により河床材料粒径程度の擾乱を与えた。これは不安定現象の数値シミュレーションで一般的に用いられる方法になったものである。

表-1 河床変動計算に用いた計算条件

L(m)	i_L	i_c	d_s (mm)	Q(L/sec)	B1(m)	B2(m)	B(m)	$Bi^{0.2}/h$	τ_*
30	1/164	3/200	0.5	3	1	2	1	31.6	0.082

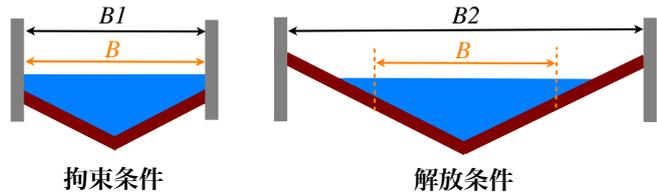


図-1 横断面図

計算時間は試行錯誤の結果、350,000秒に設定した。計算の上流端と下流端の境界条件は周期境界条件とした。

(2) 数値解析モデル²⁾

以下で実施した河床変動計算はiRICに同梱される平面2次元河床変動計算のソルバーであるNays-2D(V4.0)を用いた。紙面の都合上、ソルバーの基礎式の掲載は省くが、流れの支配方程式は2次元浅水方程式、河床変動量は流砂の連続式によって計算されるものである。

(3) 計算結果

a) 河床形態の変化

図-2に結果を示した。コンターは河床形状の変化の過程を示し、青から白へ向かうほど河床が高くなることを意味する。(a)が拘束条件、(b)が解放条件の結果である。

拘束条件では、計算開始から10,000秒の河床形態を見ると、ハの字型の複列砂州の形成が生じている。10,000秒以降は、時間の経過に伴い複列砂州から単列砂州へと遷移する、いわゆる複列砂州のモード減少³⁾⁴⁾⁵⁾が見られた。

一方で、解放条件では、計算開始から10,000秒の河床形状を見ると、ハの字型の複列砂州を形成し、100,000秒においてもその形態を維持していることが確認された。220,000秒以降においては、下流側で複列砂州のモード減少が見られたが、上流側では複列砂州の河床形態を維持し続けていた。

b) 横断面形状の波数スペクトルの時間変化

ここでは、形成された河床形態の定量的な評価を行うため、拘束条件と解放条件での河床の横断面形状の波数解析を行う。河床の横断面形状をフーリエ級数展開し、中規模河床波の横断方向の波数成分を算出した。本研究では、級数展開された正弦波の波数が1となるものを単

Key Words: 拘束条件, 解放条件, 複列砂州のモード減少, 砂州の領域区分図
 〒950-2181 新潟市西区五十嵐2の町 8050 TEL 025-262-7053

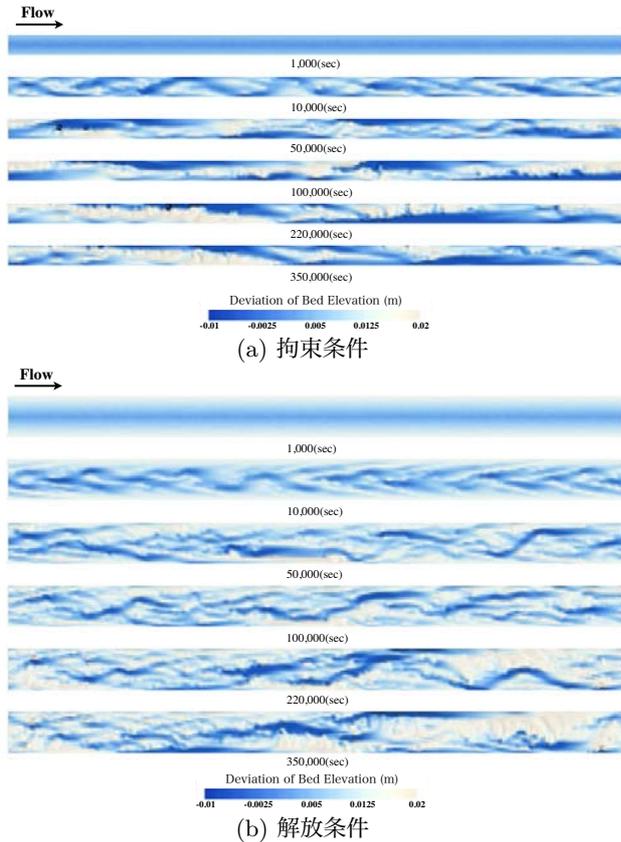


図-2 河床変動計算の結果

列砂州の成分, 2以上の波数となるものを複列砂州の成分と定義し, 次式で求める.

$$A_a^-(t), A_c^-(t) = \frac{1}{i_{\text{end}}} \sum_{i=1}^{i_{\text{end}}} A_i(k, t) \quad (1)$$

ただし, $A_a^-(t)$ が単列砂州成分で波数 $k=1$ の成分, $A_c^-(t)$ が複列砂州の成分で $k=2,3,4$ の和である. i_{end} が縦断面数を意味する. 波数が5以上となると2から4の波数成分に比べて, その波数成分のパワースペクトル密度つまり振幅が一桁以上小さくなることが確認されたため, 本論文中では波数が5以上の成分は無視し, 波数2,3,4の成分の和を複列砂州の成分とすることにした. 解析範囲内のすべての横断面ごとにスペクトルを求めた後に平均値を時刻ごとに算出し, スペクトルは20秒間隔で求めた.

図-3(a)にそれぞれの計算条件でのスペクトル解析の結果を示した. いずれも, 赤線が単列砂州成分, 青線が複列砂州成分である. 横軸は通水開始からの経過時間であり, 縦軸は振幅を意味する.

拘束条件では, 砂州の形成初期に単列砂州と複列砂州の成分が同様に発達する. 10,000秒までは複列砂州の成分が卓越するが, 10,000秒以降は単列砂州の成分が複列砂州の成分を上回り, その後も卓越を維持する.

解放条件では, 計算開始時刻から最終時刻まで複列砂州の成分の卓越が確認できる. 単列砂州の成分は緩やか

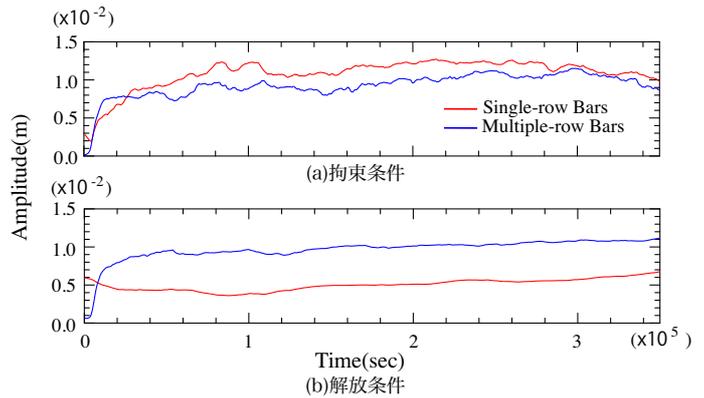


図-3 横断面形状の波数スペクトルの時間変化

な発達が見られるが, 複列砂州の成分の約50%の値を維持続けた.

(4) 考察

河床平面図及びに横断方向の波数解析の結果から, 川幅の拘束条件の有無により形成される河床形態に明らかな違いがあることが確認された. 拘束条件では, 本来側方へ変動しようとする川幅を強制的に固定するため, 自由度が1つ失われ, その川幅にตอบสนองした河床形態が形成される. その一方で, 解放条件では川幅は河床形態にตอบสนองして変化していく. また, 河床形態も川幅にตอบสนองして変化していく. このことから, 解放条件では, 河床形態と川幅は相互に影響を与え合って変化していくと言える. 以上のことから, 拘束条件に見られた複列砂州から単列砂州へのモード減少は, 川幅を一定値に固定する低水護岸等の拘束条件と密接に対応した結果であることがわかる. また, 川幅の側方への変動の許容は, 強い不安定性要素を求める複列砂州の維持に必要であると考えられる.

3. おわりに

本研究では, 低水護岸等の設置による川幅の拘束が河床形態に与える影響について数値実験に基いて調べた. その結果, 川幅の拘束は河床形態の概形を変えるほどの効力があることが確かめられた.

既往の研究が指摘する複列砂州のモード減少は, 川幅の拘束条件が与えられた場合に生じる現象であることが示唆された.

参考文献

- 1) 高橋玄, 安田浩保, 複列砂州の維持条件に関する一考察, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.68, No.4, I-961-I-966, 2012.
- 2) 河川シミュレーションソフト iRIC : <http://i-ric.org/>
- 3) 泉典洋, Adichai PORNPROMMIN, 振幅展開法を用いた砂州の弱非線形解析, 土木学会論文集, No.712/II-60, 73-86, 2002.8.
- 4) 渡邊康玄, 桑村貴志, 複列砂州のモード減少過程に関する水理実験, 水工学論文集, Vol.48, 997-1002, 2004.2.
- 5) 渡邊康玄, モード干渉を考慮した砂州のモード減少過程, 水工学論文集, Vol.50, 967-972. 2006.2.