

# 交互砂州状の地形起伏と蛇行発達現象に関する感度分析

独立行政法人 寒地土木研究所 正会員 永多朋紀  
 北見工業大学 社会環境工学科 正会員 渡邊康玄  
 独立行政法人 寒地土木研究所 正会員 伊藤丹  
 帯広開発建設部 帯広河川事務所 正会員 桑村貴志

## 1. 序論

平成 23 年 9 月，十勝川水系音更川では，ひと洪水で堤防の流出に至るほどの急速且つ大規模な蛇行発達現象が確認された。しかし，これほど大規模な蛇行発達は過去にも観測事例が無く，その発達機構及び支配的要因は未だ十分に解明されていない。今後の対策に際しては，蛇行発達機構の解明は喫緊の課題である。

低水路内に形成された流路がその蛇行度を高める要因としては，外力である流量規模やその継続時間以外にも，過去の洪水で形成された流路跡や砂州などの地形的な起伏，さらに砂州上に繁茂した河畔林や既設構造物など，洪水流を外岸方向へと誘導する様々な要因が考えられる。

本研究では，出水前に河道に残されていた単列交互砂州状の地形的な起伏（河床履歴）に着目し，数値解析を用いて，砂州波高を変化させた複数パターンの河床形状に対する感度分析を行い，交互砂州状の地形的な起伏が蛇行発達現象に及ぼす影響を検証する。

## 2. 数値実験

### (1) 計算条件

現地の河道状況は次のようにモデル化する。蛇行波形は，音更川の被災箇所周辺の流路線形から，波長 570m，振幅 100m の周期波で近似し，蛇行頂部の横断面形は，平成 21 年の測量結果から，低水路幅 100m，砂州波高 1.5m，河岸高 2.0m とした。また，これを基本ケースとし，**図-1** に示すような，砂州波高のみを 0.5m 間隔で変化させた計 4 パターンの砂州地形を与える。初期河床として与えた砂州地形パターンを**図-2** に示す。

流量条件は  $Q=300m^3/s$  とし，定常流で 6 時間の通水を行う。河床材料の粒径は，平成 23 年の現地調査結果をもとに， $d_{60}$  の平均値  $d=50mm$  を用い，粗度係数は Manning-Strickler の式から  $n=0.013$  とした。なお，当該条件下における砂州形態区分は，複列砂州の発生領域に区分される。

### (2) 解析モデル

解析には，iRIC Nays2d ver4.0<sup>2)</sup>を用いる。当解析モデルが扱う流れの支配方程式は，非定常平面二次元浅水方程式と連続の式で，河床変動量は流砂量式と流砂の連続式から算出される。当モデルの詳細については文献<sup>3)</sup>を参照されたい。

流砂量は，芦田・道上の式をもとに，既往の実験結果<sup>1)</sup>から係数の調整を行った (1) 式を用いる。なお，本

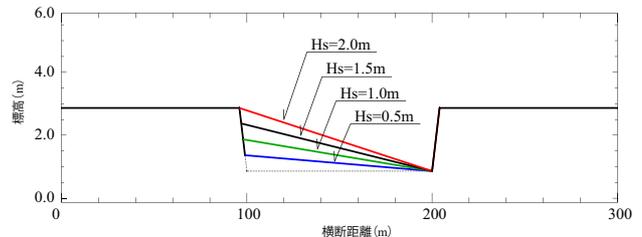


図-1 砂州波高条件

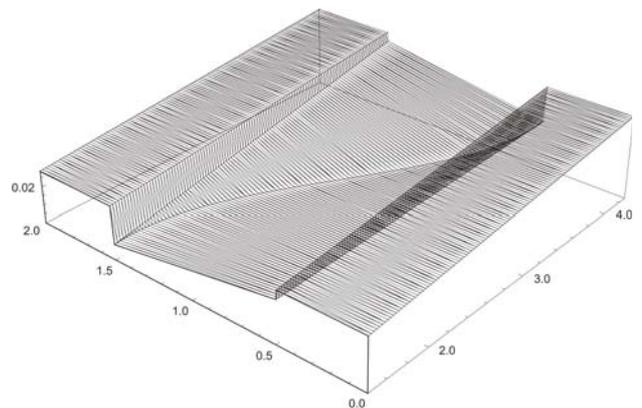


図-2 初期河床形状 (1/4 波長分)

解析では，単一粒径のもと，掃流砂のみを対象とした。

$$q_b = 13\tau_*^{1.5} \left(1 - \frac{\tau_{*c}}{\tau_*}\right) \left(1 - \sqrt{\frac{\tau_{*c}}{\tau_*}}\right) \sqrt{sgd^3} \quad (1)$$

ここで， $q_b$ ：流砂量， $\tau_*$ ：無次元掃流力， $\tau_{*c}$ ：無次元限界掃流力（岩垣の式）である。

河岸侵食現象の再現には斜面崩落モデルを用いる。このモデルは，河床低下によって斜面が一定の限界角度を越えると河岸が自然崩落するものとし，限界角度を保つように河岸を後退させることで，間接的に河岸侵食現象を表現するものである。その際，土砂収支は崩落土砂を河床低下部に埋め戻すことで整合が図られる。

上記のように，当モデルは河岸侵食現象を物理的に解くものではないため，解析結果が計算格子に依存するという課題もあるが，既往の研究<sup>1)3)</sup>により，蛇行発達現象に対して一定の再現性を有することがわかっている。本解析では，斜面の限界角度を  $\theta = 25^\circ$  とした。

**Key Words:** 蛇行発達, 河岸侵食, 交互砂州

〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号 独立行政法人 土木研究所 寒地土木研究所 Tel : 011-841-1639

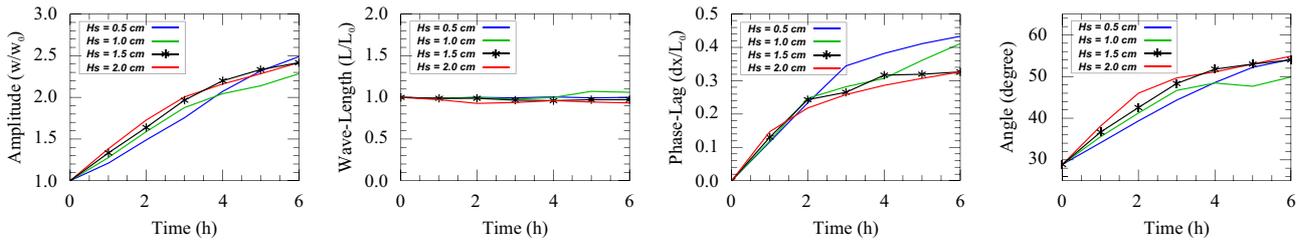


図-3 蛇行特性の時間変化 (左から, 振幅, 波長, 位相, 蛇行角)

(3) 解析結果

解析結果から得られた蛇行特性の時間変化を図-3に, 砂州波高  $H_s=0.5, 1.5m$  の蛇行発達過程を図-4に示す. なお, 図-3は, 初期振幅  $w_0$ , もしくは初期波長  $L_0$  に対する増幅率を表している (蛇行角を除く).

蛇行振幅の時間変化を見ると, 通水初期段階では, 砂州波高に応じた変化を見せるが, 通水後半では, いずれのケースも増幅率 2.5 倍程度へと収束していくことがわかる. これは, 通水初期は砂州前縁に沿った流れが卓越し, 低水路河岸の侵食を伴いながら蛇行を発達させるが, 蛇行度がある程度高まると, 河床勾配が相対的に緩やかになるため, 水位が上昇し, 低水路内における直線的な流れが卓越しはじめ, 結果的に側岸方向への流れが弱まるためであると考えられる.

このことは, 蛇行流路の振幅は流量規模に応じた一定の限界値を持つことを示唆しており, 本解析では,  $Q=300m^3/s$  の外力のもとでは, 流路の最大蛇行振幅は 250m 付近に上限値があるものと推察された. すなわち, 現況の低水路幅が 100m であるとした場合, 当該流量下では, 左右岸に最大 75m の高水敷侵食が生じることを意味している.

また, 本解析は周期境界条件を用いているため, 蛇行波長には大きな変化は見られない. 一方,  $H_s=0.5, 1.5m$  の 2h 以降の位相変化には大きな違いが現れている. これは, 砂州波高が低い場合, 蛇行発達が相対的に緩やかに進行するため, 直線的な流れの影響を強く受けることで, 砂州の前進が比較的長く継続することに起因するものと考えられる.

3. 結論

本研究では, 蛇行発達を誘発する要因の一つとして, 単列交互砂州状の地形的な起伏に着目し, 砂州波高を 0.5m 間隔で変化させた 4 ケースについて数値実験による感度分析を行った. 結果を以下にまとめる.

- 蛇行発達速度は砂州波高に比例するが, 蛇行振幅には流量規模に応じた一定の限界値がある. 本解析では,  $Q=300m^3/s$  に対して最大蛇行振幅は 250m 付近に上限値を持つものと推察された.
- 砂州地形に起因した蛇行発達では, 波長の変化はごくわずかで, 位相変化は砂州波高に反比例する (砂州波高が高いほど, 位相の変化は小さくなる).

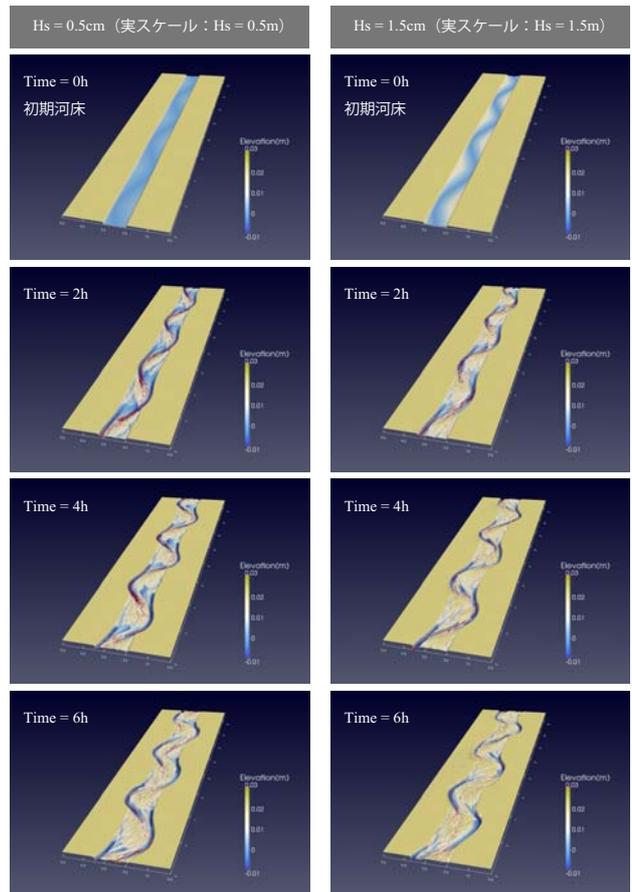


図-4 蛇行発達過程 ( $H_s=0.5m, 1.5m, Q=300m^3/s$ )

参考文献

- 1) 永多朋紀, 渡邊康玄, 安田浩保, 伊藤丹: 砂州地形に誘発された蛇行発達, 水工学論文集, No.57, pp.1099-1104, 2013.
- 2) 北海道河川財団: iRIC, <http://i-ric.org/ja/>
- 3) 清水康行: 河道平面形状の形成における河床・河岸の変動特性の相互関係について, 水工学論文集, No.47, pp.643-648, 2003.
- 4) 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, No.50, pp.967-972, 2006.
- 5) 渡邊康玄, 桑村貴志: 砂州のモード減少過程水理実験への安定解析の適用, 水工学論文集, No.49, pp.943-948, 2005.
- 6) 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, No.48, pp.195-200, 2004.
- 7) 渡邊康玄, 桑村貴志: 幅広水路における非定常流下での砂州形成実験, 水工学論文集, No.47, pp.233-238, 2003.
- 8) 渡邊康玄, 佐藤耕治, 大山史晃: 非定常流の下での砂州形成実験, 水工学論文集, No.46, pp.163-168, 2002.
- 9) 清水康行, 平野道夫, 渡邊康玄: 河岸侵食と自由蛇行の数値計算, 水工学論文集, No.40, pp.921-926, 1996.