

各種河道条件下における交互砂州の挙動について

ON THE BEHAVIOUR OF ALTERNATE BARS UNDER SEVERAL KINDS OF CHANNEL CONDITIONS

長田信寿¹・村本嘉雄²・内倉嘉彦³・細田 尚⁴

矢部昌之⁵・高田保彦⁶・岩田通明⁷

Nobuhisa NAGATA, Yoshio MURAMOTO, Yoshihiko UCHIKURA, Takashi HOSODA
Masayuki YABE, Yasuhiko TAKADA and Michiaki IWATA

¹正会員 工修 京都大学助手 工学研究科土木工学専攻 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

²フェロー 工博 京都大学教授 工学研究科土木工学専攻 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

³学生員 京都大学大学院 工学研究科土木工学専攻 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

⁴正会員 工博 京都大学助教授 工学研究科土木工学専攻 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

⁵正会員 (株)建設技術研究所 技術第5部 (〒103-8430 東京都中央区日本橋本町4-9-11)

⁶正会員 (株)建設技術研究所 フロント事業部 (〒300-2651 茨城県つくば市鬼ヶ窪1047-27)

⁷正会員 工修 (株)建設技術研究所 技術第5部 (〒103-8430 東京都中央区日本橋本町4-9-11)

The characteristics of alternate bars have been vigorously studied under steady flow conditions in straight and regular meander channels. However, in order to consider bed variation in actual rivers, it is important to clarify the bar deformation due to the changes in various channel conditions. Therefore, this paper deals with the behavior of alternate bars under several different channel conditions (e.g. the existence of a curved section and side-wall structures in a channel, and changes in the rate of sediment supply from the upstream) by means of experiments and numerical analyses. The changes of channel conditions leads to the different bar wavelength, bar height, and migration speed. Using the numerical results, the mechanisms of these phenomena are discussed.

Key Words : *Alternate bar, Channel condition, Curved channel, Side-wall structure, Sediment supply changing, Numerical analysis*

1. はじめに

交互砂州に関する研究は、従来より、砂州の形成領域区分(例えば、黒木・岸¹⁾、山本²⁾など)、波長・波高などの砂州形状特性(藤田・村本・堀池³⁾、Ikeda⁴⁾、福岡・山坂⁵⁾など)、砂州の移動特性(木下・三輪⁶⁾、長谷川⁷⁾など)について、実験あるいは理論解析によって行われてきた。また、数値解析的手法により、交互砂州形状の時間変化を検討した研究としては、清水・板倉・山口⁸⁾、Nelson and Smith⁹⁾などがある。このように、交互砂州に関しての多くの知見が蓄積されているが、それらの研究の多くは、直線流路あるいは規則的に蛇行した流路での、定常状態を対象としたものである。

これに対して、河道条件の変化が、砂州に与える影響を検討した研究は少ないが、例えば、内島・早川¹⁰⁾が流量の減少に伴う砂州特性の変化について検討しており、木下¹¹⁾あるいは三輪¹²⁾が、河川横断構造物(床固め)、

木下¹¹⁾が側岸構造物について、砂州に及ぼす影響を検討している。さらに、このような河道条件の変化による砂州の変形過程については、福岡・安陪・五十嵐¹³⁾が、砂州の消滅、合体、分裂などの特性を実験によって検討している。

以上のように、これまでに、一様な河道条件での砂州特性が様々な観点から議論されてきたのと比較して、河道条件の相違が砂州特性に与える影響についての研究は少なく、十分であるとは言い難い。しかし、実際現象を考える上で、人為的なインパクトによって、砂州が受ける影響を明らかにすることは重要であると考えられる。

例えば、河川環境の面から考えると、河道改修後、それまで交互砂州の存在した河道に、砂州が形成されなくなり、河川に生息する動植物にとって重要な多様性のある空間が失われることがある。例えば、茨城県川又川では、上流に湾曲部を有する河道区間で、このような状況が報告¹⁴⁾されている。この原因を把握するには様々な要

表-1 実験ケース

Run No.	水路平面形	側岸構造物
AS1	直線	なし
AS2	直線	あり (台形 ; 流路幅の 36%)
AS3	直線	あり (三角形 ; 流路幅の5.6%)
AC1	湾曲→直線	なし

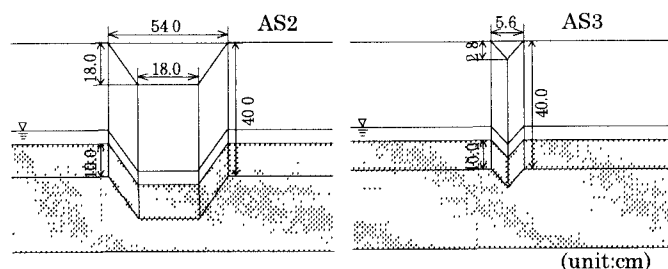


図-1 側岸構造物の模式図

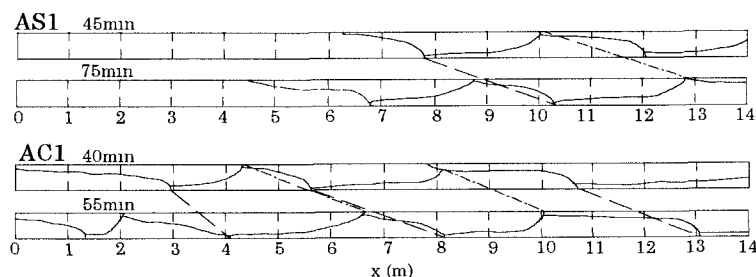


図-2 砂州前縁線平面形状 (AS1, AC1)

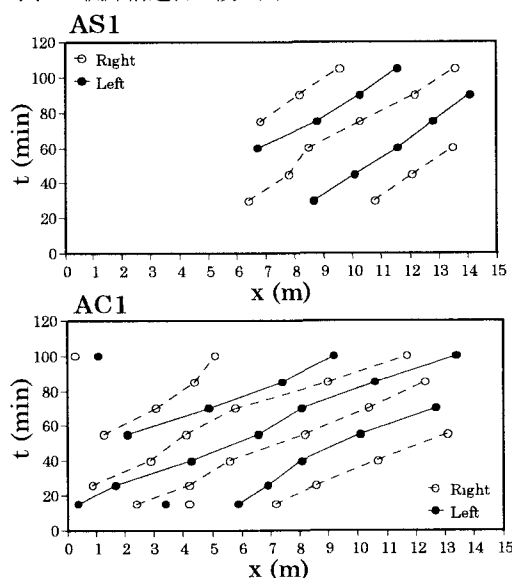


図-3 砂州前縁の走時曲線 (AS1, AC1)

因を検討する必要があるが、上流湾曲部が下流直線区間の砂州の挙動に与える影響についても、これまでの知見では十分でなく、より系統的な研究が必要であろう。

また、近年では、積極的に多様な河川空間を創出することを目的として、河岸近傍に構造物あるいは巨礫を設置する場合がある（例えば、佐賀県厳木川における置き石工¹⁴⁾）。しかし、このような工法を用いる際には、構造物の設置区間およびその下流の砂州への影響についても把握しておく必要がある。

そこで、本研究では、河道湾曲部、側岸構造物が下流の砂州に与える影響について、まず、実験により検討を行う。次に、本実験ケース、および供給土量量が急激に変化する場合について数値解析を行い、砂州の形状特性、および変形過程とその機構について考察を行う。

2. 交互砂州の挙動に関する実験

(1) 実験方法および実験ケース

本実験では、上流区間の法線形の影響について検討するために、直線水路（長さ16.25m）および上流の湾曲部（中心曲率半径2m、湾曲角90°、右岸が湾曲外岸）から直線区間（長さ15m）に接続する水路の2種類を用いた。いずれも、水路幅0.5m、高さ0.4mの長方形断面を有している。また、河床材料は平均粒径1mmのほぼ一様砂である。給砂は上流端で行い、上流部の河床高が一定に保たれるように給砂した。

実験ケースは表-1に示す4ケースである。直線水路の実験ケースのうち、AS2、AS3においては、側岸に図-1に示すような構造物を設置した。設置位置はAS2では上流端より6m、AS3では7mの左岸側である。水理条件は、全ケースで同一であり、従来の中規模河床形態の領域区分

図で交互砂州の発生領域となるよう、河床勾配：1/100、流量：0.0034m³/secとし、初期においては、水深：0.0167m、Froude数：1.01である。

なお、射流においては、衝撃波が河床波に影響を及ぼすことも考えられるが、本実験においては、Froude数がそれほど大きくなく顕著な影響は見られなかった。ただし、後述するように、構造物を設置したケースでは、砂州が構造物を通過するとき形状に変化が生じている（後出図-7）。これが水面波に起因するものであるかは明らかでないが、この点については、今後、より多くの実験を行うことにより検討していきたい。

(2) 実験結果とその考察

a) 上流湾曲部の有無による砂州特性の相違 (AS1, AC1)

ここでは、上流湾曲部の存在による、下流直線区間の砂州の挙動の変化について検討する。まず、図-2に、AS1、AC1 (x=0m~14m:直線区間)の砂州前縁線の平面形状を、図-3に砂州前縁の走時曲線を示す。

これらの図より、AS1については、砂州は、ほぼ一定の規則的な平面形状を維持しながら下流方向に移動し、その移動速度についても、ほぼ一様であることが分かる。一方、AC1では、湾曲部の内岸に固定砂州および外岸への流速の偏倚が生じる。そのため、下流直線区間の砂州の挙動に変化が見られる。例えば、t=40min、55minの砂州平面形状において、最上流部右岸側の砂州波長が増大（砂州先端位置がx=3mから4mに移動）するに伴って、砂

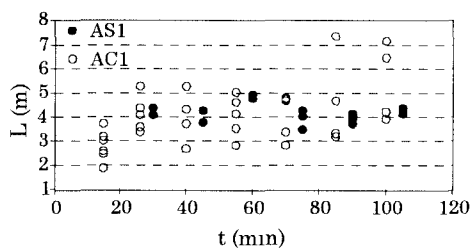


図-4 砂州波長の時間変化(AS1, AC1)

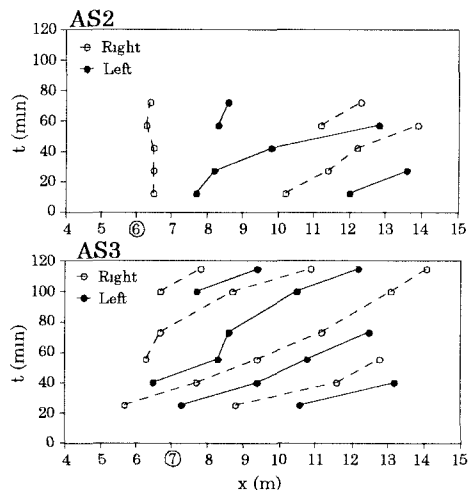


図-6 砂州前縁の走時曲線(AS2, AS3)

州の分裂が生じている。また、走時曲線より、この分裂した砂州も含めて、上流側の砂州は、再び波長を増大させながら下流方向に移動していることが分かる。

このような砂州の挙動の変化を反映して、両ケースの砂州波長 L （水流の一蛇行波長に相当）の時間変化は、図-4に示すような相違が生じている。すなわち、AS1では、 $t=30\text{min}$ で平衡状態に達しており、時間的な変化が小さい。一方、AC1では、砂州波長の増大、砂州の分裂に伴って、各時刻において砂州波長のばらつきが大きくなっている。

b) 側岸構造物の影響(AS2, AS3)

ここでは、側岸構造物が砂州に及ぼす影響を検討する。

図-5、図-6に、砂州平面形状の時間変化、および砂州前縁の走時曲線を示す。比較的大きな構造物を設置したAS2では、構造物周辺に局所洗掘が生じ、それによって形成された砂州の先端は、 $x=6.3\text{m}\sim 6.5\text{m}$ の位置にあり、時間的にほとんど変化しない。しかし、下流の移動性砂州の存在により、波長が大きくなり、砂州長 l_B （対岸の砂州先端位置の距離）で 3.5m 程度になったとき、砂州前縁線が不明瞭になり、 $t=57\text{min}$ では分裂が生じている。これに対して、小規模構造物を設置したAS3では、AS2で見られたような固定砂州は現れず、上流からの移動性の砂州は突起位置でも連続的に下流に移動する。ただし、突起を通過する際には、砂州の移動速度及び平面形状に変化が見られる。

また、AS3については、構造物と移動する交互砂州の

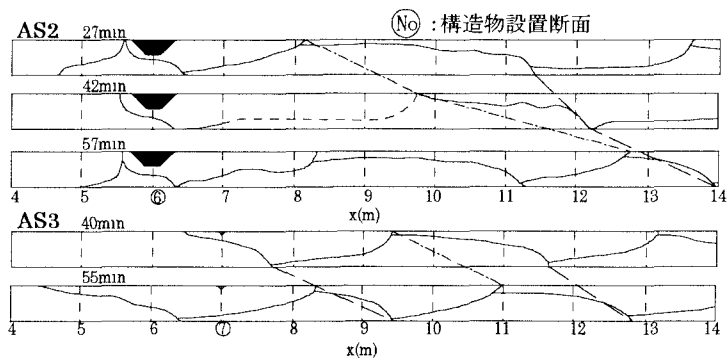


図-5 砂州前縁線平面形状(AS2, AS3)

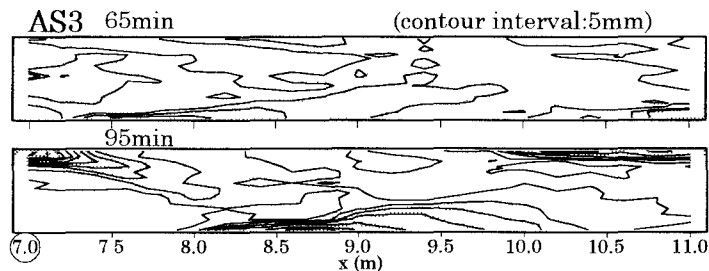


図-7 構造物下流区間の河床コンター(AS3)

位置関係で、砂州特性に時間的に繰り返される変化が見られた。すなわち、構造物の位置($x=7.0\text{m}$ 左岸)が交互砂州の堆積域となるととき（図-7、 $t=65\text{min}$ ）、砂州前縁線が不明瞭になる傾向があり、これに対して構造物の位置に洗掘域が重なるとき（95min）、右岸の洗掘深も大きくなり、砂州はこのとき明確な形状を示すことが多い。この理由としては、前述した水面波の影響、あるいは構造物周辺の局所洗掘に起因する流砂量の変化の影響等の可能性が考えられるが、今後さらに検討する必要がある。

3. 数値解析による検討

(1) 数値解析手法

流れの基礎式は、一般座標系で表示された平面2次元流れの連続式、および運動方程式である。また、河床変動計算の基礎式は、流砂の連続式、および主流方向、横断方向の流砂量式として、Meyer-Peter, Müller式¹⁵⁾、長谷川式⁷⁾を用いた。基礎式の離散化は、有限体積法によって行い、変数はスタaggerドスキームで配置する。また、移流項の離散化にはminmod型のTVDスキーム、時間積分にはAdams-Bashforth法を用いる。

数値解析において、交互砂州を再現する方法として、砂州発生のきっかけをつくるために河床に微少な擾乱を与え、周期境界条件で計算する方法が考えられる⁸⁾。しかし、ここで対象とする水路は、上流に湾曲部を有するなど周期性のないケースも含まれているため、周期境界条件を用いることができない。そこで、上流端の微少擾乱として、次式で示すような単位幅流量 q の横断方向分布を与えた。

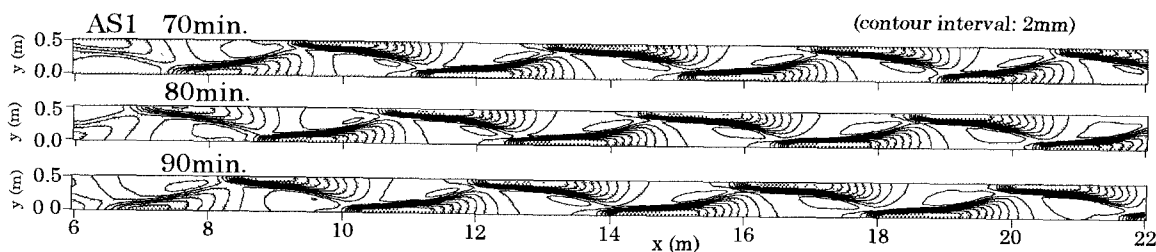


図-8 河床コンターの計算結果(AS1)

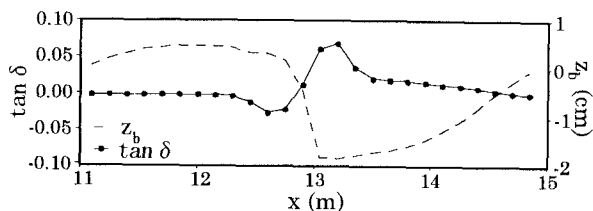


図-9 右岸近傍における $\tan \delta$ と河床高の縦断分布(AS1)

$$\frac{q}{\bar{q}} = 1 + a \cos \frac{m\pi y}{B} \sin \frac{2\pi}{T} \quad (1)$$

ここに、 $\bar{q}$ ：平均単位幅流量、 B ：水路幅、 a ：定数であり、 $a=0.05$ とした。上式において横断方向分割数 m 、周期 T は黒木、岸の線形安定解析¹⁾に従って、擾乱の増幅率が最大となる波数に対応するように決定した。ここで対象とした水理条件では $m=1$ 、 $T=1650\text{sec}$ である。なお、このような上流端条件を与えて交互砂州の計算を行った結果と、初期河床に微小擾乱を与えて計算した結果には、直線水路における交互砂州(AS1)の平衡状態の特性に、ほとんど差が生じなかった。また、計算水路長は、より下流までの影響を検討するため、直線部の水路長を実験水路より長い22.5mとした。河床材料は粒径1mmの一樣砂とした。

(2) 解析結果とその考察

ここでは、前述の実験のうち、モデルの現象再現性を検討するためAS1を対象に、また、固定砂州下流の砂州の挙動を検討するためAC1について、数値解析を行う。さらに、河道計画重要と考えられる、ダムの土砂捕捉等によって生じる供給土砂量の減少が、砂州特性に及ぼす影響についても検討する。

a) モデルの適用性の検討

AS1を対象に数値解析を行い、ここで用いたモデルの適用性について検討する。まず、図-8に河床コンターの計算結果($x=6\sim 22\text{m}$)を示す。交互砂州の平面形状は、実験結果(図-2)と同様に、深掘れ部で狭く堆積部で広い形状を呈している。時間の経過に伴って、砂州はその平面形状を維持したまま下流に移動しており、移動速度は、ほぼ一定である。波長については、時間的にも空間的にも同様であり、その大きさは実験結果とほぼ合致している。ただし、砂州波高については、計算結果は2.35cmであるが、これは実験で計測された砂州の平均波高の0.81

倍に相当し、計算結果の方が小さい値となっている。

砂州の波高は、それを発達させる要因として、水流の蛇行によって土砂を流路中央へ移動させる作用が考えられ、また、発達を抑制する要因としては、河床の横断勾配による重力の効果で土砂を側岸方向に移動させる作用が考えられる³⁾。前者については、平面2次元モデルにおける河床変動計算では、水流の蛇行に伴う底面流速ベクトルの水深平均流速ベクトルからのずれ角 δ を計算することで表現できる。ずれ角 δ (半時計回りを正)の正接 $\tan \delta$ の右岸近傍における縦断分布の計算結果($t=110\text{min}$)を図-9に示す。同図に併示した右岸近傍の河床高の縦断変化との比較より、最深部の位置で $\tan \delta$ が極大値を示しているのが分かる。これは底面流速が右岸から水路中央への土砂輸送を大きくさせる方向に作用し、水流の蛇行が砂州波高を発達させることを意味している。ただし、実際の底面流況は、3次元的な要素(特に砂州前縁部の斜め段落ち流れ)も含まれることから、砂州波高の計算結果に相違が生じたと考えられる。しかし、砂州の平面的な特性は再現されており、波高についても定性的な議論は可能と考えられるので、以下に、本数値解析モデルを用いて、河道条件の変化が砂州特性に与えた影響について検討する。

b) 固定砂州が存在する場合の下流側砂州の挙動

ここでは、局所的な河道条件によって形成された固定砂州の下流部における、砂州の特異な挙動について検討する。実験において、このような現象が見られたのは、上述のように湾曲部を有するAC1と、水路幅比36%の構造物を設置したAS2である。両者は、局所的な流況や固定砂州の発生原因は異なるが、湾曲部あるいは構造物より下流の直線区間の砂州の挙動については、波長の増大と分裂、および分裂時の砂州波長などの特性が類似している。そこで、ここでは、AC1についてのみ検討する。

まず、図-10に、湾曲部の下流直線区間における河床コンターの計算結果を示す。湾曲部から直線部へ接続する位置($x=0\text{m}$)では、常に右岸に洗掘が見られ、砂州の移動速度は小さい。一方、 $x\geq 10\text{m}$ より下流の砂州は、AS1と同じように、時間の経過とともに下流方向に移動している。したがって、両者の移動速度の差によって、上流側で長い波長の砂州が形成され、砂州長 l_B が $l_B \approx 4\text{m}$ 程度に増大すると砂州の分裂が生じている($x=8\text{m}$, $t=75\sim 85\text{min}$)。この分裂時の砂州長は、実験AC1において、 $t=55\text{min}$ で見られた上流砂州分裂時の l_B ($\approx 4\text{m}$)、お

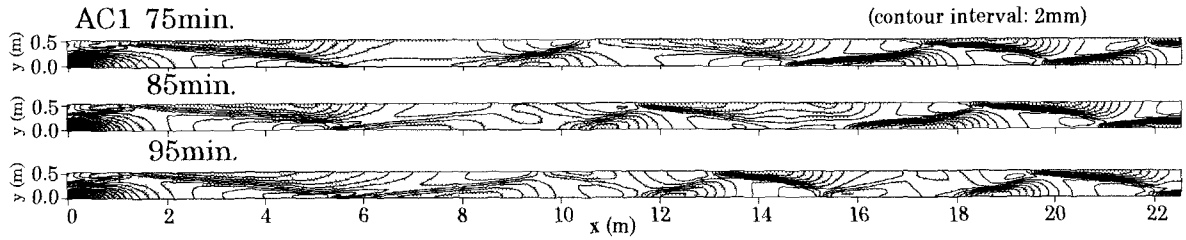


図-10 河床コンターの計算結果(AC1)

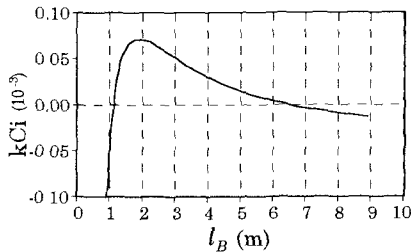


図-11 砂州長と増幅率の関係

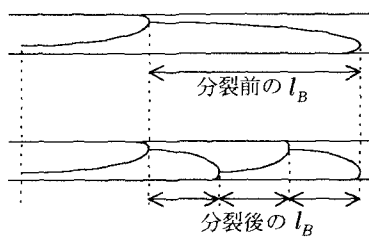


図-12 砂州の分裂による砂州長変化の模式図

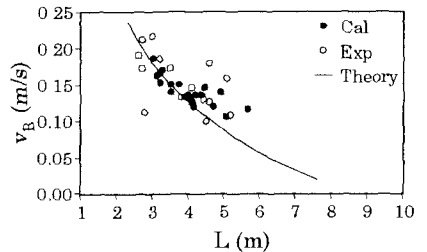


図-13 砂州波長と移動速度の関係(AC1)

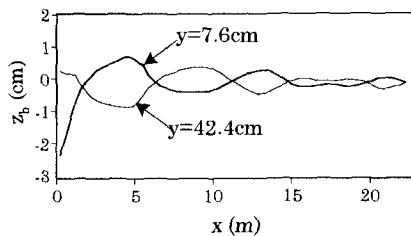


図-14 時間平均された河床高縦断分布(AC1)

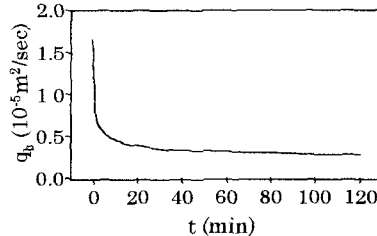


図-15 流砂量の境界条件(QBD: 上流端)

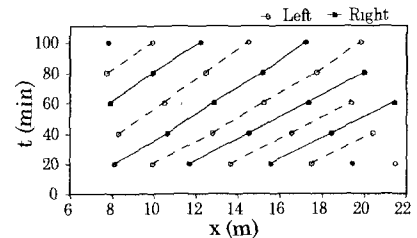


図-16 砂州前縁の走時曲線(QBD)

よび実験AS2の $t=42\text{min}\sim 52\text{min}$ に構造物下流の左岸で見られた分裂時の l_B ($\approx 3.5\text{m}$)と、ほぼ同様な値である。

次に、上記の条件 ($l_B \approx 3.5\sim 4\text{m}$) で砂州が分裂した理由について考察する。砂州は存在できる最小の波長と最大の波長があると考えられる。これを黒木・岸¹⁾の線形安定解析から考え、砂州長 l_B と増幅率 kCi の関係を、本実験条件に対して計算したものが図-11である。

ここで、砂州が発達するための条件は増幅率 $kCi > 0$ であることから、同図より $1.14\text{m} \leq l_B \leq 6.5\text{m}$ であり、最小砂州長 $l_{B\min}$ は 1.14m となる。一方、砂州の分裂を模式的に示した図-12より、分裂後に交互砂州を形成するためには、分裂前の l_B が最小限3つに分割される必要があると考えられる。また、分裂後の各々の砂州長が $l_{B\min}$ 以上になる必要があるとすれば、分裂前の l_B は $l_{B\min}$ の3倍に相当する 3.42m 以上に伸長したときに分裂することになる。これは実験および数値解析結果で得られた分裂時の l_B が $3.5\sim 4\text{m}$ という事実に対応している。

次に、波長の増大と分裂を伴う砂州の挙動について、砂州の移動速度 v_B から考える。図-13に、実験および数値解析による砂州の波長と移動速度の関係について示す。なお、同図の実線は、上述の安定解析による計算結果である。同図より、実験結果は数値解析結果より変動幅が大きい、両者とも同様の傾向を示し、砂州波長が大きいほど移動速度が小さくなっていることが分かる。また、線形解析による理論曲線とも両者はほぼ適合している。

次に、湾曲部下流における河床変動の緩和過程を検討するため、図-14に、時間平均 ($t=60\text{min}$ 以降の 1min ごとのデータの平均) された河床高の縦断分布を示す。河床高の縦断変化は、両岸で逆の位相を有し、その振幅は流下方向に減衰している。湾曲部においては、らせん流の発達による土砂の内岸への移動と流速の外岸への偏倚が生じているが、直線部において、その影響が徐々に減少しているものと考えられる。Struiksmas and Crosato¹⁶⁾は、プレート (水路幅比66%) により流れを強制的に偏らせ、下流の砂州の減衰過程について理論解析しているが、同図の現象はこれと類似のものであると考えられる。

c) 土砂供給量の変化が砂州特性に与える影響

ここでは、ダム等による供給土砂量の変化、すなわち給砂条件の急変が、河床形態に与える影響について検討する (ケースQBD)。計算の水理条件はAS1と同様であるが、AS1が上流端において、流砂が動的平衡状態にあるとして境界条件 (流砂量 $q_b \approx 1.65 \times 10^{-5} \text{m}^2/\text{sec}$) を与えていたのに対し、QBDでは上流端の流砂量を、図-15に示すように時間的に急減させた。なお、本ケースではAS1の 110min における河床高の計算結果を初期形状としている。

まず、図-16に砂州前縁の走時曲線、図-17に砂州波長 L 、砂州波高 H_B の時間変化、図-18に $\tan \delta$ の時間変化を示す。砂州の移動速度は、砂州波高と流砂量に関係づけられる (例えば、芦田・塩見¹⁷⁾)。すなわち、流砂量の減少は、流砂の連続条件より、砂州波高の低下ある

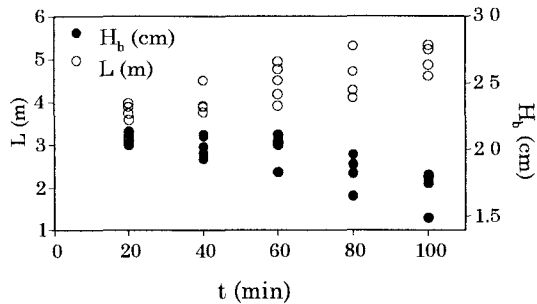


図-17 砂州の波長と波高の時間変化(QBD)

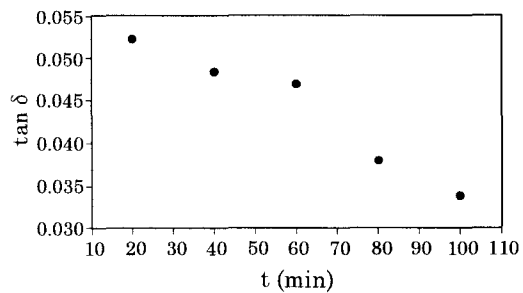


図-18 $\tan \delta$ の時間変化(QBD)

いは移動速度の低下を生じさせる。図-16の走時曲線の勾配から、流砂量の減少した上流端より徐々に砂州の移動速度が低下していることが分かり、これが図-17に示したような砂州波長の時間的な増大を生じさせたと考えられる。また、砂州波高と $\tan \delta$ は、ともに時間的に減少している。 $\tan \delta$ は、砂州の伸長に対しては水流の蛇行波長が増大するため小さくなり、また、砂州波高の減少に対しても偏流の強さが低下することにより減少すると考えられる。図-17、図-18に示された形状・水理特性の時間変化は、このような関係を示しているものと考えられる。

また、ここで述べたような、供給土砂量の減少に伴う砂州波長の増大と波高の減衰については、ダム下流における砂州特性の現地調査結果¹⁸⁾とも符合している。

4. おわりに

本研究では、河道条件の相違が交互砂州の挙動に与える影響について、実験および数値解析により検討した。以下に、主要な成果を述べる。

湾曲部および規模の大きい側岸構造物は、固定砂州を生じさせ、下流の砂州との移動速度の差により、波長の増大、砂州の分裂が見られることを指摘し、分裂時の砂州波長を、発達可能な砂州の最小波長という観点から説明した。また、湾曲部下流の直線区間における時間平均河床高の縦断変化は、左右岸で逆位相を有し、その振幅は流下方向に減衰するという数値解析結果から、湾曲の影響の逓減過程を示した。

側岸構造物の規模が小さい場合には、砂州は構造物の上下流で連続性を保ちながら流下するが、構造物と砂州との位置関係で砂州特性に時間的な変動が生じることを指摘した。

また、土砂供給量の減少が、砂州波長の増大、砂州高の減少に及ぼす影響、およびそれらと $\tan \delta$ の時間変化との関連性を数値解析結果を用いて示した。

ただし、本研究では、実験・数値解析ケースに限りがあるため、上記の結果の一般性については、今後の検討によって明らかにする必要がある。また、構造物の設置や境界条件急変の影響範囲、あるいは平衡状態に至る過程など、砂州の時空間的変動幅に着目した検討についても今後行っていきたいと考えている。

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, pp.87-96, 1984.
- 2) 山本晃一: 河道特性論, 土木研究所資料, 第2662号, pp.232-250, 1988.
- 3) 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, B-2, pp.411-431, 1982.
- 4) Ikeda, S.: Prediction of alternate bar wavelength and height, *J. Hydr. Engrg.*, Vol.110, No 4, pp 371-386, 1984.
- 5) 福岡捷二, 山坂昌成: 河床形状・流れ・流砂量の非線形関係を考慮した交互砂州の平衡波高の理論, 土木学会論文集, 第357号, II-3, pp.45-54, 1985.
- 6) 木下良作, 三輪 式: 砂レキ堆の位置が安定化する流路形状, 新砂防, 94, 1974
- 7) 長谷川和義: 沖積蛇行の平面および河床形状と流れに関する水理学的研究, 北海道大学学位論文, 1983.
- 8) 清水康行, 板倉忠興, 山口 甲: 2次元モデルを用いた河床形態変化のシミュレーション, 第31回水理講演会論文集, pp.689-694, 1987.
- 9) Nelson, J. and Smith, J.: Flow in meandering with natural topography, *River Meandering, Water Resources Monograph 12*, American Geophysical Union, pp 69-102, 1989.
- 10) 内島邦秀, 早川 博: 流量が減少した場合の交互砂州の変特性, 第31回水理講演会論文集, pp.683-688, 1987.
- 11) 木下良作: 石狩川河道変遷調査, 科学技術庁資源局資料, 第36号, 1961.
- 12) 三輪 式: 床固工が砂レキ堆の形成と移動に及ぼす影響, 新砂防, 112, 1979
- 13) 福岡捷二, 安陪和雄, 五十嵐嵩博: 交互砂州の変形過程に関する実験的研究, 第28回水理講演会論文集, pp.763-768, 1984.
- 14) リバーフロント整備センター: 中小河川の河道計画等に関する技術資料集, 1996.
- 15) Meyer-Peter, E. and Müller, R. Formulas for bed-load transport, *Proc. 2nd IAHR Congr.*, pp.39-64, 1948.
- 16) Struiksma, N. and Crosato, A. Analysis of 2-D bed topography model for rivers, *River Meandering, Water Resources Monograph 12*, American Geophysical Union, pp.153-180, 1989.
- 17) 芦田和男, 塩見靖国: 水路における砂礫堆の水理特性について, 京大防災研究所年報, 第9号, pp.457-477, 1966
- 18) 村本嘉雄: 河川の蛇行特性-日高川の蛇行形態と砂礫堆の特性-, 第3回災害科学総合シンポジウム論文集, pp.32-33, 1966.

(1998. 9. 30受付)