

節腹連続河道形成に関する実験的研究

Experimental Study on Gonrd Shaped Channel Formation

北見工業大学大学院 工学研究科社会環境工学専攻 ○学生員 島 絵梨子 (Eriko Shima)
 北見工業大学 工学部社会環境工学科 正会員 渡邊 康玄 (Yasuharu Watanabe)
 北見工業大学 工学部社会環境工学科 正会員 吉川 泰弘 (Yasuhiro Yoshikawa)

1. はじめに

河道の安定的な維持を考える上で、河道の平面形状の形成機構を理解することは非常に重要であり、治水や河川環境の基本となるものである。一般に、河道の平面形状として挙げられるものに、蛇行流路や網状流路がある。これらの流路形態に関しては従来から数多くの研究が行われ、様々な知見が積み重ねられてきている。

しかしながら、網状河川にみられる川幅が連続して変化する節腹連続河道は、流路が収束し川幅が狭くなっている箇所（節）と流路が分散し河原が広く存在している箇所（腹）が交互に存在し、流路と植生が分布する河岸の縦断形状が波状になっていることが特徴となっている。このように節腹連続河道は河道形状が複雑であるため、中小規模の出水でも著しい河岸侵食を引き起こしたり、近年顕著になっている樹林化によって、流水阻害を引き起こすこともある。また、川幅が狭小の部分をもつことから、河道内に貯留効果が存在する。網状流路における節腹連続河道の形成機構の解明は治水上、環境上も非常に重要な課題である。しかしながら、この、節腹連続河道は、形成機構をはじめ、その挙動の解明が十分に行われていないのが現状である。本研究では、河岸侵食が生じる直線水路に中規模河床波を形成させ、河岸侵食がどの様に発生し、節腹連続河道あるいは蛇行流路へと移行するのかを把握することを目的としている。なお、本論文では、実験水路の規模の関係で、直線水路からの河道の変化は初期の段階にとどまっているため、河道変化の極初期に焦点を当て考察を行っている。

2. 実験概要

2.1 実験方法および実験条件

実際に使用した水路は、図-1 に示す長さ 14m、幅 1.6m の直線水路である。使用した河床材料は、平均粒径 d_m が 0.765mm の均一な 4 号珪砂である。この河床材料を水路上流端から下流 11m まで水路に平らに敷き詰め、水路底を基準とした河床高を 10cm とした後に、水路中央に深さ 2cm の直線河道を人工的に形成したものを初期流路とした。河床勾配は 1/100 である。水路の上下流端には初期流路と同じ形状の固定堰を設置している。実験条件は表-1 に示すように、初期の無次元掃流力 τ_* が限界掃流力 τ_{*c} の 1.65 倍程度になる水理条件で、河道幅が異なる 5 ケースの実験を行うこととした。なお、この条件では、砂州の形成初期には浮き



図-1 実験水路写真

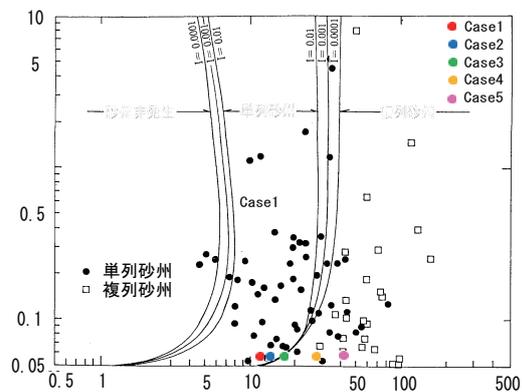


図-2 中規模河床形態の分類

州が形成されないことを確認している¹⁾。通水初期の水深は全てのケースにおいて 7mm となっている。なお、本研究では、中規模河床波の流路の平面形状の変化に与える影響を把握することが主目的であるため、河道に浮州が形成された時点で通水を停止している。

2.2 測定項目

実験での測定項目は、河床高、流量、給砂量である。河床高の測定は、通水終了後に水路上流端から水路下流 11m 地点までの区間について、縦断方向に 10cm、横断方向に 1cm 間隔でレーザー砂面計 ((株) ジャコム製)

表-1 実験条件

実験名	河道幅 (m)	流量 (m ³ /s)	通水時間
Case1	0.25	0.00048	1時間 30分
Case2	0.30	0.00058	2時間 30分
Case3	0.45	0.00087	2時間 30分
Case4	0.60	0.00116	2時間 30分
Case5	0.75	0.00145	1時間 30分

を用いて行った。流量の測定は、実験条件を満たしているのかを確認するため、下流端において30分ごとに測定を行った。土砂供給条件については、上流の堰直下流の河床高が低下しないように目視で給砂を行っており、上流端での河床高がほぼ動的平衡となるようにしている。また、時間経過による河道幅の変動を確認するために、上流端からおよそ5mの地点に定点カメラを設置し、流路の平面形状の変化が把握できるように通水開始から5分毎に撮影を行った。撮影された写真の一例を図-3に示す。

3. 実験結果および考察

3.1 河床形状の時間変化

Case1~Case5における、上流端から下流11mまでの区間の河床形状の変遷過程をコンター図で示したものが図-4である。初期流路幅が25のCase1では通水開始から15分程で砂州が形成され、それとほぼ同時に河道の拡幅が始まった。時間が経過するに従い、徐々に河岸が侵食されていき、流路が湾曲していった。最終的には、上流からおよそ3mの地点から一波長が約2mの比較的明瞭な蛇行流路を確認することができる。初期流路幅が30のCase2は、Case1と同様に通水開始から15分程で砂州が形成され、20分程経過したところで河道の拡幅が始まった。その後、通水開始から1時間20分が経過したところで、砂州の下流への移動とともに、河岸侵食位置も下流へ移動していく様子が定点カメラで撮影した写真より確認できた。また、流路湾曲部では河岸の侵食速度が徐々に増大している様子が見て取れた。最終的には、Case1ほど明瞭ではないが、蛇行流路が形成された。初期流路幅45cmのCase3は、通水開始から10分程で砂州が形成され、20分経過したところで河道の拡幅が始まった。最終的な河道形状は、Case1, Case2で見られたような蛇行流路は形成されず、蛇玉状に河岸が侵食された。初期流路幅が60のCase4は、通水開始から15分程で砂州が形成され、それとほぼ同時に河道の拡幅が始まった。しかし、Case1およびCase2のように砂州の移動とは関係なく、初期に侵食した箇所が時間経過とともに侵食が進行していった。最終的には、上流からおよそ2mの地点から一波長が約3.5mの蛇行形状の流路が形成された。なお、この蛇行形状は、Case1やCase2と異なり、両岸が侵食されている箇所も存在し、節腹河道の要素も含ま

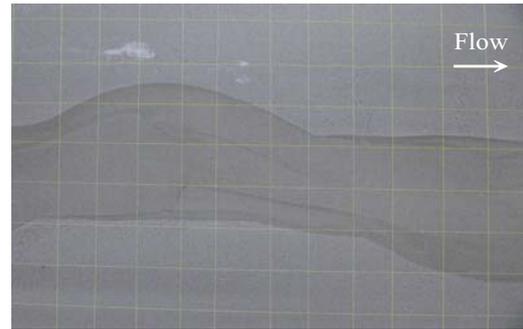


図-3 定点カメラ写真 (Case1 t=2.5hr)

れている形状である。Case5は、通水開始から5分程で砂州が形成されたが、河道の拡幅が始まったのはおよそ20分後であった。他のケースと比較すると、河岸の侵食は非常に少なく、通水後期は河道の拡幅がほぼ見られなかった。侵食位置の移動の違いに関して、Case4およびCase5の砂州の移動速度がCase1, Case2と比較すると緩やかであることが河岸の侵食に影響を与えているものと推察される。

3.2 河岸の縦断平面形状の解析

実験において形成された河岸の縦断平面形状の卓越波長を把握するために、上流、下流の影響を受けていると推察される部分を除き、流路の上流側の左岸湾曲部頂点から下流側の左岸湾曲部頂点までの区間を対象として、スペクトル分析を行なった。周波数 f は式(1)で表され、波長 L の逆数となっている。

$$f = 1/L \quad (1)$$

各ケースの周波数分布を示したものを図-5~図-9示すとともに、卓越波長を表-2に示す。河道幅が25cmであるCase1では、 f が0.48の時に極大値を持ち、 L が2.07mとなる結果を得た。流路幅が30cmであるCase2では、 f が0.27の時に極大値を持ち、 L が3.75mとなり、全てのケースの中で卓越波長が最大となる結果を得た。河道幅が45cmであるCase3では、 f が0.43の時に極大値を持ち、 L が2.33mとなる結果を得た。河道幅が60cmであるCase4では、 f が0.31の時に極大値を持ち、 L が3.20mとなる結果を得た。河道幅が75cmであるCase5では、 f が1.09の時に極大値を持ち、 L が0.92mとなり、全てのケースの中で卓越波長が最小となる結果を得た。

3.3 河岸の侵食速度

水理実験の結果、流路幅の違いによって、河岸侵食の速度が異なることが確認されたため、定点カメラで撮影した写真をもとに、各ケースの流路湾曲部の曲頂部の位置(右岸・左岸)を時系列で整理することとした。今回はCase1, Case3, Case5の3ケースを比較する。なお、Case5の左岸側の湾曲部の曲頂部は写真で確認することができなかつたため、解析対象から除くこととした。結果を図-10に示す。3ケースに共通していることは、通水初期は横断方向に流路が拡幅し、時間が経過するに従って縦断方向に大きく移動しているとい

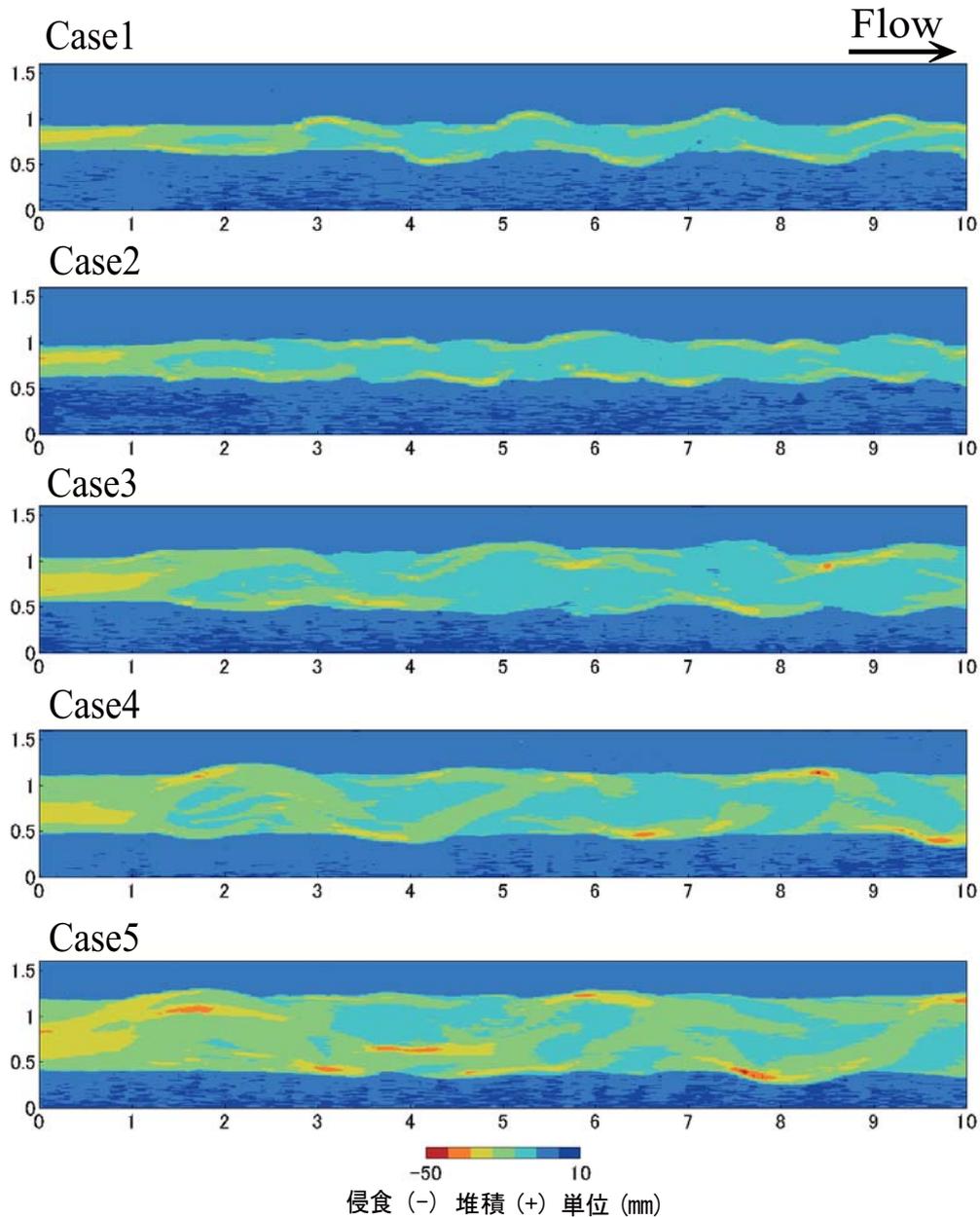


図-4 流路形状変化

う点である。初期流路幅が最も狭い Case1 は、縦断的にも横断的にも大きく移動していることがわかる。流路幅が最も広い Case3 は、通水初期および通水後期に流路の侵食がほとんど見られず、移動距離も短いことがわかる。この現象は、砂州の移動速度と因果関係があるものと推察される。

3.3 砂州の移動速度

3.3 で、河岸の侵食速度が砂州の移動速度の因果関係があると推察されたことを受け、各ケースにおける砂州の移動速度を時系列で整理することとした。河岸の侵食速度と同様に、定点カメラで撮影された写真をもとに移動速度の算出を行なった。結果を図-11 に示す。初期流路幅が狭い Case1 が砂州の移動速度が最も速く、流路幅が広くなるに従って、砂州の移動速度は遅くなっ

てくことが見て取れる。このことから、河岸侵食の位置と砂州の位置が非常に密接な関係であることが確認される

4. まとめ

本研究では、河岸侵食が生じる直線水路に中規模河床波を形成させ、河岸侵食がどの様に発生し、節腹連続河道あるいは蛇行流路へと移行するのかを把握することを目的として、水理実験を行なった。実験の結果、Case1 においては時間経過とともに流路が拡幅し、一波長がおよそ 2m の蛇行流路が形成された。Case2 では Case1 ほど明瞭ではないが蛇行流路が形成された。Case3 では、Case1、Case2 で見られたような蛇行流路は形成されず、蛇玉状に河岸が侵食されていった。Case4 は、一波長が約 3.5m の蛇行形状の流路が形成されたが、両

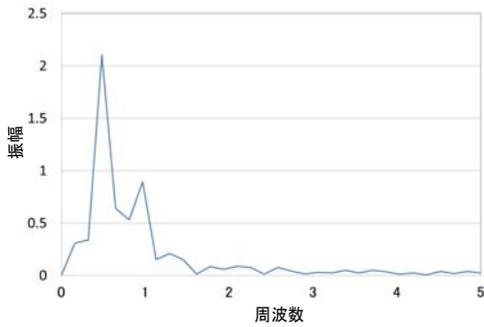


図-5 Case1 周波数分布

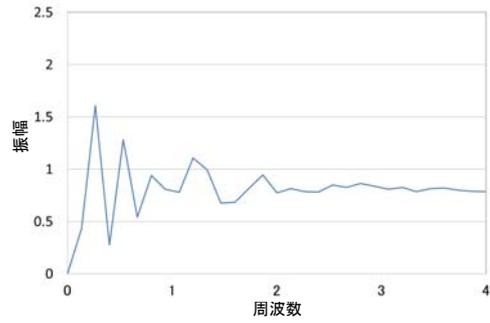


図-6 Case2 周波数分布

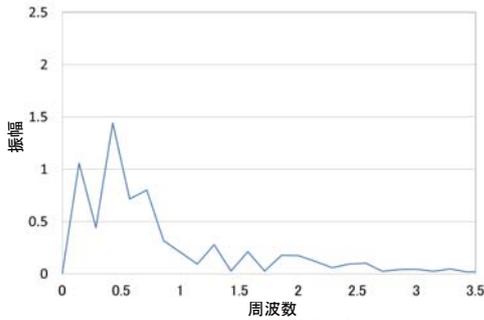


図-7 Case3 周波数分布

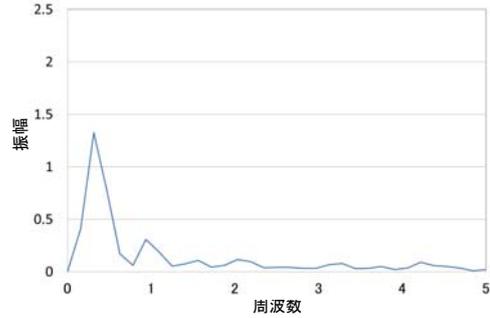


図-8 Case4 周波数分布

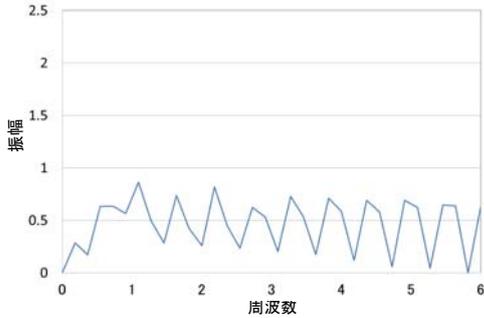


図-9 Case5 周波数分布

表-2 スペクトル分析の計算結果

実験番号	周波数	振幅	卓越波長 (m)
Case1	0.48	2.10	2.07
Case2	0.27	1.61	3.75
Case3	0.43	1.44	2.33
Case4	0.31	1.32	3.20
Case5	1.09	0.86	0.92

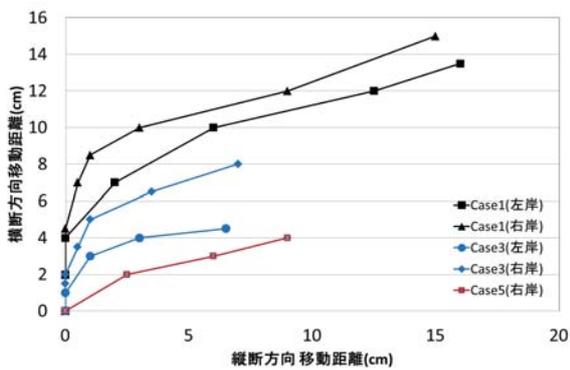


図-10 河岸の時系列変化

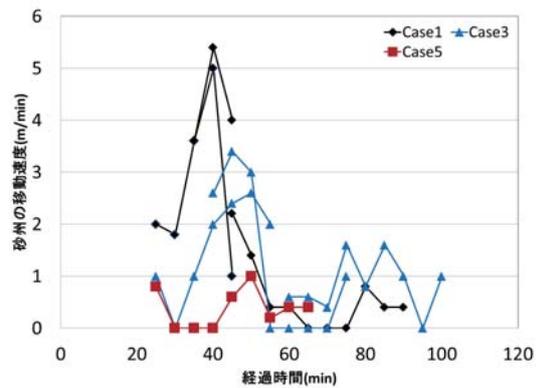


図-11 砂州の移動速度

岸が侵食されている箇所も存在することから、節腹河道の要素が含まれている形状である。Case5は、他のケースと比較すると、河岸の侵食が非常に少なく、通水後期における流路の拡幅がほとんど見られなかった。河岸の侵食速度と砂州の移動速度の関係は、砂州の移動速度が速いほど、河岸侵食に及ぼす影響が大きいと推察される。砂州の移動速度が遅くなれば、河岸におよぼす影響も小さくなるものと考えられる。

参考文献

- 1) 島絵梨子, 渡邊康玄: 流路網形成過程とそれに伴って形成される蛇行流路における砂州と平面不安定の影響, 土木学会論文集 B1(水工学)Vol.69, No.4, I 1147-I 1152, 2013.