

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 29 日現在

機関番号：13101

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2012～2014

課題番号：24686057

研究課題名(和文)セグメントスケールの河道の能動的な制御法に関する研究

研究課題名(英文)Study on Design Method of River Plane Form

研究代表者

安田 浩保 (Yasuda, Hiroyasu)

新潟大学・災害・復興科学研究所・准教授

研究者番号：00399354

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 6,400,000円

研究成果の概要(和文)：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た。このうち、複列砂州については解明されていないことが多く、実河川において複列砂州がしばしば長期間に渡って安定に存在することにさえ説明が与えられてない。本研究では、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を指摘したうえで、室内実験などを通して中規模河床波の形成においては流路の側壁が支配的な役割を果たすことを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Steady state of sand bars have understood that channel width decides as either single row bar or central bar. A characteristics of single row bar has known well according to many past studies. However past studies have not provided much elucidation on basic characteristics of central bars, we can not give enough explanation that central bars in natural rivers has formed for a long time. In this study, we found that central bars in natural river have kept commonly to be formed in longitudinal variable width. Also side wall of channel plays a very important role on formation process of sand bars.

研究分野：河川工学

キーワード：中規模河床波 動的平衡状態 複列砂州

1. 研究開始当初の背景

単列交互砂州と複列砂州の総称である中規模河床波は、洪水の安全な流下と平常時の河道の安定を目指し、その形態や挙動が現在までに実験的研究と理論的研究を中心に解明が進められてきた。なかでもその発生の有無や形態（横断方向の波数）は川幅水深比と密接に関連するとした領域区分の概念が村本・藤田(1978)と黒木・岸(1984)により提唱され、中規模河床波の理解は飛躍的に進展した。

横断方向の波数が 1 となる単列交互砂州についての研究は数多く行われ、その根本的な特性は概ね把握されるようになった。現在の河道管理はこの知見を基盤としている。具体例として、安全かつ健全な河川を復元するための中水敷を造成して相対水深を低減する試み、最近では、安定した自然河川の横断形が緩やかな放物線形であることに着目してこれを模擬する方法(福岡、2010)などがある。これらは、植生の侵入がもたらす常時に非冠水域の固定化に伴う流下能力の低下と河川環境の劣化に対して成果を上げている。中水敷の造成、放物線形の断面の導入のいずれとも河道の横断面にのみ着目した 1 次元的な河道管理法と言える。

横断方向の波数が 2 以上の複列砂州の性質については未だに十分な解明されているとは言えず、工学的な応用にまでは至っていない。複列砂州の代表的な未解明問題としてモード減少が挙げられる。直線水路において複列砂州が形成される水理条件を与え続けても、時間経過に従って次第に単列砂州のような少モード砂州へ遷移することを藤田ら(1987)や渡邊(2004)は実験と理論から指摘している。一方で、自然河川においては複列砂州が長期間にわたり維持されることが少なくない。このように、実河川と室内実験における複列砂州の存在形態には大きな隔たりが存在し、川幅水深比をパラメータ

とする中規模河床波の領域区分の概念だけからそれを説明することは難しい。セグメントスケールの河川地形の理解を飛躍的に向上させるとともに河道の能動的な制御法の開発に繋がる重要な問題であるにもかかわらず、本格的な研究は世界的に見ても現在までに行われていない。

2. 研究の目的

本研究の契機となった申請者により行われた先行研究において、縦断方向に流路幅の拡大と縮小を繰り返す拡縮流路において複列砂州の形成条件を与える数値実験を行ったところ、このような拡縮流路では、既往の知見に反して縦断的に連続した複列砂州が長時間にわたり維持されることが明らかになった。これらの結果は、複列砂州のモード減少は自由砂州成分が卓越する直線水路に特有の現象であり、これとは対照に拡縮水路では流路形状が誘発する強制砂州成分と自由砂州成分とが混合するために結果的に多モード保持、すなわち複列砂州が維持されると総合できる。つまり、少なくとも実河川において横断方向波数が 2～3 の複列砂州形態が安定的に維持されるか否かの把握には、従来から用いられてきた川幅水深比に基づく領域区分の概念と流路の平面形状の組み合わせが不可欠であるとの結論に至る。さらに、このような視点に立つと、単列砂州と複列砂州は物理的に同種の現象であるにもかかわらず、これらを統一的に解釈しようとする取組みがこれまで行われてこなかったことも浮き彫りとなる。

上記を踏まえ、本研究では、まず、複列砂州の維持条件について解明するとともに、単列交互砂州と複列砂州の統一的な解釈を確立することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、まず、実河川の地形分析、数値実験、室内実験の三者の結果を有機的に結合し、拡縮形状が生み出す強制砂州成分と平均川幅との空間的な比率に着目するなどして流路の平面形状と複列砂州の形態の対応関係、およびこれらと川幅水深比との関連性について調べ、これらの結果に基づき、複列砂州の維持条件を解明する。

つぎに、このような拡縮流路において形成される力学的な機構には流路の平面形状が支配的な役割を果たしていることが示唆されていることから、直線流路において形成される単列砂州と複列砂州の形成過程について詳しく調べ、単列砂州と複列砂州の統一的な解釈を確立する。

4. 研究成果

(1) 拡縮流路における複列砂州の維持機構

本研究では、流路の平面形状が拡縮を周期的に繰り返す水路では、湾曲形状がもたらす強制砂州の相互干渉によって複列砂州が維持されることを明らかにした。従来、複列砂州は直線水路においてはモード減少するものとされてきたものの、本研究で用いたような拡縮水路においては領域区分から決定される砂州形態が維持されることが示された。つまり、複列砂州の形態維持の適切な把握は、領域区分の概念と流路の平面形状との組み合わせによってはじめて可能となると考えるべきである。さらに、新たに L_c/B という無次元数を導入し、これが複列砂州形状の維持と密接に関連していることを見出した。少なくとも横断方向に 2～3 程度の波数を持つ少モードの複列砂州の維持条件として有意であるようだ。

(2) 単列砂州と複列砂州の統一的な解釈

既往の研究では、川幅の広狭に応じて単列砂州か複列砂州のいずれかが形成される

ことが示されている。直線水路における砂州の形成については室内実験や数値解析によるその再現計算では川幅の広狭に依存することなくいずれにしても単列砂州が形成されることが報告されている。これに対し、実河川においては複列砂州が形成されて長期間にわたって維持されることが少なくない。このような根本的な矛盾の原因を解明するために、直線流路における単列砂州と複列砂州の形成過程と形成要因を把握するための数値解析を実施した。既往の研究においても類似の取り組みはなされてきているが、本研究では、砂州の形成に対して側岸が重要な役割を果たすことと、複列砂州の形成過程については、長時間に渡って同一の水利条件を与え続けたときにそもそも定常状態としての形状に至るかどうかさえ判然としていないことに着目したうえで解析結果の考察を行った。

本研究では、複列砂州は単列砂州と比べて定常状態に到達するまでに格段に長い通水時間を必要とするとの独自の仮説を設け、長時間の通水ののちに到達する定常状態の形状を明らかにした。その結果、通水から間もない時間帯においては確かに複列砂州と見なせる河床波の形成が確認されるものの、既往の研究において複列砂州が形成されるといわれるどのような川幅を初期に与えても最終的には単列砂州が形成されることが明らかとなった。また、砂州の形成の基本的な機構についても明らかにした。既往の研究において提案されていた流水と流砂の界面における不安定が砂州の発生や形成に重要な役割を果たすとする説に対し、本研究では砂州の形成に対して側壁が重要な役割を果たし、直線流路でさえも流水と流砂の界面不安定よりも側壁の存在こそが生み出す強制的な条件が支配的な役割を果

たすことを示した。

本研究から得られた成果は、現行の我が国のほとんどの人工改修がなされて流路幅が均一にされた区間において単列砂州がなぜ卓越するかや、能動的に複列砂州を形成させるための条件の把握への応用が期待できる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕 (計6件)

(1) 星野 剛・安田 浩保：レーザーシートを用いた水位・河床位の時空間連続計測手法の開発，土木学会論文集 A2, p.I 841-I 850, Vol. 70 No. 2, 2014 年 12 月 (査読有)

(2) 永多 朋紀・渡邊 康玄・井上 卓也・安田 浩保・伊藤 丹：河道内植生の根系がもたらす土砂緊縛効果に関する実験的研究，土木学会論文集 B, Vol.70, 2014 年 3 月 (査読有)

(3) T. Nagata, Y. Watanabe, H. Yasuda, and A. Ito, Development of a meandering channel caused by the plane shape of the river bank, Earth Surface Dynamics, doi:10.5194/esurfd-1-1019-2013, 2014 (査読有)

(4) 星野 剛・安田 浩保：自然河川の水理解析における一般座標格子が有する打ち切り誤差の理論的評価とその緩和手法，土木学会応用力学論文集，第 16 巻，pp.I 573-I 582, 2013 (査読有)

(5) 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, pp.I 961-I 966, 2012 (査読有)

(6) 高橋 玄・安田 浩保：流路の平面形状が中規模河床波の形成過程に及ぼす影響，土木学会 応用力学論文集，第 14 巻，pp.653-660, 2011 (査読有)

〔学会発表〕 (計10件)

(1) 五十嵐 拓実、安田 浩保、水理条件統一下における川幅水深比が中規模河床形態にもたらす影響、第 69 回土木学会年次学術講演会、2014 年 9 月 10 日

(2) 五十嵐拓実、安田 浩保、中規模河床形態における水理量の時空間分布，土木学会関東支部技術研究発表会，2014 年 3 月 12 日

(3) 五十嵐 拓実，安田 浩保，星野剛，高橋 玄，川幅の拘束条件が中規模河床形態に及ぼす影響，土木学会年次学術講演会，2013 年 9 月 10 日

(4) 五十嵐拓実、星野剛、安田 浩保、直線型流路が中規模河床形態の形成に及ぼす影響、土木学会関東支部新潟会技術研究発表会、長岡市、2013 年 11 月 10 日

(5) 五十嵐拓実，星野剛，高橋 玄，安田 浩保，流路平面形状の拘束条件が中規模河床波にもたらす影響，土木学会関東支部技術研究発表会，2013 年 3 月 10 日

(6) 高橋 玄，安田 浩保，流路形成における流量の横断方向分布の重要性及びそれに基づく拡縮流路の形成機構の解明 土木学会関東支部技術研究発表会，2013 年 3 月 10 日

(7) 高橋玄、安田 浩保、星野剛、五十嵐拓実、拡縮流路の形成過程に関する基礎的研究、土木学会関東支部新潟会技術研究発表会、朱鷺メッセ，2012 年 11 月 10 日

(8) 五十嵐拓実、安田 浩保、高橋玄、低水護岸が河道内地形の変形に及ぼす影響に関する考察、土木学会関東支部新潟会技術研究発表会、朱鷺メッセ，2012 年 11 月 10 日

(9) 高橋 玄 , 安田 浩保 , 永多朋紀 , 実河川における複列砂州のモード減少に関する考察 , 土木学会第 67 回年次学術講演会講演概要集 , 2012年 9月 10 日

(10) 高橋玄、安田浩保、複列砂州の維持条件に関する一考察、土木学会関東支部技術研究発表会、法政大学 , 2012年 3月 10 日

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

出願年月日 :

国内外の別 :

○取得状況 (計 0 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

出願年月日 :

取得年月日 :

国内外の別 :

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

安田 浩保 (Hiroyasu Yasuda)

新潟大学 災害・復興科学研究所 准教授

研究者番号 : 00399354

(2) 研究分担者

()

研究者番号 :

(3) 連携研究者

()

研究者番号 :