

京都大学	博士 (工 学)	氏名	KARKI Saroj
論文題目	Study on Hydro-morphological Characteristics of Meandering Channels with Groynes		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、最大偏角が 45 度 (蛇行度=1.2) の場合と 60 度 (蛇行度=1.35) の場合の sine generated curve からなる河岸侵食を伴う 2 種類の移動床蛇行水路において、河岸侵食の軽減対策として水制群を配置した場合の水成地形特性について、水理模型実験ならびに非構造格子を用いた数値解析に基づいて検討するとともに、実河川に数値解析モデルを適用し、水制設置の効果や河岸侵食の評価等について検討したものである。本論文は、以下の通り 6 章からなっている。</p> <p>第 1 章は序論であり、蛇行流路に関する従来の研究を河床変動と河岸侵食に注目して、本論文と関連する水理模型実験、数値解析および河岸侵食対策についてレビューし、課題を検討することで本論文の位置づけを明確にしている。ついで、本論文の目的と論文の構成について述べている。</p> <p>第 2 章では、まず、最大偏角が 45 度の場合と 60 度の場合の移動床蛇行水路を用いた水理模型実験において、水路の特性、用いた土砂の特性、水理実験条件、計測機器と計測項目、実験方法等について詳述している。ついで、これらの蛇行水路を用いた実験結果について、水制工を配置しない場合と配置した場合で蛇行度の違いによる河道変動の速さの違いや河岸侵食の発生個所の違いを考察している。河道変動の生じやすさについては、低蛇行度水路でより顕著であり、その結果、河岸侵食が活発に生じるために河岸侵食対策がより重要となるとしている。河岸侵食が大きい地点は、低蛇行度水路では外岸側頂部からその下流の内岸側頂部にかけて生じるが、高蛇行度水路では外岸側頂部の上下流部周辺で生じることを示している。この主な理由は外岸側頂部での接近流の流入角度の違いによるものとしている。また、水制群を配置することにより、低蛇行度水路での河岸侵食は顕著に減少するが、高蛇行度水路では最初の水制周辺での局所洗堀が顕著であり、その対策の必要性等が示唆されている。</p> <p>第 3 章では、最初に数値解析に用いたオープンソースの数値解析モデルについて紹介している。用いたモデルは深さ方向に積分した平面 2 次元流体解析モデルである Telemac 2D と河床変動流砂モデル TELEMAC-MASCARET をカップリングする SISYPHE である。これは流れと河床変動とを同時に解析するのではなく、固定床上で流れを解析し、その流れの下で河床変動解析を行う非同期解析モデルである。そして、これらのモデルの基礎方程式系等を示すとともに数値解析における計算の進行手順について示している。ついで、これらの計算モデルの妥当性を、河岸固定で水制を配置しない最大偏角が 70 度の水理実験結果 (da Silva and El-Tahawy, 2008) をもとに検討し、用いたモデルにより、実験結果が比較的良好に再現されることを明らかにしている。さらに、このモデルを用いて、最大偏角が 45 度の場合と 60 度の場合の移動床蛇行水路を対象に、水制を配置しない場合、不透過型の水制を設置角が 90 度と 120 度の場合を対象に水制群を水路外岸側頂部から設置していく場合と頂部から 1/8 波長下流にずらして設置していく場合、および透過型水制を水路頂部から設置していく場合の合計 12 ケースについて 2 次元の流れと河床変動の計算を行い、河岸侵食防止のための適切な水制群の配置場所や水制の設置角度について検討している。計算では河岸侵食そのものは考慮していないが、局所洗</p>			

京都大学	博士 (工 学)	氏名	KARKI Saroj
<p>堀、掃流力、流速等の情報から蛇行度が小さい水路では水路外岸側頂部よりも 1/8 波長下流側に水制群を設置したほうが局所洗堀の軽減に対して有効であること、一方、蛇行度が大きい水路では高速流を河岸から遠ざけるために頂部周辺に水制群を設置したほうが有効であることが示されている。なお、水制の設置角度については、90 度と 120 度とでは有意な差は生じなかったこと、また、透過型水制を配置した場合、不透過型水制の場合よりも河床変動の規模は小さくなるが、流速が減勢されにくい分、水衝部により強い流れが当たるために、状況に応じてどちらの水制をどこに設置するか検討することが重要であること等が示されている。</p> <p>第 4 章では、バングラデシュ国のゴワイン川にここで用いた数値解析モデルを適用し、水制設置角を場所によって 90 や 120 度に設置することで湾曲部外岸側の局所洗堀が軽減できるとしている。また、河岸の安定と河岸の法先の侵食とを考慮した河岸侵食モデル (BSTEM:Bank Stability and Toe Erosion Model) を導入し、蛇行水路における上記数値解析モデルとこれをカップリングさせて、我が国の淀川水系宇治川に適用して河岸侵食過程と侵食量について検討している。河岸侵食は低水路満杯時 (高流量時) よりも外岸側の深掘れ部に流れが集中する時 (低流量時) での河岸脚部の局所洗堀が卓越し、侵食量は場所によっては実際より過大な侵食量となっているが、比較的良好一致している場所もあり、侵食パラメータの設定が重要であるとしている。</p> <p>第 5 章では、まず、水深平均の 2 次元モデルでは再現できない蛇行部での第一種二次流の影響を検討するために、3 次元流れの数値解析手法を導入してその解析手法等について述べている。用いた流れの解析モデルは静水圧近似を施した Telemac-3D であり、乱流モデルとしては標準 <math>k-\epsilon</math> モデルを用い、2 次元解析の時と同様に流れと河床変動解析には SISYPHE による非同期的カップリングモデルを用いている。乱流モデルである標準 <math>k-\epsilon</math> モデルは剥離を伴う流れの再現に弱点があると言われており、その影響のためか、モデルの妥当性検証のために用いられた de Vriend (1979) の 180 度湾曲水路の実験データとの比較では、135 度付近の湾曲頂部下流地点での鉛直流速分布や地形変動の再現性がやや劣っているものの、二次流の特性は比較的良好再現されているとしている。ついで、このモデルを最大偏角が 45 度の場合と 60 度の場合の移動床蛇行水路を対象として、水制を配置した場合としない場合について 3 次元流れ、とくに第一種二次流の特性と河床変動特性について検討している。その結果、両方の水路で蛇行頂部直上下流および次の頂部へ移行する地点 (クロスオーバー地点) での横断方向流速の規模が大きく、一方、蛇行頂部で顕著な二次流が発生することを示している。また、水制を配置することで河岸近傍の主流方向の流速を大きく減じることができることを示している。</p> <p>第 6 章は結論であり、本論文で得られた成果について要約するとともに、今後の課題についてとりまとめている。</p>			

氏名

KARKI Saroj

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、最大偏角が45度（蛇行度=1.2）の場合と60度（蛇行度=1.35）の場合のsine generated curve からなる河岸侵食を伴う2種類の移動床蛇行水路において、河岸侵食の軽減対策として水制群を配置した場合の水成地形特性について、水理模型実験並びに非構造格子を用いた数値解析に基づいて検討するとともに、実河川に数値解析モデルを適用し、水制設置の効果や河岸侵食の評価等について検討したものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 河岸侵食が大きい地点は、蛇行度が小さい水路では外岸側頂部からその下流の内岸側頂部にかけて生じ、一方、蛇行度が大きい水路では外岸側頂部を挟んで上下流部周辺で生じるが、これは外岸側頂部での接近流の流入角度の違いにより生じることを示している。また、水制群を配置することにより、蛇行度が小さい水路での河岸侵食は顕著に減少するが、蛇行度が大きい水路では最初の水制周辺での局所洗堀が顕著であり、その対策の必要性が示唆されるなど、従来ほとんど検討されなかった水制工設置による蛇行水路の河岸侵食防止対策に関して有用な基礎的知見を得ている。
2. 非構造格子を用いて水深平均した2次元の流れと河床変動の計算を行い、河岸侵食防止のための適切な水制群の配置場所や水制の設置角度について検討している。計算では河岸侵食そのものは考慮していないが、局所洗堀、掃流力、流速等の情報から蛇行度が小さい水路では水路外岸側頂部よりも1/8波長下流側に水制群を設置したほうが局所洗堀の軽減に対して有効であること、一方、蛇行度が大きい水路では高速流を河岸から遠ざけるために頂部周辺に水制群を設置したほうが有効であることが明らかにされるなど、蛇行河川等における河岸侵食対策としての水制工群の設置の在り方等について有用な知見を得ている。
3. バングラデシュ国のゴワイン川に開発したモデルを適用し、水制設置角を場所によって90や120度に設置することで湾曲部外岸側の局所洗堀が軽減できること等が明らかにされるなど、同河川での河岸侵食対策に対する有用な知見を得ており、現地での水制工設置の際にはこの成果が大いに貢献するものと期待できる。また、宇治川に適用して河岸侵食過程と侵食量について検討しており、提案された方法によって適切な侵食パラメータを設定することで今後の河岸侵食の予測や対策に有用な知見が得られるものと期待できる。さらに、移動床のもとで3次元流れの数値解析を行い、二次流の影響についても有用な情報を得ている。

以上、本論文は、移動床蛇行水路において、河岸侵食の軽減対策として水制群を配置した場合の水成地形特性を、水理模型実験並びに数値解析に基づいて検討するとともに、実河川に数値解析モデルを適用し、水制設置の効果や河岸侵食の評価等について検討したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、令和元年8月21日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。