



Title	Bedrock incision due to the interaction between flow and sediment transport in uniformly curved channels [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Andriamboavonjy, Mamy Rija
Citation	北海道大学. 博士(工学) 甲第15366号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/89721
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Mamy_Rija_Andriamboavonjy_review.pdf (審査の要旨)



[Instructions for use](#)

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 Mamy Rija Andriamboavonjy
審査担当者 主 査 教 授 泉 典 洋
副 査 教 授 渡 部 靖 憲
副 査 准 教 授 岩 崎 理 樹

学位論文題名

Bedrock incision due to the interaction between flow and sediment transport in uniformly curved channels

(一様湾曲水路における流れと土砂輸送の相互作用によって生じる基盤岩穿入プロセス)

山間部を流れる河川では、しばしば基盤岩を侵食しながら蛇行する穿入蛇行が見られる。土砂の堆積域(沖積地)を土砂で構成された側岸を侵食しながら蛇行する沖積蛇行については、数多くの研究が行われ、蛇行発達メカニズムがほぼ明らかになっているものの、穿入蛇行についてはほとんど研究が進んでいないのが現状である。直線水路と比べると湾曲水路では遠心力によって螺旋形の2次流が発生するため、堆積物は内岸に沿って堆積する。また、基盤岩の侵食は輸送される土砂による基盤岩表面の摩耗によって発生する。その際、土砂の輸送量が少ないと侵食量は少ないが、多い場合も基盤岩表面が土砂によって被覆されるため侵食量が小さくなり、適切な土砂輸送量の場合に侵食量が最大となるという特徴を有している。本研究では、穿入蛇行の発達メカニズム解明に向けた基礎的な知見を得るため、一様湾曲水路における基盤岩の侵食プロセスを明らかにすることを目的とする。

第1章では、本研究の背景および既往研究との関連や本研究の目的について述べている。

第2章では、浅水流の仮定の下、Reynolds 平均をとった3次元の Navier-Stokes 方程式と連続の式を用いて、一様湾曲水路における流速分布を導出している。問題を簡単にするため、対称性を利用して流路を上半分と下半分の2つの領域に分割し、壁の効果は無視する。代表的な値で全ての変数を正規化することによって、方程式は微小パラメータ ϵ (曲率半径に対する流路幅の比) を含む方程式系で表される。主流の水深方向の流速分布は、 ϵ に関する0次の解として、二次流の水深方向の流速分布は ϵ に関する1次の解として導かれる。主流と2次流の流速分布は上半分と下半分の領域において別々に得られるが、それらを流路の中心で接続することによって全領域の流速分布が境界の粗度高さの関数として得られる。得られた流速分布を土砂の連続式に適用することによって、平衡状態における土砂の堆積形状が求められる。その結果、上面と下面が同じ粗さであると仮定すると、主流の流速分布は上下対称になるのに対して、2次流の流速分布は上下対称からわずかにずれることがわかった。境界の粗度高さは流速分布の形状に影響し、滑らかな境界では流速分布はより一様になり、二次流の強度も小さくなることが明らかとなった。また、土砂の堆積形状の横断勾配は、境界の粗度高さが大きいほど、また水深平均流速が大きいほど、急になることが明らかとなった。

第3章では、一様湾曲水路での実験について述べている。完全な一様湾曲流れを実現するために、水面に接するように設置した上蓋を回転させることによって流れを発生させている。2ケースを実施し、それぞれ上面に設置した上蓋の回転速度を40 RPM と48 RPM とした。どちらのケースも基盤岩の模型として石膏を用い、その上に同じ量の土砂(粒径0.45 mm、密度2.61 g/cm³)を入れ、掃流

砂を生じさせた。実験の結果、回転数 48 RPM では一様な横断勾配を有する斜面が、回転数 40rpm では横断勾配を有する斜面上に波状の堆積形状が形成された。斜面の裾、土砂の堆積域と基盤岩の露出域の境界に沿って溝状に侵食が発達し、この溝は、一様な横断勾配斜面が現れるケース 2 よりも、波状の堆積形状が現れるケース 1 の方が、より速く内壁に向かって成長する。これは、波状の堆積形状が流下方向に移動することで侵食域が大きくなり、侵食速度も大きくなることを示唆するものである。

第 4 章では、平均的な堆積形状について解析結果と実験データを比較している。両者には良好な一致が見られたが、この時、水深平均流速が上蓋の速度の 60 ~ 70 % であり、粗度高さとして、波状の堆積形状が見られるケース 1 では河床形態の高さスケール、波状の堆積形状が見られないケース 2 では粒径の高さスケールで見積もっている。

第 5 章では以上の結果を結論としてまとめている。

これを要するに、著者は、実験で用いた上蓋を回転させることによって流れを生じさせる一様湾曲水路において発生する 2 次流の流速分布および平衡状態における土砂の堆積形状を解析的に導き、実験で得られた堆積形状と比較することで良好な一致を得ている。また、基盤岩の侵食が最も活発に発生するのは、土砂の堆積域と基盤岩の露出域の境界であること、また波状の堆積形状が発生する場合、それが流下方向に移動することで活発な侵食が発生すること等を明らかにしている。穿入蛇行の発達メカニズムを解明するための基礎的知見を得るための重要な試みであり、土砂水理学、河川工学の進展に寄与するところ大である。よって、著者は北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認める。