

氏名	田中 龍二
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第 6266 号
学位授与の日付	2020年 9月25日
学位授与の要件	環境生命科学研究科 環境科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文の題目	河岸浸食を含む河床変動解析の高度化のための最適計算格子サイズと動的計算格子の適用に関する研究
論文審査委員	准教授 吉田 圭介 准教授 赤穂 良輔 教授 前野 詩朗 教授 西山 哲
学位論文内容の要旨	
<p>岡山市を流下する一級河川旭川では河道内の樹林化が深刻な問題となっており、洪水時の河積阻害により洪水氾濫が発生する可能性が指摘されている。なお、河床変動や植生消長を考慮したシミュレーションを実施した既往研究により植生伐採の範囲やタイミングの提案が行われているが、河床変動計算の局所的な再現が十分でないことが課題とされている。要因として、河岸浸食範囲に対して対象範囲が広域で、計算機資源の都合で解析格子を小さく出来なかったことや、水位上昇による砂州の冠水有無による河床変動量の特性が明らかされていないことが挙げられる。本論文では、砂州の冠水有無による河岸浸食特性を実験と数値解析により明らかにするとともに、動的な計算格子を用いた計算効率向上を提案する。</p> <p>まず、高水敷の冠水有無による低水路側岸の河岸浸食特性を明らかにするため、模型実験を行った。模型実験では、水路幅が60cmの低水路と高水敷のある複断面直線水路とした。実験ケースは、高水敷が冠水するCase1と低水路のみを通水するCase2とした。Case1はCase2と比較して、横断方向の浸食幅が10cm程度広がり、浸食・洗掘された土砂は浸食箇所付近の低水路に最大2cm程度堆積し、側岸斜面が緩勾配となった。Case2では低水路が洗掘されることで、側岸斜面が河床材料の安息角を超えて崩落し、浸食範囲が高水敷側に拡大した。</p> <p>計算精度の検証と最適計算格子幅の検討のために、模型実験の再現計算を行った。格子幅が細かいケースの再現性は高いが、格子幅が大きくなると実験値と数値解析値の差に2~4割程度の誤差が生じた。また、計算開始から終了まで、細分化された計算格子幅が必要な領域は、全計算領域に対し局所的であり、本領域が時間的に遷移することが定量的に確認された。本研究で示した計算格子サイズと河岸勾配の関係を用いることで、動的に計算格子サイズを変化させる計算モデル構築の基礎資料となりうることを示された。</p> <p>最後に、Adaptive Mesh Refinement(AMR)法を用い、河床変動や斜面崩落により移動する側岸斜面を追跡する動的な計算格子について検討した。格子分割パラメータとして隣り合う計算格子間の河床勾配を設定し、河床勾配 dz が急勾配なほど分割格子の範囲が縮小するため、河岸浸食範囲が網羅できる河床勾配 $dz=0.10$ 程度を閾値とした。また、逐次反復計算が行われるセル数とセル境界数の合計値を計算効率の指標として設定し、その変動量を計測したところ、全域を細分したケースと比較して50%程度計算負荷が軽減され、時間短縮率も80%程度まで軽減されることを明らかにした。以上より、AMR法を用いることで計算精度を確保したまま、計算効率が改善されることが明らかとなり、AMR法の有効性が示された。</p>	

論文審査結果の要旨

近年、豪雨による甚大な洪水災害が頻発しており、河川管理において、大きな出水に対して十分な流下能力を確保し、決壊等が生じないように河川構造物の管理・補修が必要となる。現況河道の維持管理やソフト対策等が目下の課題であり、河道内の樹林化や、基礎工や根固工周辺の河床洗堀等が代表的な問題で、河道内樹林の伐採や土砂の掘削・盛土などが全国的に実施されている。ソフト対策の重要性が高まるとともに、特に植生消長モデルや河床変動を含む高度な数値解析モデルの開発および現地適用に関する種々の研究が進められている。

従来の実河川を対象とした数値解析では、解像度の違いによる影響は検討されていたものの、河床変動の再現性を検証するデータが十分ではなかったため、計算格子幅が十分ではない河床変動解析の再現性への影響についての検討は十分なされていなかった。一方、近年の航空レーザー測深技術の進歩に伴い、高解像度の河床高データ習得が可能となってきており、これらのデータを有効活用するために、計算効率の高い高解像度の河床変動解析が可能な数値計算モデルの開発が必要になると考えられる。

そこで、本論文では、実務への適用に向けた計算効率の高い河床変動解析モデルの構築を目的とし、特に低水路側岸斜面における河岸浸食を対象とした最適な計算格子サイズ、さらに動的に計算格子サイズを変更しながら解析を行う AMR 法の適用について検討がなされている。具体的には、直線水路を用いた基礎的な模型実験より、複断面水路の高水敷の冠水有無による土砂輸送の動態を計測し、さらに三角形格子を用いた河床変動解析モデルを用いた数値解析より、再現性が確保できる最適な計算格子幅の検討と細分化した計算格子が必要な領域の時間変化について検討がなされている。さらに河床勾配を格子分割パラメータとした AMR 法の適用を行い、計算時間を 50% 程度に抑えた解析が可能であることが示されている。

本研究で得られた成果は、今後全国の河川における洪水流況および河床変動解析の高度化に対し、大いに貢献するものであり、工学的意義は大きいと考えられる。したがって、本論文は、博士（工学）の学位に値するものと判断する。