

学 位 論 文 題 名

河床変動解析モデルの実河川への適用と高精度化に 関する研究

学位論文内容の要旨

流れは本来 3 次元적であり, 河床形状も 3 次元적な流れに規定されていることが多い. したがって, 3 次元モデルを用いて流れと河床変動を解析するのが計算精度の面からは最も良いのだが, 実用的な数値解析モデルを構築する上では, 計算精度の向上だけでなく計算負荷の軽減が重要である. コンピュータの発展が目覚ましい現時点においても, 河川のように大規模な領域を対象に 3 次元計算を行うのは計算時間の増大を招き, 実用性が乏しい.

そこで本論文では, 3 次元性が強い流れ場を対象に, 流れの 3 次元構造を反映した水深積分モデルを実河川に適用し, その流れ場で発達する小規模河床波, 水面波, 二次流を再現し, 実河川における効果や発達条件について明らかにした.

一方, これまでの河川技術は, 河床が移動床であるという前提で組み立てられてきた. しかし, ここ 50 年, 沖積河川は山地流域における治山・砂防事業, 水資源開発事情などにより山地からの流送土砂が減少し, さらに 1960 年代から 1980 年代にかけての砂利採取により河床が低下し, 河床に軟岩が露出して移動床の河道とは言えない事例が増え, 例えば高水計画や河道計画への影響, 横断構造物 (頭首工, 床止めなど) や護岸の被災, 生態環境の劣化など, 河川管理上の種々の課題が生じている.

そこで本論文では, 軟岩河床における浸食メカニズムの解明を目的とし現地水路実験を行い, 実験結果を基に数値解析モデルの開発を行った.

学位論文審査の要旨

主 査	教 授	清 水 康 行
副 査	特任教授	鈴 木 英 一
副 査	准教授	木 村 一 郎

学 位 論 文 題 名

河床変動解析モデルの実河川への適用と高精度化に関する研究

近年のコンピュータの発展に伴い、流れと河床変動を予測する様々な数値計算方法が提案され、実河川における計算精度の検証と高精度化が進んでおり、今後も研究が発展していく場と言える。

本論文は、これまでに数値計算例が少ない3次元性の強い流れ場と軟岩河床を対象に、モデルの構築と高精度化を目的としており、今後の河川計画や維持管理への応用が期待できる。

まず、第1章では、本研究の背景、目的を述べるとともに、本論文の内容とその構成について記述した。

第2章では、小規模河床波の発生・発達或いは遷移に伴う洪水期間中に経時的・平面的に変化する流体抵抗を準3次元河床変動モデルに取り込み、実河川における流況予測及び河床変動予測の精度向上を検証した。

この結果、本章で開発した河床波による流体抵抗の変化を考慮した河床変動解析モデルにより、洪水時の流れ及び河床変動を精度良く表現可能であることが確認された。特に、抵抗則を用いることにより、粗度係数を一定とした場合と比較して、同時観測水位や湾曲部の河床変動の再現性が向上することが立証された。

第3章では、浮遊砂輸送量が二次流により変形されることにより、河床変動に影響があるか確認するために、二次流による浮遊砂輸送量の変形を考慮した浮遊砂濃度分布連続式を準3次元河床変動モデルに導入し、河床材料の分級現象及び河床変動に及ぼす影響について検討した。

この結果、単一粒径河床と混合粒径河床では影響が異なることを明らかにした。単一粒径河床では、二次流による浮遊砂輸送量の変形により、外岸の洗掘が進行するが、混合粒径河床では、洪水期間中に粗粒化するため、二次流による浮遊砂輸送量の変化よりも、掃流砂による河床変動が支配的になることを示した。

第4章では、1次元 Boussinesq 方程式と非定常流砂量式を組み合わせたモデルを構築し、豊平川・昭和56年8月洪水時に発生した三角状水面波列の再現計算を行い、発生要因及び発生条件について検討した。

この結果、1次元 Boussinesq 方程式と非平衡流砂量式を組み合わせることにより、豊平川において昭和56年8月洪水中に発生した三角状水面波列を概ね再現可能であることが確認された。このとき、発生した河床波は反砂堆と考えられ、三角状水面波列は, antidune standing wave もしくは antidune breaking wave の状態であると推測される。さらに、三角状水面波列の波長は、Kennedy 及び林の反砂堆波数の理論式と概ね一致し、フルード数 1.1 以下では三角状水面波列はほとんど発生しないことが確認された。

第5章では、近年課題となっている軟岩の浸食による河床変動を把握するために、軟岩の洗掘速度と軟岩上における限界掃流力に関する実験を行うとともに、それらの結果を基に軟岩の侵食を踏まえた新たな河床変動モデルを構築した。

実験結果から、給砂量(単位幅流砂量)が大きくなると、軟岩の平均洗掘速度も大きくなることが判明した。このことから、流砂の集中により軟岩独特の筋状の河床形態が形成されると推測される。

また、軟岩上の無次限界掃流力は粒径が小さくなると大きくなる結果を得た。これは、砂礫床上の限界掃流力は等価粗度高さを河床材料粒径とほぼ同程度とすることで良好に評価できるのに対して、軟岩上の等価粗度高さは粒径に依らず一定値となるためである。

さらに、軟岩の洗掘を考慮した河床変動計算手法により、軟岩独特の筋状の河床形態を再現できることが確認された。これにより、未解明の部分が多かった露岩区間の河床変動について、定量的な将来予測及び対策の検討が可能となった。

これを要するに、流体抵抗の変化、二次流の影響、三角状水面波列、軟岩河床の浸食などにおいて、実用的な数値計算方法と新しい知見を示しており、河川工学の発展に貢献するところ大なるものがある。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あるものとみとめる。