

氏名	アバス イェガネ バクチアリ Abbas Yeganeh-Bakhtiary
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	工博第1783号
学位授与の日付	平成11年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	工学研究科土木工学専攻
学位論文題目	Computational mechanics of bed-load transport at high bottom shear (高せん断力の作用下における掃流層の流動過程の計算力学的研究) (主査)
論文調査委員	教授 酒井哲郎 教授 高橋 保 助教授 後藤仁志

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、高せん断力の作用下において生じる高濃度の土砂流の流動過程の内部構造を解明するための計算力学的方法を検討したものである。この種の土砂流は、海岸部では高波浪時に生じて汀線形状を著しく変化させ、山地河川では土石流としてしばしば甚大な災害に結びつく。本論文では、固液混相流モデルと粒状体モデルにより、これらの土砂流の流動過程の内部構造が計算力学的に研究されている。

論文は、全5章から成る。

第1章は、序論であり、当該研究分野における既往の研究を振り返って、本論文の位置付けを明らかにし、研究全体の構成を示している。

第2章では、高せん断力の作用下で生じる掃流層に関する基礎的実験を行っている。開水路上流部より均一粒径のガラスビーズを投入し、水路底面付近に生じる掃流層とそれが流速場全体に及ぼす影響について明らかにするため、平均流速の測定が行われている。一連の実験を通じて、水路勾配の変化と投入土砂量の変化が平均流速場に与える影響が系統的に示され、せん断力の変化に応じた流速場の構造変化が明瞭に示されている。平均流速分布は、比較的希薄な粒子濃度の下では2層構造を有するが、粒子濃度の増大とともに3層構造へと遷移することが明らかにされている。

第3章では、前章で明らかとなった流速場の特性を説明するため、流体系と粒子系との相互作用を表現できる固液混相流モデルが導入されている。特に、固相のモデルに関しては、不規則運動を陽に記述できる確率モデルを基礎としたシミュレーション手法が導入され、ラグランジュ的に記述された固相と $k-\epsilon$ 乱流モデルによりオイラー的に記述された液相とがカップリングされている。固液混相流モデルは、比較的希薄な濃度の土砂流に関しては、実験結果に見られた2層型の流速分布について良好な再現性を有するが、高濃度状態で底面付近に形成される低速の流動層の存在を説明できない。本章では、このような固液混相流モデルの適用限界が検討され、その物理的背景についての考察が行われている。

第4章では、前章で生じた問題を解決するため、新たに粒状体モデルが導入されている。底面付近の高濃度層の構造で重要な役割を演じる粒子間衝突の効果が個別要素法に基づきモデル化されて、第3章の混相流モデルに追加されている。言い換えると、流体系・粒子系の相互干渉と粒子間の相互干渉の両者が考慮されたモデルが構築され、第3章で再現性に問題を残した高濃度の土砂輸送過程についてシミュレーションが行われている。固液混相流モデルに粒子間干渉を記述するための粒状体モデルを加えることで、混相流モデル単独では再現が困難であった高濃度状態の特性である3層型の流速分布の計測結果についても良好な再現性が示されている。更に、内部構造を詳細に検討するため、実験での直接的把握が困難な粒子の運動軌跡などの粒子系の諸特性に関しても、計算力学的観点から検討を行っている。

第5章では、本論文で得られた成果をまとめて結論とし、今後の展望についても言及している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、高せん断力の作用下において生じる高濃度の土砂流の流動過程の内部構造について計算力学的観点から検討したものである。本論文では、流体系と粒子系の相互作用を記述する固液混相流モデルと粒子間干渉を記述する粒状体モデルが導入され、土砂流の流動過程の内部構造について粒子レベルのスケールでの計算力学的研究が実施されている。

高せん断力の作用下で生じる掃流層に関する基礎的実験では、平均流速の測定を通じて、水路勾配の変化と投入土砂量の変化が平均流速場に与える影響が系統的に示され、せん断力の変化に応じた流速場の構造変化が明瞭に示されている。

実験で確認された流速場の特性を説明するため、流体系と粒子系との相互作用を表現できる固液混相流モデルが導入されている。固液混相流モデルは、比較的希薄な濃度の土砂流に関しては、実験結果に見られた2層型の流速分布について良好な再現性を有するが、高濃度状態で底面付近に形成される低速の流動層の存在を説明できない。

さらに、低速の流動層の問題を解決するため、底面付近の高濃度層の構造で重要な役割を演じる粒子間衝突の効果が、個別要素法に基づきモデル化されて先の混相流モデルに追加され、流体系・粒子系の相互干渉と粒子間の相互干渉の両者が考慮されたモデルが構築されている。この改良により、混相流モデル単独では再現が困難であった高濃度状態の特性である3層型の流速分布の計測結果についても良好な再現性が示されている。更に、実験での直接的把握が困難な粒子の運動軌跡などの粒子系の諸特性に関しても、計算力学的観点から詳細な検討を行っている。

以上のように、本論文は、高濃度土砂流の流動過程の力学的機構について、多くの有用な知見を含んでおり、学術上、実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のあるものと認める。また、平成10年11月25日、論文内容とそれに関連した試問を行った結果、合格と認めた。