

氏名	道 上 正 規 みち うえ まさ のり
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 604 号
学位授与の日付	昭 和 48 年 5 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	流砂と河床変動に関する基礎的研究

(主 査)
論文調査委員 教授 芦田和男 教授 村本嘉雄 教授 土屋義人

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、流砂と河床変動に関して系統的な研究を行ない、従来明確でなかった流砂に及ぼす河床粗度の影響、混合砂の流砂量ならびに混合砂礫床の河床変動に関して検討を加え、その定式化を試みたものであって、緒論、3編および結論よりなっている。

緒論では、流砂と河床変動に関係する工学的諸問題と研究上の問題点を指摘するとともに、本研究の目的と方針について述べている。

第1編は、掃流砂に関する基礎的研究として、掃流砂の確率的運動特性、掃流砂量に及ぼす河床粗度の効果、混合砂礫の掃流砂量および移動床流れの抵抗特性を考察したものであって、第1章でそれらの問題点を総括的に述べている。

第2章では、砂礫の流送機構および分散過程に関して、確率モデルおよび着色砂礫をトレーサーとした実験的研究に基づいて考察した結果について述べている。砂礫の流送現象を一つの確率過程で表示できること、砂礫の1stepの移動距離の分布が指数分布で表わされ、その平均移動距離は粒径の約80~300倍であって、掃流力の増大に伴って顕著な変化は見られないが、単位時間当りの移動確率は掃流力の増加に伴い増加することなどが明らかにされている。また、混合砂礫の流送特性がトレーサー実験により検討され、平均粒径よりも大きな粒子は一様粒径の場合に比較して移動しやすく、小さい粒子はその逆であることが明らかにされた。ついで、確率過程と拡散方程式に基づく砂礫の分散過程とを比較検討して、瞬間線源のトレーサーの場合には $\lambda_2 t \geq 5$ (λ_2 : 単位時間当りの移動確率, t : 時間) の範囲で両者はほぼ同一の結果を与えることを示すとともに、砂礫の分散過程を実測して流砂量を推定する方法を明らかにした。

第3章では、掃流砂量と河床粗度の関連、混合砂礫の限界掃流力および流砂量、河床粗度の算定方法が考察されている。まず、一様砂礫の掃流砂量を取り上げ、河床粗度の影響を流砂量に反映させるために、砂礫の移動に伴う摩擦力を考慮することによって有効掃流力の概念をさらに発展させた。このような有効掃流力を用いて、移動床における一様砂の掃流砂量を表わす関数形を導くとともに、広い範囲の実験資料

を用いて、その式の適合性を検証した。また、移動床の場合とまったく同様な手法で、滑面水路における流砂量も算定できることを示し、著者の流砂量式はかなりの普遍性を有していることを明らかにした。つぎに、混合砂礫に関する実験的考察から、混合砂礫の粒径別の限界掃流力は、 $d_i/d_m \geq 0.4$ (d_i : 各砂礫径, d_m : 平均粒径) の範囲では Egiazaroff の式で表示でき、 $d_i/d_m < 0.4$ に対しては、 $\tau_{ci}/\tau_{cm} = 0.85$ (τ_{ci} および τ_{cm} はそれぞれ d_i および d_m に対する限界掃流力) とすべきであるとして、一部同式の修正を行った。また、混合砂礫の流砂量は、一様砂を対象として導びいた著者の流砂量式に、上述の粒径別の限界掃流力を適用することによって表示できることを見出した。ついで、有効掃流力の算定に必要な移動床流れの抵抗について研究し、移動床河床形態の領域区分図を、河床波の安定理論の結果と次元解析的考察から、無次元掃流力と径深・粒径比の平面に図示し、従来の実験値が lower と upper flow regime に区分でき、また、lower flow regime に対しては砂粒 Reynolds 数によって ripple と dune に区分できることを示した。さらに、河床波に関する現象論的な考察からそれぞれの領域ごとに流速係数を無次元掃流力と径深・粒径比で算定するための図表および式を提示し、従来の実験値が統一的に整理されることを明らかにした。

第Ⅱ編は、浮遊砂に関する基礎的研究として、浮遊砂濃度の計測方法、浮遊砂の濃度分布特性、河床付近の濃度および浮遊砂量に関して考察したものであって、第1章ではそれらの問題点を総括的に述べている。

第2章では、浮遊砂濃度の光学的な計測法について検討を加えている。まず、浮遊砂濃度を連続的に計測する方法として、光学的濃度計測法に関する理論的検討を行ない、一様砂の場合には光出力が濃度・粒径比のみの関数で表わされるが、混合砂のそれは濃度・平均粒径比と標準偏差の関数になることを明らかにした。ついで、この原理に基づいて試作された濃度計で一様砂および混合砂の浮遊砂濃度が測定できることを実証した。

第3章では、浮遊砂の濃度分布特性、粒度分布特性および微細粒子の流れに及ぼす影響について考察するとともに、これらの成果と河床付近の濃度に関する考察に基づいて浮遊砂量式を誘導し、その適合性を検討した。その結果、混合砂の場合には各粒径ごとに Rouse の浮遊砂濃度分布式が実験値によく適合することを見出した。ついで、微細粒子を含む流れでは、その粘性係数は変化するが、これを考慮した沈降速度を用いれば、Rouse 式でその浮遊砂濃度分布を表示できることを明らかにした。

浮遊砂量の算定に従来広く用いられている Lane-Kalinske および Einstein 式に関して実験的検討を行ない、前者では河床粗度の効果が浮遊砂量式に十分反映されておらず、また後者では遮蔽係数に難点があることを見出した。これに対して著者は、河床付近の砂粒の挙動を Tchen の運動方程式によって検討し、砂粒速度の乱れ強度と流れのそれとはほぼ一致することを確認して、河床付近の濃度の関数形を提示した。この式の特徴は、移動床における河床付近の乱れ強さが、摩擦速度よりはむしろ有効摩擦速度に関係しているとして河床付近の濃度の算定に河床粗度の効果を反映させた点であり、この結果を用いた浮遊砂量式は、従来の実験値とかなりよく一致することが明らかにされた。

第Ⅲ編は、混合砂礫床の河床変動を取扱ったものである。すなわち、砂礫の混合特性に着目して、前編の成果および河床変動の次元解析法に基づき、ダム下流域および断面変化部の河床変動に関して考察を

加えたもので、第1章ではそれらの問題点を総括的に述べている。

第2章では、ダム下流域のように、混合砂礫の特性が河床変動にもっとも顕著な影響を及ぼす場を選定して、そこに生起するアーミング現象と河床変動の関係および境界条件の与え方に関して考察を行なった。その結果、 $u_{*cmin} < u_* < u_{*cmax}$ (u_{*cmax} , u_{*cmin} はそれぞれ混合砂の最大径および最小径に対応する限界摩擦速度、 u_* : 摩擦速度の範囲でアーマ・コートが形成されるが、その粒度分布の解析法が混合砂礫の流砂量式から理論的に誘導されその適合性が検証された。ついで、 $u_{*cmax} < u_*$ の領域では河床変動が起こるが、上流端の境界条件として混合砂礫の最大粒径によって規定される移動限界こう配を用いることにより、その河床変動は一様砂礫と同様な次元解析法で取扱えることを明らかにした。

第3章では、混合砂礫床の河床変動の解析法を水路幅が変化する場合の平衡縦断形状の算定に適用し、平衡状態の特性量の縦断変化を検討して、それが実験値とよく適合することを実証した。

結論では、以上の各章の成果を要約している。

論文審査の結果の要旨

最近、ダム上流部の堆砂や下流部の河床低下など流砂の不均衡に基づく河床変動が、水工学上の重要な問題の一つとして注目されているが、こうした問題を取扱ううえで基本となる流砂量式には、河床粗度や混合砂礫の効果などに関して不明確なところが少なくなく、的確な河床変動の解析を行なうことは困難な状況にある。この論文は、上述の事情を背景とし、統一的な流砂量式の誘導とそれによる河床変動解析法の確立を目ざして、流砂と河床変動に関する基礎的な研究を行なったもので、得られた注目すべき成果は次のようにまとめられる。

1) 着色砂礫をトレーサーとして砂礫の流送機構および分散過程について考察し、砂礫の移動距離の分布、平均移動距離および移動確率と粒径および掃流力などとの関係、ならびに砂礫の移動に及ぼす混合砂礫の効果など多くの特性を明らかにした。

2) 掃流砂量に及ぼす河床粗度の影響および混合砂礫の効果を検討し、前者に対しては有効掃流力、また後者に対しては Egiazaroff による粒径別限界掃流力を用いて新しい掃流砂量式を提案した。この式における有効掃流力の算定には、移動床流れの抵抗を知る必要があるが、河床波に関する現象論的な考察により、その合理的な算定法を与えた。著者の掃流砂量式は、広い範囲の条件に対してその適合性が検証されており、混合砂礫からなる実際河川の流砂量の算定や河床変動の解析に有力な基礎を与えるものであって、本論文における最も重要な成果である。

3) 浮流砂濃度の光学的計測法について検討し、混合砂の標準偏差をパラメーターとして濃度・平均粒径比の値を計測できることを理論的に明らかにするとともに実験により確かめた。

4) 微細粒子を含む浮遊砂の濃度分布は、微細粒子による粘性の変化を考慮した沈降速度を用いれば、Rouse の式で表示できることを明らかにした。

5) 浮遊砂量に及ぼす河床粗度の影響を検討し、河床付近の乱れ強さが、摩擦速度よりもむしろ有効摩擦速度に関係するとして、河床付近の濃度に河床粗度の影響を導入し、新しい浮遊砂量式を提案した。この式は従来の実験値とかなりよく一致しており、浮遊砂量式の精度を向上させたものとして注目される。

6) 混合砂礫床に特有なアーミング現象を伴う場合の河床変動の特性を明らかにするとともに、著者の流砂量式を用いて河床変動を解析する手法を確立した。この解析法は、ダム下流部における河床低下や水路幅変化部における河床変動の解析において、その適用性が実証されており、河川構造物や狭窄部による河床変動の予測に有力な手法を提供するものと考えられる。

以上要するに、本論文は流砂と河床変動に関する系統的な研究により、従来明確でなかった流砂に及ぼす河床粗度の影響、混合砂の流砂量および混合砂礫床の河床変動に関して新しい知見を与えるとともに、それらの定式化を行なったものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。