

氏名	田中祐一朗 た なか ゆういち ろう
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第575号
学位授与の日付	昭和48年1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	移動床開水路の河床形態と抵抗則に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 芦田和男 教授 岩佐義朗 教授 村本嘉雄

論文内容の要旨

本論文は、移動床開水路の河床形態を明らかにするとともに、形状特性を予測する方法と、それにもとづく抵抗の算定法とに関して研究したもので、緒論5章および結論よりなっている。

緒論では、河床形態の区分とその名称および特徴について、現象に關与するスケールの概念によって考察を加え、著者の見解を示すとともに、本研究の目的と方針について述べている。

第1章では、河床形態の形状特性、とくにその動的な特性を明らかにするための計測方法について述べている。河床波形状を動的な状態でかつ精度良く計測する方法として適当なものがない従来の状況に鑑み、著者は新たに超音波測定器の利用を考え、その測定精度、製作ならびに使用上の問題点について詳細な検討を加えた。その結果、浮流砂をあまり伴わない場合には、十分な精度で河床形状を測定しうることが明らかにされた。一方、触針式河床測定器についても測定精度および使用上の問題点について検討し、河床面がとくに軟弱でないかぎり、浮流砂があっても実用上十分使用しうることを明らかにしている。また、河床形態が砂漣、砂堆の場合には、この河床測定器によって、河床波の波高および伝播速度を測定することにより、掃流砂量をも計測しうることを確かめている。

第2章では、河床形態の実態を把握するために行なった実験結果について述べるとともに、その結果を用いて河床形状の統計的性質について考察を加えている。すなわち、第1章で述べた河床測定器を活用して、Lower Flow Regime から Upper Flow Regime まで広範囲にわたって実験を行ない、河床波の形状特性について多くの資料を提供するとともに、それぞれについて現象論的な立場から考察を行なっている。さらに、河床波のスペクトル解析結果から、現象は周期性と不規則性を持っており、その特性が砂漣、砂堆および遷移河床において顕著に相異なること、広く波数の-3乗および周期数の-2乗という平衡領域が存在することなどの事実を明らかにしている。さらに、河床波の波高および波長の分布は、風波の場合と同様 Rayleigh 分布に従うという実験結果をえている。また、平均河床からの変動量に対する標準偏差と相当粗度との間には強い相関のあることを確かめ、移動床の抵抗に関して河床波の形状を知るこ

とがきわめて重要であることを示している。

第3章では、河床波の平均量としての特性に関して考察を展開し、平均波高、平均波長および伝播速度を予測する式を提案している。すなわち、河床波の波高と伝播速度に関して、二次元的でかつ変形せずに伝播する河床波をモデル的に考えて、その形状を正弦波で近似し、さらに水深に比して波高が十分に小さいという仮定を用いて解析し、波高および伝播速度を平均水理量から予測する式を導き、これらが実測値とかなりよく一致することを示している。これらの理論結果は、河床形態が平滑河床から砂漣、砂堆、遷移河床および反砂堆と変化していく実験事実を定性的にもきわめてよく説明している。また、河床波の波長に関しては、次元解析とスケール概念を導入した現象論的な考察から砂漣、砂堆、反砂堆および砂洲のそれぞれの領域についての関数形を与え、実験値によってその表示式を求めている。

第4章では、河床波上の流れについて実験的に検討した結果について述べている。砂漣および砂堆上の流れは、波頂において水流が剝離し、その下流に剝離域、剝離域からの渦の拡散領域、剝離の影響の及ばない領域および Re-attachment Point から次の波頂までの境界層の発達域に区分されるが、従来の段落ち流れの実験結果との対比から、段落ち流れのモデルで近似しうることを明らかにしている。

第5章では、前章でえられた流れのモデルを用いて河床波の抵抗要素としての作用について考察し、抵抗の算定法を提案している。すなわち、砂漣、砂堆のように剝離を伴う場合と、平坦河床、反砂堆のように剝離を伴わない場合に分けて取り扱う必要性を示し、それぞれについての抵抗算定法を述べている。

砂漣、砂堆については、抵抗を形状抵抗と摩擦抵抗との和として表わし、前者を波頂と Re-attachment Point との断面間の運動量の保存則から求めている。このような算定法は実験値と比較してほぼ満足すべき結果を与えることを示している。平坦河床および反砂堆では、摩擦抵抗によってその抵抗を算定しうるが、後者については抵抗に及ぼす浮流砂の影響を無視しえない場合が多いとして、その影響をカルマン常数の変化によって評価する方法を与えている。

以上の抵抗算定法と第3章での河床形状の予測法とを組み合わせることにより、水深、こう配、粒径の三つの基本量から流速を予測することが可能となるが、著者は実例によってその計算法を具体的に説明するとともに、その算定精度はほぼ満足すべきものであると述べている。なお、計算の過程の一部を図表化して算定法の実用性を高めている。

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

移動床水路の河床形態は、抵抗係数や流砂量ならびに流路変動に支配的な影響を与え、その研究は開水路水理学における重要な課題であって、従来数多くの研究がなされている。しかし、動的な状態での計測技術の困難さもあって、その実態については不明なところが少なくなく、また、その形状を十合に予測する理論も確立されておらず、移動床における抵抗の予測を困難なものにしている。

この論文は、上述の事情を背景として、移動床開水路の河床形態を動的な状態で計測する手法を検討し、多くの実験資料を集積してその実態を明らかにするとともに、形状特性を予測する理論とそれにもとづく抵抗の算定法について研究したものであって、とくに重要な成果を列記すれば、つぎのとおりである。

(1) 移動河床形態を計測する手法として、超音波式測定器および触針式測定器の適用性について検討し、それぞれ十分な精度で計測しうることを示すとともに、計器の製作と使用上の問題点を明らかにして、移動河床形態の計測技術の向上に貢献した。また、砂漣、砂堆の領域に対して、河床測定器により、河床波の伝播速度を測定して、掃流砂量をも計測しうることを確かめた。

(2) Lower Flow Regime から Upper Flow Regime までの広範囲にわたる河床形態について多くの貴重な資料を提供するとともに、河床波の統計的な構造について多くの知見を与えた。すなわち、河床波は周期性と不規則性を持っており、そのスペクトル特性は砂漣、砂堆および遷移河床で顕著に相異なること、広く、波数の -3 乗および周波数の -2 乗という平衡領域が認められること、波高、波長の分布はともに Rayleigh 分布に従うことなどの事実を明らかにした。また、平均河床からの変動量に対する標準偏差と相当粗度との間には強い相関のあることを確かめ、移動床の抵抗に関して、河床波の形状を知ることがきわめて重要なことを示した。

(3) 河床波の波高と伝播速度を平均的な水理量から予測する理論式を導き、実測値とかなりよく一致することを示した。これらの理論結果は、河床形態が掃流力とフルード数によって平滑河床から砂漣、砂堆、遷移河床および反砂堆と変化していく過程を定性的にもきわめてよく説明しており有用な結果である。また、河床波の波長に関しても、次元解析とスケール概念を導入した現象論的な考察および実験の結果から、砂漣、砂堆、反砂堆および砂洲のそれぞれの領域についての表示式を与えた。

(4) 砂漣、砂堆上の流れについて実験的な検討を行ない、従来の段落ち流れの実験結果と対比して、抵抗算定に当っては段落ち流れのモデルで近似しうることを明らかにした。

(5) 段落ち流れのモデルを用いて河床波の抵抗要素としての作用を明らかにし、従来の抵抗算定の精度をさらに向上させた。この抵抗算定法と河床形態の予測法とを組み合わせると、水深、こう配、粒径の三つの基本量から流速が予測されるが、実際上きわめて有用な成果である。

以上要するに、本論文は移動床開水路の河床形態と抵抗則について検討を行ない、従来明らかでなかった河床形態の統計的な構造について多くの知見を与えるとともに、河床形状の定量的な予測法の理論を提案し、これを用いて実用性の高い抵抗の算定法を確立したものであって、学術上、実際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。