

氏名	上野鉄男 うえのてつお
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第1615号
学位授与の日付	昭和58年9月24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	開水路の大規模乱流構造と河床波に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 今本博健 教授 芦田和男 教授 岩佐義朗

### 論文内容の要旨

本論文は、開水路の大規模乱流構造と河床波との関連を実験的に検討したものであって、流れの可視化法や河床波の発達過程の写真観察といった方法を用いて、水理現象の実態の把握に重点を置いた検討がなされており、緒論、8章および結論とから成っている。

緒論では、実河川における大規模乱流構造の実態を検討するとともに、最近の境界層乱流において注目されている乱流の秩序運動に関する研究の動向を概括し、これらに基づいて河床波の形成と開水路の大規模乱流構造との関連を明らかにすることの重要性を指摘している。

第1章においては、Reynolds 以降の乱流に関する研究の歴史を概括し、それに基づいて乱流に対する見方を整理することによって、本論文における乱流研究の立場を明らかにしている。すなわち、本研究においては、乱流のもつ「秩序性」に注目し、流れの可視化法を用いて、乱流の発達過程をラグランジュ的に追跡する実験的検討を行おうとしている。

第2章においては、境界層流れの乱流構造と実河川の大規模乱流構造とのそれぞれに関する従来の研究成果の到達点と問題点を明らかにし、それらの成果に基づいて、境界層内の乱流構造と実河川において観察された二次流の発生・発達の機構を統一的に説明できるモデルを提案している。

第3章においては、二次流を含む開水路の大規模乱流構造の実態を具体的に捉えるために、水素気泡法による水路床近傍の流況の観察、移動カメラによる水路横断面内の流況の写真撮影、同じく移動カメラによる水面流況の連続撮影および水平断面内の流況の撮影といった流れの可視化の手法を駆使した実験的検討がなされている。これによって、第2章において提案された乱流構造のモデルの妥当性を検証している。

第4章においては、上記のモデルにおいて重要と位置づけされた二次流の安定性に関する実験的検討を行っている。すなわち、路床形態および水理条件を種々に変化させて、それぞれにおける流れの内部構造を種々の流れの可視化法を用いて観察し、実河川における二次流の安定性には、河床波による河床形態の規則性、河床粗度および流れのレイノルズ数などが関与していることを明らかにしている。

第5章においては、移動床流れに関する従来の研究成果について検討を加え、河床波に関する研究の現状と問題点を明らかにし、第6章以下の研究方法として、開水路の大規模乱流構造と河床波上の流れとの関連、河床波の発達過程と河床波上の流れとの関連にとくに注目して検討を進めることを明らかにしている。

第6章においては、砂漣河床波上の流れの構造を流れの可視化の手法を用いて明らかにし、二次流の発生状況について検討を加えている。本実験の結果、局所的に発生する斜めらせん流が河床の洗掘、堆積現象に大きく寄与し、同時に上昇流や下降流を形成することを明らかにしている。また、河床波が規則的に配列されている場合には斜めらせん流も規則的に発生し、河床波上の流れには安定した二次流が形成されることを明らかにしている。

第7章においては、上記の斜めらせん流が河床波の発達にどのような役割を果たすかを実験的に検討することによって、砂漣と砂堆の発達過程の差を明確にし、それぞれの発達過程をモデル化している。その結果、河床波の発達に伴って砂漣では波長が波高の平方根にほぼ比例して増大するのに対し、砂堆の波長は波高にほぼ比例して増大することを明らかにしている。

第8章においては、まず、次元解析的考察によって移動床流れを支配する要因が、無次元粒径、流れのレイノルズ数および無次元ストリーム・パワーであることを明らかにした。これらをパラメーターとして砂漣と砂堆の発生領域を実験資料を用いて検討し、新たな砂漣と砂堆の領域区分法を提案している。また、多くの実験資料を用いて検討した結果、砂漣の形状特性が流れのレイノルズ数および無次元ストリーム・パワーに支配されるのに対し、砂堆の形状特性は無次元粒径および無次元ストリーム・パワーに支配されることを明らかにしている。

結論では本研究の成果を要約している。

## 論文審査の結果の要旨

せん断乱流場の大規模乱流構造に関する研究は、流れの可視化法や多点計測法によって最近急速に進展されつつあるが、これまでに得られた結果は乱流構造の一部の特性の解明に留まっている。また、移動床流れにおいては、流砂現象、河床波形状、流れの構造、抵抗特性などが相互に影響を及ぼし合い、きわめて複雑な性状を呈する。このため、河床波上の流れの三次元構造など、不明の点が数多く残されている。本論文は、種々の流れの可視化法、河床波の発達過程の写真観察などの方法を用いて、開水路の大規模乱流構造と河床波との関連を実験的に検討したものであって、得られた主な成果を要約すると、次の通りである。

1. 境界層流れの乱流構造および実河川における大規模乱流構造に関する従来の研究成果の到達点と問題点を明らかにし、二次流を含む開水路流れの大規模乱流構造の三次元的なモデルを提示した。
2. 水素気泡法による水路床近傍の流況の観察、移動カメラによる水路横断面内の流況の写真撮影、水面流況の連続撮影および水平断面内の流況の撮影といった流れの可視化法を用いた実験を行い、上記の乱流構造のモデルの妥当性を検証した。
3. 路床形態および水理条件を変化させて、それぞれにおける流れの内部構造を種々の流れの可視化法

を用いて写真撮影し、開水路の二次流の安定性に関する検討を行った。これらの実験結果から、実河川における二次流の安定性には、河床形態の規則性、河床粗度、レイノルズ数などが関与することを明らかにした。

4. 砂漣河床波上の流れの構造を、三次元流況の実体撮影、水面近傍の流況の平面撮影、固定波状路床上の流況の縦断面撮影といった方法によって可視化し、局所的に発生する斜めらせん流の構造およびそれが河床の洗掘、堆積に果たす役割を明らかにした。同時に斜めらせん流に伴う上昇流や下降流の発生状況を観察し、河床波が規則的に配列されているときには斜めらせん流も規則的に発生し、河床波上の流れには安定した二次流が形成されることを明らかにした。

5. 上記の斜めらせん流が河床波の発達にどのような役割を果たすかを実験的に検討することにより、砂漣と砂堆の発達過程の差異を明らかにし、それぞれの発達過程をモデル化した。その結果、河床波の発達に伴って砂漣では波長が波高の平方根にほぼ比例して増大し、砂堆の波長は波高にほぼ比例して増大するということが明らかとなった。

6. 移動床流れの次元解析的考察に基づいて、砂漣と砂堆の発生領域区分法を提案した。また、砂漣の形状特性がレイノルズ数と無次元ストリーム・パワーとに支配されるのに対し、砂堆の形状特性は無次元粒径と無次元ストリーム・パワーとに支配されることを明らかにした。

以上要するに本論文は、開水路の大規模乱流構造を明らかにするとともに、河床波と乱流構造との関連について検討を加え、これを基にして砂漣と砂堆の発達過程や形状特性における差異を流れの構造との関連のもとに明らかにしたものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。

また、昭和58年7月4日論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。