

【 240 】

氏 名	村 本 嘉 雄
	むら もと よし お
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工 博 第 114 号
学位授与の日付	昭 和 41 年 11 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 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	開水路彎曲流に関する研究
論文調査委員	(主 査) 教 授 芦 田 和 男 教 授 石 原 藤 次 郎 教 授 岩 佐 義 朗

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、開水路彎曲流の水力特性をその内部における運動機構との関連のもとに統一的に把握するために行なった研究について述べたもので、緒論・本文4章および結論からなっている。

緒論においては、開水路彎曲流の水力特性と実用上の諸問題との関連性および従来の研究の内容とその問題点を概述し、彎曲流における水力特性を統一的な立場から明らかにすることが非常に重要であるとして、本研究の方向を明らかにしている。

第1章においては、 90° 、 180° 彎曲水路を用いて実験的研究を行ない、水面形・断面平均エネルギーおよび主流・二次流の流速分布特性について論じている。まず、横断水面形については、とくに内岸・外岸の最大水位差に対し、従来用いられている主要な理論式を検討して、実際の水位差を過少評価することを指摘するとともに、理論式の仮定の問題点について考察している。断面平均エネルギーについては、背水曲線を基準として彎曲部によるエネルギー損失の増加量および影響域の長さを算定し、これらの値が流量の増加とともに減少することを明らかにしている。また、主流の流速分布によるエネルギー補正係数および運動量補正係数について検討し、直線流の値と著るしい差異のないことを確かめるとともに、エネルギー補正係数に対する二次流および横断方向の水位変化の影響も、急彎曲以外では無視できることを指摘している。つぎに、開水路彎曲流の内部機構を考察する上に重要な主流・二次流の計測法について検討を加え、Shukry の用いた球型ピトー管は自由表面の影響のためかなりの誤差を伴うが、ピトー管の茎部を水平に改良することによって十分その影響を取り除きうることを明らかにしている。また従来明確にされていない流向測定精度について、流れの速度こう配と差圧測定精度2点から検討した結果、後者の影響が大きい、本論文の場合最大 0.7° であって、十分な精度をもっていることを確かめている。さらにこの測定法によってえた主流・二次流に関する多くの資料から、彎曲流における主流の角運動量の移行過程、二次流の鉛直・半径方向の分布特性および局所的エネルギーの変化を論じている。

第2章においては、彎曲流の内部における流れの運動機構を明確にするために、直線流から彎曲流への

遷移過程に領域区分を与えるとともに、解析の方向を論じている。すなわち、流速測定結果から彎曲部の断面主要部における渦度分布を求めた結果にもとづいて、二次流の発生域・発達域・完全発達域の三領域を定義し、各領域の力学的機構の相異を明らかにしている。また、断面内の局所的な渦度分布についても検討し、壁面近傍を除いてこうした領域区分の有効なことを確かめている。さらに、境界条件・水理条件の異なる実験値より、各領域の範囲および支配的要素の影響を検討して、一般に発生域・発達域が重要な領域をなし、曲率半径と水路巾との比が領域の範囲を規定する主要素となることを指摘している。

第3章においては、二次流の発生域について、その限界を検討するとともに二次流の流速分布式を導き、実験値と比較して、その適用性を吟味している。まず、直線流の渦度に変形して二次流が発生するという概念にもとづいて、渦度保存則より層流・乱流の場合の二次流の流速分布式を誘導し、その分布形を対比するとともに、その特性が乱流の場合に実験値とよく一致することを確認している。つぎに、底面摩擦の影響を加味した場合について考察を試み、発生域の限界および限界点における二次流の流速分布式を導いている。こうした結果を彎曲部後半の実験値と比較検討し、理論式に含まれる諸定数を補正することによって、発生域の二次流の流速分布をも近似的に表わせることを指摘している。

第4章においては、彎曲流の極限状態である二次流の完全発達域について考察し、理論の適用性を実験結果より詳細に検討している。まず、管路、開水路を通じて従来よりなされている解析の方向を層流理論・境界層理論に大別し、各理論の仮定および解析上の問題点を明らかにしている。つぎに、三次元境界層理論に準拠して、Navier-Stokes の式および連続式より、上層部・下層部の流れの一般式を誘導し、上層部の流れについて、平均路床こう配を用いる簡易法と横断方向を水平とし水路中心線のこう配を用いる厳密法とによって解析を行なっている。その結果、いずれの場合も彎曲部の曲率が小さいときには、主流流速は外岸よりに増加することになるが、これは従来の実験事実に対応するものである。一方曲率が大きいときには、内岸近くで流速分布に極小点があらわれるという興味深い結果をえている。また曲率の小さい彎曲部の後半では、完全発達域としての流速分布・水面形の式で近似できることを明らかにしている。さらに、曲率の小さい場合、簡易法・厳密法による流速分布式の差異はわずかであって、強制渦分布の式に比して実験値との対応もよく、流量条件によっても影響されないことを確認している。下層部の流れについては、上・下層の流速の接続条件を考慮して連続の関係を重視した解析法と連続の関係と運動量式にもとづく解析法とを示し、上層部の流れとの関連を明らかにしている。

結論においては、以上各章でえられた結果を要約するとともに、本研究によって開水路彎曲流の解析法が確立され、その水理特性を統一的に把握することが可能になったとし、これらの研究成果は開水路彎曲流に関連する実用的諸問題を解明するための基礎となることを強調している。

論文審査の結果の要旨

開水路彎曲流の水理特性を統一的に把握することは、河川や人工水路などの彎曲部の合理的な設計に非常に有用であって、最近における河川工学および水理学上の大きな課題になっている。本研究は開水路彎曲流の内部機構を考察して、その解析法を解明するとともに、水理特性を統一的な立場から明らかにしたものである。

まず、開水路彎曲流の内部機構を考察するためには、高精度の主流・二次流の実測資料が必要であると、その測定法について検討した結果、従来用いられている球型ピトー管は自由表面の影響のためにながりの誤差を伴うことを見出し、この点を改良するとともに、従来明確にされていない測定精度について、流れの速度こう配と差圧測定精度の2点から検討を加え、著者の改良した測定法は十分な精度があることを確かめている。このことは、彎曲流の研究において従来大きな障害となっている二次流測定の困難さを克服するもので、注目すべきものである。

つぎに著者はこの測定法によってえた多くの資料から主流・二次流の流速分布・水面形およびエネルギー分布特性を論じ、多くの新しい事実を明らかにしている。

著者は、こうした水理特性を統一的に把握するために、断面スケールの渦度成分に着目し、それが主流方向にどのように変化するかを検討することによって、二次流の発生域・発達域・完全発達域の三領域を定義し、その水理特性を明らかにするとともに、解析の方法を与えている。また断面内の局所的な渦度分布についても検討し、壁面近傍を除いてこうした領域区分の有効なることを確かめ、さらに境界条件・水理条件の異なる実験値より各領域の範囲を検討して、一般に発生域・発達域が主要な領域をなし、曲率半径と水路巾との比が支配的な要素であることを指摘している。こうした考察は、彎曲流に関する従来の理論的研究の多くが主流方向に変化のない場合に限定されていて、実際現象との対応および適用範囲も十分に把握されていないのに対して、彎曲流の運動機構を統一的に把握し明確な理論解析の方向づけを行なったものであって、本研究が高く評価される大きな理由である。

本研究において展開されている理論解析は、著者の創意工夫によるところが多く注目すべきものであるが、いずれも実験値と詳細に比較検討されており、その適用限界について十分な信頼をおくことができる。すなわち、初期状態としての発生域については、渦度理論を用いて解析を展開しているが、とくに開水路で主要な役割をなす底面摩擦の影響を考慮し、渦度の拡散を加味した解析を進め、二次流の分布や発生域の限界についての考察を行ない、実験値によってその適用性を検討している。また完全発達域については、三次元境界層理論にもとづいて考察を展開しているが、従来主として下層部の解析に重点がおかれているのに対して、著者は上層部の圧力こう配が下層部の流れを支配することに留意して上層部の流れをも重視して解析し、従来明らかにされていない流速分布および水面形の特性を論ずるとともに、上・下層部の接続条件を考慮して解析の方向を示している。

以上要するに、本論文は開水路彎曲流の内部機構を考察する上に重要な主流・二次流の計測法を開発して詳細な実験を行なうとともに、彎曲流の遷移過程を明確にする領域区分を与えて解析法を確立し、水理特性を統一的に把握することに成功したものであって、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。