

【174】

氏 名	志 方 俊 之 し か た と し ゆ き
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	工 博 第 142 号
学位授与の日付	昭 和 43 年 9 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	開水路急変部の水理学的性状に関する研究

論文調査委員 (主 査)
教授 岩佐義朗 教授 石原藤次郎 教授 芦田和男

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、開水路急変部における遷移流のもつ水理学的な一般特性を明らかにするため、その基本的形状と考えられる水路幅に関する急拡・急縮をもって代表される水路をとりあげ、このような水路における流れが示す各種の水理学的特性を理論的ならびに実験的に研究したものである。とくに、遷移現象の分類・遷移水面形状・エネルギー損失・流速分布およびはく離領域について詳細な研究を行ない、その特性の解明を通じてこの研究の意義を明らかにしようとしたもので、緒論・3章および結論からなっている。

緒論においては、開水路急変部の種類を水路の幾何学的形状より分類し、それらのおのおのに関する研究の現状と実用上の諸問題との関連について述べた。とくに、これらの分類のなかでもっともしばしばあらわれる水路幅急変部の遷移流に関する統一的な水理学的特性の把握は、開水路水理学とその実際の応用の観点から重要であることを指摘して、この研究の方向と内容とを明らかにした。

第1章においては、各種の急拡部および急縮部をもつ長方形断面水路の流れについて詳細な実験を行ない、得られた遷移部における流れの局所的挙動を抽象し、遷移水面形状に関する一つのモデルを提案した。このモデルに対して一次元運動量解析法を適用して遷移現象を理論的に分類し、各種遷移間の臨界条件およびエネルギー損失係数について詳細な検討を加えた。まず、開水路急変部の遷移に対しては、流量・こう配および水路幅変化比によって9種類の水理特性が与えられること、また下流水深によって、遷移形式は常流遷移・射流遷移および両者の中間領域としての不安定遷移とに分類されることを指摘した。ついで、各遷移間の臨界条件に関して、急拡部の場合は水路幅変化比と下流の Froude 数とによって表わされるが、急縮部の場合は不安定遷移領域が明確でなく連続的な移行が行なわれるために、水路幅縮小比と流れの収縮係数との関係を規定する必要があることを明らかにしている。一方、急変部におけるエネルギー損失係数は、上・下流の水深比、下流側の Froude 数および水路幅変化比を用いた簡単な形式によって表わされることを知るとともに、それらは実験の結果とほぼ一致することを明らかにした。

第2章においては、急拡部における局所現象の詳細を取り扱った。すなわち、流れを拘束を受けた場に

おける噴流と類似の現象と考え、実験から得られた流れの挙動を抽象することによって対称および非対称流れのモデルを作り、その理論的解析と実験的検討を行なった。その結果、水路側壁の拘束効果を示す一つの実験的パラメーター σ を用いることによって、流速分布の特性、はく離領域の形状、流れの非対称性など、急拡大における流れの局所的現象の全貌が明らかにされることを示した。すなわち、急拡大における遷移流の流速分布測定を行ない、噴流理論の適用性について実験的検討を加えるとともに、はく離領域内に平均化した等逆流領域を仮定することによって、逆流の影響を考慮した急拡大近傍の流速分布形を明らかにしている。つぎに、噴流拡散に対して下流水路側壁がもつ拘束効果を表わすために、平均化された拘束係数 σm という形の指標を導入して、はく離領域の長さを求める方法を示し、実験の結果から σm の値を詳細に吟味した。さらに、側壁による Coanda 効果を導入した非対称流れのモデルをつくり、噴流の湾曲による遠心力の噴流拡散に対する抑制効果と逆流補給に関する側壁の拘束効果とを拘束係数の増加という観点から説明することによって、非対称はく離領域の長さを推定する一つの有効な方法を明らかにした。

第3章においては、急縮部における常流遷移流を実験にもとづいてモデル化し、自由流線理論および噴流理論の立場から、その上・下流に形成されるはく離領域の形状・大きさ・収縮係数など、急縮部における流れの局所的現象を取り扱っている。まず、上流側はく離領域に対しては、著者の実験結果と従来の実験結果ならびにポテンシャル流れとしての解析結果とを対比することによって、はく離領域の大きさと形状とを与えるそれぞれの実験式をえた。つぎに、下流側はく離領域に対する上流側水路側壁の影響を接近流の方向を示す流れの接近角として導入し、下流側水路側壁の影響は収縮した流れがさらに拡大する一つの急拡大とみなすことによってモデル化し、下流側はく離領域の形状と大きさを求める方法を提案し、流れの収縮係数と水路幅縮小比との関係を明らかにしている。

最後に結論においては、以上の各章で得られた結果を要約し、本研究によって開水路急変部、とくに水路幅の急拡大および急縮部における遷移流の水理学的特性を一貫した体系のもとに把握することができたことを明らかにするとともに、取水構造物や水路内障害物など各種の実際的水理構造物の計画・設計・施工に当たって必要な基礎的ならびに応用的資料を与えたことを強調している。

論文審査の結果の要旨

自然河川にはもちろんのこと、発電水力・かんがいなどに関する人工水路にも、水路の方向・断面形状・こう配・粗度といった特性が急激に変化するいわゆる急変部が含まれているのが普通であって、水路構造物の水理学的設計にあたる技術者の常に当惑する難問が急変部における流れの複雑な局所的挙動より生れる。こうした開水路の急変部のうち、水路幅の急変部はもっとも基本的な水路モデルであって、そこにおける遷移流の水理学的特性を一貫した体系のもとで把握することは、河道改修計画などにおける各種水路構造物の実際的设计の合理化を促進する上にきわめて重要な課題である。

本研究は、このような事情を背景として、各種の開水路急変部のうち、水路幅に関する急拡大と急縮部とを取り上げ、系統的な実験によってえられた遷移流の水理学的挙動を抽象した統一的なモデルを作成し、その解析的研究を展開することによって、開水路急変部の水理学的設計法に多くの新しい知見と基礎

資料を与えたもので、この研究の成果と意義もここにある。

まず、一次元運動量解析法によって急拡部および急縮部の遷移現象を系統的に分類し、緩こう配水路における常流遷移と射流遷移との臨界条件を従来のものより詳細に論じた。とくに、常流遷移と射流遷移との中間に新たに不安定遷移の領域を加えたことは特筆すべきことである。さらに遷移にともなうエネルギー損失係数の評価方法を示して、実験によってその適合性を明らかにしている。

このような一次元解析法によっては取り扱われえない急変部における局所的現象について、著者は多くの実験とそれによる解析を行ない、注目すべき多くの知見をえたが、これらはつぎのようである。

急拡部近傍における従来の流速分布計算法は逆流の影響を無視したものが多く、実際の現象を十分に説明しえなかったが、本研究では実験結果にもとづいてはく離領域内に平均化した等逆流領域を与えたモデルを作成し、逆流域・過動域・拡散域などの表現を区別した。このモデルによって従来のものに比してより詳細な解析をすすめることができた。さらに、噴流拡散に対する下流水路側壁による拘束効果を表わす一つの実験的パラメーターとしての拘束係数を導入して、はく離領域の形状・長さ・流速分布形の特性などを明らかにした。一方、急拡部のはく離領域は一般には非対称であるが、著者はこれをいわゆるCoanda効果とし、非対称流れのモデルを用いて解析をすすめ、噴流の弯曲による遠心力の噴流拡散に対する抑制拘束と逆流補給に関する側壁の拘束効果とを拘束係数の増加という考えより説明した。

急縮部近傍の上流側はく離領域に対して、著者の行なった実験結果と従来の多くの実験結果ならびにポテンシャル流れとしての解析結果とを対比して、はく離領域の大きさや形状とに関する実用性のある実験式をえている。また、下流側はく離領域に関する従来の取り扱いは、いずれも無限領域内の不連続部における二次元ポテンシャル流れとしてのものであり、しかも上流側はく離領域あるいは接近流の方向などの関連性について全く考慮されていない。著者は有限幅水路内のはく離に関し、上流側水路側壁の影響を接近角として導入し、さらに下流側水路側壁の影響は、収縮した流れが下流側水路内で拡大する一つの急拡部と表現されうるとして解析する方法を提案した。その結果はすべて実験によって対比され、急拡部の場合と同様に拘束係数の増加という形によって現象を説明している。これによって一次元解析にあたって重要な課題であった収縮係数と水路幅縮小比との関係、さらには急縮部の影響範囲を推定するために必要なはく離領域の大きさを求めうることができた。

要するに、本論文は開水路幅の急拡部および急縮部における遷移流の水理学的特性を統一的に把握することによって、流入口・流出口を初めとする各種水構造物、水門・水制・橋脚・水路内障害物など、多くの水理構造物の近傍における流れの局所的現象を解明し、これらの合理的設計に必要な基礎的資料と数多くの注目すべき理論的・実験的研究成果を示したものである。本研究による急変部における局所的現象に関係する支配的要素の明確化は、これらの現象を記述する系統的な水理学的解析法の一方向を与えたのみならず、えられた成果は学術上・實際上寄与するところがきわめて大きく、よってこの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。