

|             |                         |
|-------------|-------------------------|
| 氏 名         | 今 本 博 健<br>いま もと ひろ たけ  |
| 学 位 の 種 類   | 工 学 博 士                 |
| 学 位 記 番 号   | 論 工 博 第 468 号           |
| 学位授与の日付     | 昭 和 46 年 11 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 | 開水路流れの乱れに関する水理学的研究      |

(主 査)  
論文調査委員 教授 岩佐美朗 教授 石原藤次郎 教授 中川博次

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、開水路水理学におけるもっとも基本的な研究課題でありながら、従来比較的研究の進んでいなかった水流における乱れとその解析法を取り扱い、水流における乱れの計測に関する理論とその実際の応用を展開し、また得られた結果より開水路水流の微細構造を水理学的に説明しようとしたものであって、緒言、3編および結言から成っている。

緒言では、開水路水理学における乱れの研究の重要性とその意義を述べ、本研究のとるべき立場とその内容を示した。

第1編は、開水路水流における乱れの基本的特性を取り扱ったもので、以下に示す4章から成っている。

第1章では、乱れと拡散に関する Euler および Lagrange 的解析法の基礎を示すとともに、開水路水流の基礎をなす平均流速分布形について運動量輸送理論より考察を進め、従来の研究成果を比較検討した。

第2章では、乱れの統計的性質、すなわち、確率分布、相関およびスペクトルを開水路水理学の立場より論じ、開水路水流における乱れでは、水路幅と水深との比が重要な要素となることを明らかにした。

第3章では、開水路水流の Reynolds 数がきわめて大きいことから、その相似性に着目して、乱れの強さ、平均スケールならびにエネルギー逸散率に関する普遍関数表示を検討した。その結果と従来の研究成果とを比較してそれらの優劣度を明らかにした。

第4章では、乱れの空間的特性を取り上げ、凍結ならびに非凍結乱流を検討し、両者の開水路水流における卓越領域を明らかにした。

第Ⅱ編は、開水路水流における乱れの計測法から実験資料の処理法にいたる種々の問題点の解明を行なったもので、3章から成っている。

第1章では、開水路水流の乱れ計測器として用いられている回転式流速計、総圧管式流速計、各種の熱式流速計、超音波式流速計などの特徴とその性能を理論的および実験的に比較し、室内実験では熱式流速

計のうちのホットフィルム流速計が、また野外実測では回転式流速計が優れていることを明らかにするとともに、流れ方向以外の乱れ成分の測定には、超音波式流速計がもっとも適していることを指摘した。

第2章では、乱れの計測と得られた資料の処理においてもっとも重要な要素である計測スケールを概念的に理論的に取り扱い、乱れ計測におけるその基準の選定を明らかにした。

第3章では、第I編で検討を加えた乱れの強さ、平均スケールならびにエネルギー逸散率の実験資料からの解析と評価法の検討に関する種々の方法を提案した。

第III編は、ホットフィルム流速計による室内実験ならびに回転式流速計による野外実測を通じて、開水路水流における乱れの水理学的特性を明らかにしようとした4章から成っている。

第1章では、この研究を中心として、開水路水流の乱れ計測に関する Euler ならびに Lagrange の方法とその装置の実際について詳述するとともに、とくに実験資料の処理法の全体的計画を明らかにした。

第2章では、Euler 的方法による流れ方向および鉛直方向の両成分に関する一点測定を示すとともに、その結果を局所的平均流速分布、確率分布、相関ならびにスペクトルの各特性として詳細に論じ開水路水流における乱れの挙動を明らかにした。

第3章では、多点計測によって乱れの空間的特性を明らかにしようとした。とくに、自由表面近傍ならびに水路底面近傍における乱れの特性より、開水路水流の微細構造と巨視構造との関連性を定性的に論じた。

第4章では、自由表面上を浮流する中立固体粒子の運動軌跡を追跡するという Lagrange の方法による計測を行ない、分散過程と各種の Lagrange 的特性量とを比較検討し、乱流拡散の基本的概念を明確にした。

結論は、以上の各編・各章の研究果をとりまとめて要約したものである。

## 論文審査の結果の要旨

開水路水理学における乱れと拡散はもっとも基本的な重要研究課題であるが、従来、それらの直接的な研究は比較的等閑視されてきた。その原因には多くの理由が挙げられるが、最大のものは水流における乱れの計測に関する技術的な困難さと、それにもとづく決定的な資料処理法の未開発である。

この研究は、上述の事情を背景とし、各種の流速計、とくに室内実験ではホットフィルム流速計、野外実測では回転式流速計による開水路水流の乱れの測定と得られた資料の統計的処理とを理論的かつ実験的に取り扱い、開水路水流のもつ乱れと拡散に関する水理学的特性を明らかにするとともに、水流の微細構造と巨視構造との関連性を定性的に論じようとしたものである。

得られた研究成果は大別して、開水路水流における乱れの基本的特性に関する部分、乱れの計測法と資料処理法に関する部分、ならびに実験的研究による乱れの水理学的特性の解明という三つであって、それらの主たる内容を示すと、次のようである。

### (1) 開水路水流における乱れの特性について

1. 開水路水流の乱れに関する統計的諸特性を検討し、確率密度分布においてはひずみ度が速度変動に密接に関連していること、また相関関数より構造関数が実際的な取り扱いにおいて優れていることを明ら

かにした。さらに、Kolmogoroff の相似則より、粘性領域におけるスペクトルの $-3$ 乗則が構造関数との対応性より導かれている。

2. 乱れの強さ、相関関数およびエネルギー逸散率という特性量の普遍関数表示間における不備を指摘し、その妥当な統一表示をうるには、摩擦抵抗係数を大きく変えた実験によって検証されなければならないことを示した。この結論は第Ⅲ編における研究の中心課題の一つとなっている。

## (2) 乱れの計測法と資料処理について

1. 開水路水流に関する各種の流速計を詳細に検討し、室内実験ではホットフィルム流速計が、また野外実測における流れ方向の成分測定として回転式流速計、多成分同時観測として超音波流速計が適していることを明らかにした。

2. 瞬間値評価時間および平均値評価時間という計測スケールを乱れの特性量との関連から論じ、実験によって得られた資料の処理法に明確な基準を与えた。その結果、平均速度の計測には瞬間値評価時間の大きい流速計が有利であるが、乱れの測定には逆にできるだけその小さい流速計が望ましいことを明らかにした。また、乱れの測定にともなう資料処理の簡易化を行なうには、ある程度の大きさの平均評価時間をもつ計測を繰り返し、その期待値をとればよいことを示した。

3. 計測資料より各種の乱れ特性量を評価するには、スペクトルによる方法が望ましいことを明らかにした。とくに、開水路水流は乱れ構造を支配するスケールが多重性であるから、この方法が有利となるはずである。

## (3) 実験的研究による乱れの水理学的特性について

1. Euler 的な一点計測によって、理論的研究の成果を実証した。すなわち、二次元水流は水路幅が水深の10倍以上になれば得られること、二次元水流の乱れのスペクトルより慣性領域および粘性領域が確認されたこと、また乱れの特性量に関する普遍関数表示には、平均スケールとエネルギー逸散率を基準にした表示式の適合性がよいことを明らかにした。

2. 多点計測によって、水路幅方向の拡散は流れ方向や水深方向の拡散に比し、著しく限られていることを確かめた。

3. 自由表面を浮流する中立固体粒子による Lagrange 的計測により、Taylor の拡散理論に基づく多くの結果を実証するとともに、Euler スペクトルの $-\frac{5}{3}$ 乗則に対応する $-2$ 乗則の確認を行なった。

要するに本論文は、開水路水流の乱れに関する統計的な特性の解明を理論的かつ実験的に行なったものである。得られた多くの注目すべき成果は、いずれも基礎的なものであるが、それらの開水路水理学ならびに河川工学における応用はきわめて広汎にわたり、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。