

|             |                              |
|-------------|------------------------------|
| 氏 名         | た だ あき ひで<br>夢 田 彰 秀         |
| 学位(専攻分野)    | 博 士 (工 学)                    |
| 学 位 記 番 号   | 論 工 博 第 3396 号               |
| 学位授与の日付     | 平 成 11 年 1 月 25 日            |
| 学位授与の要件     | 学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当      |
| 学 位 論 文 題 目 | 遷移流れの水理解析法とその地下水路系への応用に関する研究 |

(主査)

|        |             |             |             |
|--------|-------------|-------------|-------------|
| 論文調査委員 | 教 授 井 上 和 也 | 教 授 村 本 嘉 雄 | 助 教 授 細 田 尚 |
|--------|-------------|-------------|-------------|

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、開水路あるいは管路において、ある状態から他の状態へ時間的、場所的に遷移する流れに関して、水理学的な観点から考察するとともに、その成果を地下水路系の水理設計法へ応用しようとしたもので2編8章から成っている。

第1編では一次元の時間的遷移流れがおもに扱われている。第1章においては、本編で対象とされる不連続の伝播が、特性曲線の伝播に他ならないことから、遷移流れにおける特性曲線理論の重要性を強調している。

第2章では、まず運動量解析法に基づく保存則系を用いたランキン・ユゴニオの跳躍条件が、理想段波の關係に一致することを示し、ついで、ダイナミック・ウェーブの発達性から得られるショック(段波)の発生条件が、同族の特性曲線が収束する条件と一致することを底こう配項や摩擦項を考慮に入れて導き、段波が同族の特性曲線の収束の結果であることを明らかにしている。

第3章では遷移部を含む一次元流れの数値解析法が考察されている。すなわち、2次内挿を用いた特性曲線法および移流項にドナーセル法を導入したリープフロッグ法を提案している。つぎに、シミュレーション解析により、変化の最も急な段波に関してはドナーセル法が高い再現性を有すること、しかしもう少し緩やかな単斜上昇波では2次内挿の特性曲線法でも十分な再現性が得られること、さらにダム貯水池からの放流が問題となる実河川では水路の非一様性が強いいため、現実には1次内挿の特性曲線法が最も実用的なこと、などの結果を得ている。

第4章では水路の上流および下流で水位が与えられたときの遷移流れを扱っている。まず、二点境界値問題として鉛直加速度を考慮した定在波の基礎式を用いて、波状跳水による遷移としてクノイド波と孤立波を接続する方法、および渦動粘性項を導入してこの接続を自動化する方法を示している。また、強跳水による遷移の解析法、およびそれをさらに高度化した鉛直加速度項に減衰関数を導入するモデルも提示している。これらによる解析結果と実験結果を比較して、広い範囲の水理条件に対して本章の解析モデルが有効なことを確かめている。

第2編では地下水路系に発生する遷移流れが扱われている。第1章では、地下放水路や地下河川の実例から地下水路系では開水路流れと管路流れの共存と遷移が水理学的に最も重要な課題であることを指摘している。

第2章では、非圧縮性の2次元平面流れを対象に、地下水路系の流れを管路部、開水路部、境界部の3領域に分割し、それぞれの領域における流れの数値解析法を誘導するとともに、境界部の移動を追跡しながら全領域を解析する基本的な方法を提示している。また、この解析モデルをゲートの部分的急開によって生ずる流れに適用し、境界部の平面的な伝播過程が再現されることを検証し、モデルの有効性を確認している。

第3章では、管路系においてポンプの不良などによって流量が急遮断されたときに生ずるサージングの水理実験を実施し、管路内の圧力波には遮断後の揺れ戻しで生ずる波と揺れ戻しが上流端で反射し段波となって伝播してくる波の二通りがあること、遮断前の流量が大きいほど遮断後の圧力の最大値が大きくなること、立坑が下流側より上流側に存在するときの方が圧力の最大値が大きいこと、などをみだしている。また、空気が管路内に閉塞された場合でも、実用的には前章の解析モ

デルがそのまま適用されうるとしている。

第4章では地下水路系からの排水過程に相当する満管路内への空気泡の侵入を扱っている。第2章と同様に流れの場を3領域に分けているが、開水路部下流の水深が大きい場合には段波が生ずることから、境界部近傍の開水路水面形状の解析には鉛直加速度を考慮に入れる方法を導いている。この改良や、また段波が碎波する場合には鉛直加速度項にさらに減衰関数を適用することにより、開水路部の急激な水位変化を再現し、排水過程における水面形状の解析精度を高めている。

最後に、以上の成果を要約して結論としている。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、開水路における空間的あるいは時間的な遷移流れ、および管路流れと開水路流れが共存する遷移流れの解析法に関して、水理学的に研究するとともに、都市の治水対策にとって重要な地下水路系の水理設計への応用を考察したものであり、得られたおもな成果は次のようである。

- 1) 段波という遷移に関して、底こう配項と摩擦項を考慮して特性曲線の変化を追跡し、同族の特性曲線の収束が段波の発生条件に他ならないことを明らかにした。
- 2) 2次内挿を用いた特性曲線による数値解析法を新たに誘導し、従来の方法との比較よりこの方法がかなり時間的变化の急な遷移流れにも適用できることを示した。
- 3) 上・下流で水位が与えられた遷移流れに関して、定在波理論によって水面形解析法の定式化を行い、実験的検証から波状跳水遷移や強跳水遷移の統一的取り扱いを可能にした。
- 4) 地下水路系の流れを管路部、開水路部および境界部の3領域に分割し、境界部の時間的移動を含めてそれぞれの領域の解析法を導くとともに、水理実験によりこの方法の有効性を確かめた。
- 5) 流量急断に伴う管路内のサージ特性を実験的に明らかにするとともに、圧力波の挙動に関して本研究の解析モデルが実用的に十分な適用性を有することを示した。
- 6) 地下水路系からの排水過程に関して、水理実験の結果より境界部近傍の水面形状を高精度に解析できるモデルを導いた。

以上要するに、本論文は遷移流れの水理解析モデルを開発し、その応用によって地下水路系の設計法の高度化を広く考察したもので、得られた成果は学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成10年11月24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。