

氏 名	田 中 成 尚
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 1922 号
学位授与の日付	平 成 12 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 土 木 シ ス テ ム 工 学 専 攻
学位論文題目	不完全観測下における都市雨水排水施設運用計画に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 岡 田 憲 夫 教 授 池 淵 周 一 助 教 授 多 々 納 裕 一

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、都市域で発生する浸水被害の防止・軽減と、都市域の路面など面的な汚染源から発生する汚濁負荷流出による環境被害の軽減という課題を取り上げ、既設の雨水排水施設の有効利用が効果的であることを明らかにするとともに、この種の施設の運用計画立案方法を提示したものである。

都市の雨水配水施設では水平湛水を仮定できない。ダム貯水池のように水平湛水が仮定できるような施設では、単一の水位のみの観測情報を用いて貯水量等の状態量を推定することが出来る。このため、この種の施設の運用計画を設計する場合には、状態量が完全観測であると仮定しても問題は生じない。しかしながら、都市雨水配水施設では、水平湛水の仮定は現実的妥当性を欠くため、採用することは出来ない。この場合、有限の水位の観測値のみでは系内の状態量の値すべてを再現することは出来ないから、観測条件は本質的に部分観測の状態にある。そこで、本論文では、雨水排水施設の運用計画問題における状態量の部分観測性に着目し、雨水排水施設の運用のための制御ルール設計方法を開発している。この際、部分観測状態の下での最適運用ルールの設計モデルを定式化し、有限な観測情報に基づく制御ルールの中に最適ルールが存在することを示している。さらに、若干の近似を加えた実用的なモデルを提示し、実流域への適用を通じてその精度が比較的高いことを示している。

本論文は、全6章で構成されており、その内容は以下の通りである。

第1章は序論であり、研究の背景と問題意識について述べた後に、論文の構成を示している。具体的には、まず、都市に多発する浸水被害の現状について述べるとともに、近年関心が高まりつつある路面等の面汚染源からの汚濁流出に伴う水質汚染の状況について概説している。これによりこの種の汚濁対策を進める上で、既設の雨水排水施設の多目的な利用が効果的であることを示した。次いで、当該施設の運用計画を立案する際には、状態量の不完全観測性が本質的な問題であることを示し、その克服を本論文の主要な課題として位置付けている。その上で、論文全体の構成を示している。

第2章では、既往の研究を整理し、問題点を整理するとともに、本研究のアプローチの特徴について述べている。この際、対象施設を水平湛水の可能性と観測情報の完全性に着目して整理を行うことで、制御ルールの設計モデルが分類できることを示した。さらに、本研究で対象とする都市雨水排水施設の運用問題では水平湛水の仮定が妥当でないことに言及するとともに、その結果として観測情報の不完全性が必然的に生じることを示している。さらに厳密な操作ルールを設計するためのモデルの構成法やその実用的な近似法について概説している。

第3章では、現実用いられている水位の観測精度が比較的高いことを考慮して、不完全観測状況のうちでも部分観測の状況に着目することが必要であることに言及し、部分観測のもとでの最適制御ルールの厳密解を導出するモデルを提案している。一般に、不完全観測の下では過去のすべての観測情報の履歴に対して、放流量を対応づけるルールとして最適な操作ルールが表現される。このため、最適な操作ルールを実際に求めることは特殊な例外を除いて不可能である。本章では、部分観測の状況下という仮定のもとに、水理学的知見を応用することによって、有限期の履歴の関数として操作ルールが導出できることを示している。

第4章では、実用性の観点から観測系と制御系を分離した近似モデルを提案し、その性能に関して数値実験を通じて分析を加えている。この際、特に、操作変数である放流量の実行可能領域が事前に定まらない不確定な制約となることに着目し、目標放流量という概念を操作ルールに導入することによって、近似モデルの解が求められることを示している。

第5章では、モデルを実流域へ適用し、施設の流下能力や降雨の地域分布などが計算結果に与える影響について具体的に検討している。その結果、近似モデルの精度が比較的高く、計算効率上からもその適用可能性が高いことを明らかにしている。

第6章は結論であり、本研究で得られた成果が取りまとめられるとともに、この分野の研究を発展させていくために今後取り組んでいくべき課題が整理されている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、近年の都市域で頻発する浸水被害の防止・軽減、ならびに都市域の路面などの面源から発生する汚濁負荷流出防止の両方の観点から、都市に既に整備されている雨水排水施設の有効利用を行うことの必要性に着目し、関連施設の運用計画問題を取り上げ、計画論的に検討した結果をとりまとめている。得られた主な成果は以下のとおりである。

1. 現実に用いられている水位の観測精度が比較的高いことを考慮して、不完全観測状況のうちでも部分観測の状況に着目することが必要であることに言及し、部分観測のもとでの最適制御ルールの厳密解を導出するモデルを提案している。

2. 不完全観測の下では過去のすべての観測情報の履歴に対して、放流量を対応づけるルールとして最適な操作ルールが表現されること、ならびに部分観測の状況の下で水理学的知見を応用することによって、有限期の履歴の関数として操作ルールが導出できることを示している。

3. 実用性の観点から観測系と制御系を分離した近似モデルを提案し、その性能に関して数値実験を通じて分析を加えている。この際、特に、操作変数である放流量の実行可能領域が事前に定まらない不確定な制約となることに着目し、目標放流量という概念を操作ルールに導入することによって、近似モデルの解が求められることを示している。

4. モデルを実流域へ適用し、施設の流下能力や降雨の地域分布などが計算結果に与える影響について具体的に検討している。

以上、要するに、本論文は雨水排水施設の運用計画問題が、観測情報の不完全な状況下でなされる操作ルールの設計問題として特徴づけられることを示し、部分観測のもとでの最適制御ルールの設計モデルおよび水理学的知見を応用した近似モデルを提案し、これらのモデルの適用条件や現実の問題に適用する際のモデルの構成方法について明らかにしたもので、その成果は学術上、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12年2月22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。