

審査の結果の要旨

氏名 長岩 明弘

本研究は、「オンライン流量・負荷量予測モデルの開発と浸水防除と合流改善のための下水道施設運転手法の研究」と題して、7つの章から論文を構成している。

第1章では、研究の背景と目的、および論文の構成を述べている。

第2章では、合流式下水道排水区における施設運転や制御に関する国内外のリアルタイムコントロールの研究事例、オンライン流量や汚濁負荷量の予測手法について詳細に整理している。

第3章では、実際の合流式下水道排水区（排水面積 168.7ha、計画処理人口 14600人、管路数 934本）を対象にして、地表面および管路内の堆積物負荷流出を考慮した分布型モデルによる連続シミュレーションを通年で実行し、そのうちの数降雨の雨天時観測データが再現できるようなパラメータの検定を行っている。このパラメータに基づいた流出量解析では、降雨強度、降雨量が異なる数降雨について、計測値と計算値の流量の二乗誤差平均平方が最大流量の10%以下になることを確認している。また、SSに関する汚濁負荷量解析では、地表面堆積モデルの増加係数を 1.85kg/ha/day、地表面堆積物および下水由来の粒子状物質の比重を 1.4 とすることで、再現性のある計算結果が得られることを示している。これらの結果は、複数の降雨データを用いて検定を十分に行った分布型モデルのシミュレーション結果を、オンライン予測モデルの開発における代替計測値として利用できることを示唆している。

第4章では、オンライン流量予測モデルを構築するために、モデルの同定が容易で、迅速な計算が可能なシステム同定手法（線形モデル）の適用を試みている。様々な降雨条件でパラメータ検定された分布型モデルによる流量計算結果を代替計測値として追加し、降雨入力情報に初期損失や浸透能を加味することで、流量予測精度が著しく改善されることを示している。本章で提案された流量予測モデルは、雨水貯留施設運用や越流負荷削減対策に対して、十分な精度を有した流量予測データを提供できることを示唆している。

第5章では、合流改善のためのオンライン負荷量予測モデルの構築を行っている。越流地点（吐け口）における汚濁負荷量は、時系列の計測データを用いたAR（Auto Regressive）モデルで予測可能なものの、ファーストフラッシュ現象のように負荷量が急激に変動する場合には、1タイムステップの予測遅れが見られることを明らかにしている。この遅れの問題を解決するために、先見情報として上流管路の負荷量の時系列データを追加入力するARX（Auto Regressive eXogenous）モデルを提案している。有用な先見情報となる上流管路の選択にあたっては、分布型モデルによる雨天時汚濁流出解析結果をもとに、予測地点と上流管路地点の間の負荷量の相関解析に加えて、最上流端からの管路内汚濁負荷の累加堆積量や流下時間の解析が有効であることを示している。

第6章では、浸水防除と合流改善を効果的に達成するためのトレードオフ運転手法の開発を行っている。具体的には、浸水対策用の雨水貯留施設を合流改善にも活用する場合を想定し、評価指標の提案と運転手法を検討した結果を示している。貯留施設の残留分を示す浸水回避余裕率や合流改

善を示す総流入負荷量に対する負荷削減率といった指標を採用することで、トレードオフの状況下において、貯留施設の運転管理者の意思決定を支援するオンライン情報と予測情報を提示し、実際の運転手法の例を示している。現段階では、模擬的な下水道ネットワークと貯留施設を仮定して、30分先までの予測をしながらトレードオフ運転手法を評価し、初歩的なリアルタイムコントロール手法の適用可能性を検討している。しかし、浸水リスクと合流改善の評価指標が改良され、降雨予測精度が向上することで、より実務者に有用な下水道施設のオンライン運転手法の開発につながる可能性を指摘している。

第7章では、上記の研究成果から導かれる結論と今後の課題や展望が述べられている。

以上の成果では、降雨、流量や負荷量などの時系列データを入力とした高速計算可能な簡易なモデル構築手法を提案して、合流式下水道排水区における流量・汚濁負荷量のオンライン予測（10～30分程度）の適用可能性について考察を行っている。時々刻々と変化する状況下において、浸水回避と排出負荷量削減につながる施設運転手法の選択方法を議論したことは、今後のリアルタイムコントロール手法の開発に役立つだけでなく、降雨予測等が改良されることで実務レベルにおいても将来活用が期待される成果であり、都市環境工学の学術の進展に大きく寄与するものである。

よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。