

氏名	横川 勝也
所属	都市環境科学研究科 都市環境科学専攻 都市基盤環境学域
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	都市環境博 第 204 号
学位授与の日付	平成 29 年 3 月 25 日
課程・論文の別	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題名	配水管網における漏水管理のための水圧制御に関する研究
論文審査委員	主査 稲員 とよの 教授 委員 横山 勝英 准教授 委員 荒井 康裕 准教授 委員 小泉 明 特任教授

#### 【論文の内容の要旨】

水道システムは、河川やダム等から取水した原水を浄水処理し、配水管網を経て各需要家に水を安定的に供給している。この中でも、配水プロセスにおける送水・配水管は、日常生活を維持する上で必須となるライフライン網としての役割を担っており、高度な信頼性を持って恒常的に機能する必要がある。

送水・配水管は水道施設の資産全体の約 7 割を占めており、その大半が昭和 30 年代後半から昭和 40 年代に布設されたものである。そのため現在では、耐用年数 40 年を超える老朽管の割合が平成 26 年度末で全国平均 12.1%を占め、管路破断などの事故発生のリスクが増加してきている。また、水資源の有効利用の観点からは漏水量の削減が求められるが、世界トップクラスである我が国の漏水率でも約 7%であり、世界的に見ても未だ多くの貴重な水資源が漏水しているのが現状である。さらに、環境負荷低減の観点から、国内電力消費の約 1%を占める水道においてもエネルギーの削減が着目されている中、水の輸送に係るエネルギーが約 7 割を占めており、配水プロセスにおける省エネルギー化の取り組みが求められている。

管路破断事故に対するリスク回避や漏水量の削減、省エネルギー化といった目標を達成できる配水プロセスを構築するためには、老朽管更新など設備面からの対策に加え、比較的初期投資を低く抑えることができ、高い費用対効果が期待できる配水コントロールによる運用面からの対策が重要である。配水コントロールでは、水量・水圧・水質の把握が前提となるが、広範囲な地域住民に水を届ける配水管網の特性上、十分な数のセンサを設置できていない現状にある。特に水圧に関しては、水道施設の変更に応じて安定供給に必要な水圧を確保する程度の調整しか行われておらず、時々刻々と変化する配水管網内の流況

に応じた配水コントロール方法の確立が喫緊の課題であると言える。

そこで本研究では、浄水の安定供給にとって重要なファクターである水圧に着目し、今後の配水コントロールに求められる水圧調整、水圧監視、水圧制御の在り方について検討する。すなわち、限られた箇所での水圧測定データをもとに夜間の余剰水圧を抑制することによる漏水削減効果の定量化や、複数箇所における秒単位での測定時間間隔による水圧監視に基づいて管路破断事故位置の推定方法を構築するとともに、隣接する配水ブロックの水圧測定データを相互利用して消防用水量などの突発的な水需要量の増加に対してロバストな水圧制御による省エネルギー化手法を提案するものである。

第 1 章は序論であり、水道における管路の役割と配水コントロールの重要性と課題について述べるとともに、本論文の構成を示す。

第 2 章では、本研究で対象とする監視制御システムにおける配水コントロールの機能概要と末端圧力制御の方式について述べるとともに、末端圧力制御の導入による漏水削減効果やエネルギー削減効果を試算する方法について考察する。

第 3 章では、限られた箇所における水量・水圧測定を用いて配水管網での運用改善に繋げるため、運転日報データのみを入力情報とした配水プロセスにおける夜間余剰水圧の分析手法を提案する。時間別配水量と水圧データを用いて、配水管網内における末端圧力の変化を時系列で推定し、余剰水圧が発生している時間帯を特定するとともに、この余剰水圧を抑制することによる漏水削減効果を示す。

第 4 章では、漏水事故時に生じる周辺の水圧変化を秒単位で捉え、管網モデル等の配水管網のネットワーク構造のデータを用いることなく、複数水圧計間の反応時間差から事故位置を推定する手法を提案する。一般に配水区域入口に設置している流量計データの急激な上昇で管路破断の漏水事故検知は可能であるが、地上に現れない漏水の場合にはその位置を迅速に特定することは困難である。提案手法が迅速な位置特定に有効であることを実データで検証するとともに、水圧センサ数や測定時間間隔に対する位置特定領域面積の関係について明らかとする。

第 5 章では、水圧制御の新しい方式である分散協調制御を提案する。一般的な圧力制御では比例-積分制御 (PI 制御) 方式が用いられているが、分散協調制御は外乱に対する速応性を向上できる。配水管網内の水圧が有事の際にも負圧にならないよう、一定の余裕度を加味した目標水圧を維持するよう考慮しているが、この余裕度は安定供給に寄与する一方、ポンプ圧送による配水プロセスの場合には消費エネルギーの増加になる課題がある。この課題に対し、分散協調制御による速応性の向上により、水圧の余裕度を最低限にすることで省エネルギー化が可能であることを示す。

最後に第 6 章では、上述した研究成果を総括するとともに、配水コントロールを用いた運用面からの対策により、持続可能な配水管網システム構築への積極的な貢献ができることを提案する。