

## 審査の結果の要旨

氏名 浅田 洋平

国内で戦後から高度経済成長期にかけて整備された多くの農業水利施設が耐用年数を迎える中、それらの事故や機能低下が近年の問題となっている。中でも農業用管水路については、毎年多くの漏水事故が報告されており、その漏水位置の迅速で正確な特定は喫緊の課題といえる。本論文は、水理学的手法を用いて新たな漏水検知法の提案を行ったもので、以下の結果が得られている。

第 1 章では、研究の背景と対象が述べられている。農業用管水路の漏水に起因して発生する事故は、周辺環境への被害補償や管の修理に多大な費用がかかるため、その存在と位置をできるだけ迅速かつ正確に検知することの重要性が指摘されている。このため他手法と比べ、低コスト、少労力での漏水検知が期待される「管内の過渡現象を利用した漏水検知法 (Transient Test-Based Techniques、TTBTs)」についての研究開発の重要性が提起されている。

第 2 章では、漏水検知に関する既往の研究とそれらの問題点が整理されている。管路内の過渡流れに関する既往の研究と本研究で使用する 1 次元水撃作用モデルが詳述され、TTBTs における 4 つの既往手法の特徴が議論されている。そして、適用が容易で迅速な漏水検知を可能とする手法として、漏水部からの反射波を利用する手法と周波数領域の圧力波減衰を利用する手法の問題点を改め、これらを発展させた二つの漏水検知法を開発することが提案されている。

第 3 章では、圧力変動を用いた新たな漏水検知法を開発を行っている。一つ目は、漏水部からの反射波と最適化手法を組み合わせた漏水検知法 (手法 1) である。漏水部からの反射波による圧力変化の式と最適化手法を組み合わせることによって、漏水がない場合とある場合の圧力波形の比較から自動的に漏水による圧力変化を捉え、漏水検知を行うアルゴリズムを開発している。二つ目は、時間領域の圧力波形の減衰を利用する漏水検知法 (手法 2) である。漏水部の圧力変化が摩擦による Line Packing の影響で、圧力波の通過後も圧力上昇を続けるという現象を考慮し、漏水によるエネルギー減衰をモデル化してそれに基づく圧力波形の減衰式を導出している。そして、圧力の計測値から摩擦による減

衰係数と漏水による減衰係数を求め、後者と解析的に求めた漏水の減衰係数から漏水位置を推定する手法を開発している。数値シミュレーションによる検証では、いずれの手法も一定の条件の下に漏水を検知でき、十分に現場へ適用可能な手法であることを確認している。

第 4 章では、模型管路実験や現場管路実験による新たな漏水検知法の有効性検証を行っている。模型管路実験では、全長 900m、管径 24.2mm のステンレス鋼管を対象に、手法 1 では 1~3 箇所 of 漏水位置を 2%以下の誤差で、手法 2 では 3 つの異なる位置にある 1 箇所の漏水位置を 6%以下の誤差で検知できた。また現地管路実験では、新潟県佐渡市にある全長 18km の鋼管とダクタイル鋳鉄管を対象に、手法 2 の漏水検知法が適用された。排泥弁による模擬漏水の位置を 3 パターンの制水弁初期開度に対する閉塞による圧力変動で推定したところ、その誤差は 0~0.2%であった。以上の結果から、これらの手法が管水路の漏水位置の絞り込みに十分に有効であることが示されている。

第 5 章では、新たな漏水検知法の適用範囲と今後の課題が整理されている。手法 1 では、多点漏水や管路構造による圧力波形の変化にも対応できるが、現場での適用試験を増やすことが課題であること、また手法 2 では、漏水 1 箇所の圧力波形の減衰と漏水位置との関係を簡便かつ瞬時に求めることができるが、漏水量の測定誤差が漏水位置の推定に大きく影響するため、管路構造や圧力波形の影響を考慮した減衰モデルの改善が課題であることが指摘されている。

本論文では、二つの新たな漏水検知法が提案されるとともに、それらに関する深い学術的な考察、数値シミュレーションによる検証が行われ、さらに室内実験や、これまで報告されたことのない現地管路を用いた実証試験など、実務上の応用に向けて精力的に取り組んだ成果が取りまとめられている。また、本論文の研究に関連して、7 報もの原著論文が上梓されている点も評価に値する。公開発表および審査会においては、本論文が農業用管水路における水理学的な手法に基づく漏水検知法に新たな学術的な知見を与えるとともに、応用上もその実用化に向けて大きく貢献する貴重な成果であるとする高い評価を受けた。また、今後の研究の展開に対する期待や要望も複数挙げられた。一方で、論文に使用されている用語の定義や体裁に関する改善点が複数出されたが、このうち改善が必要な点については、すでに修正がなされている。

よって、審査委員一同は、本論文が博士（農学）の学位論文に値するものであると認める。