

令和 5 年 6 月 11 日現在

機関番号：12102

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2021～2022

課題番号：21K20605

研究課題名（和文）管水路システムにおける圧力変動計測を利用したリアルタイム水管理手法の構築

研究課題名（英文）Development of Real-Time Water Management Method Utilizing Pressure Transient Measurements in Pipeline Systems

研究代表者

浅田 洋平（Asada, Yohei）

筑波大学・生命環境系・助教

研究者番号：50911252

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、世界的に大きな問題となっている管水路の漏水問題に対応するために、低コスト、低労力、高精度な漏水検知法の開発に取り組んだ。管内の圧力変動を再現する数値シミュレーションと最適化手法を組み合わせた最適化シミュレーションによって、実測の圧力変動を再現することで漏水位置と漏水量を推定する新たな手法を開発した。模型管路実験と現場管路実験によって開発した手法の有効性を検証したところ、ともに推定漏水位置誤差が管の全長に対して約2%以下、推定漏水量誤差が実測値に対して約30%以下となり、その有効性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、圧力変動を利用した新たな漏水検知手法を開発し、その有効性と漏水検知能力について室内実験レベルから現場実験レベルまで幅広く検証することに成功した。このような包括的な実証研究は、管内圧力変動を用いた漏水検知に関する研究分野では数が少なく、学術的意義は高い。本研究結果によって、定期的な圧力変動データの蓄積を行うことで本漏水検知法の現場への実装が可能であることが示された。よって管内の圧力変動データをモニタリングすることで効率的かつ適切かつ公平に水管理を行うことが可能となり、世界的な課題である管水路の漏水や水不足などの諸問題の解決につながると考えられる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we focused on the development of a low-cost, low labor-intensive, and high-precision leak detection method to address the globally significant issue of water leakage in pipes. By combining numerical simulation reproducing transient pressures within the pipes and optimization techniques, we developed a novel method to estimate the leak location and leakage discharge by reproducing the measured pressure transients. The effectiveness of the developed method was verified through model pipe experiments and field pipe experiments, both of which demonstrated leak location estimation errors of approximately 2% or less relative to the total length of the pipe and leakage discharge estimation errors of approximately 30% or less relative to the measured values, thus indicating its effectiveness.

研究分野：水理学

キーワード：パイプライン（管水路） ストックマネジメント 漏水検知 圧力変動 数値シミュレーション

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年の地球規模の気候変動による水不足やかんばつ、人口増加にともなう食糧、水需要の増加を考えると、持続的な農業、食糧生産を達成するためには水資源管理の徹底は必要不可欠である。農業用配水システムは上流のダム、河川、配水槽などから下流の居住区域へ食糧を生産するために使用する水(灌漑水)を輸送するための施設であり、その中でも管水路は水を迅速かつ適切に需要者まで送り届ける重要な役割を持つ。管水路の漏水は世界的に大きな問題となっており、管路の経年劣化、腐食、第三者などによる盗水などによって発生している。したがって、管水路の漏水は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が求められている。また、農業用配水システムの末端部では、上水道とは異なり流量計を用いた水利用量の管理が行われていないことが多い。よって漏水検知及び水利用量の把握は、持続可能な水資源管理の実現に対しても重要な課題であると言える。本研究では、管内の圧力変動現象を利用して課題解決にあたる。この現象について説明する。上流水槽 - 管路 - 末端部バルブ系の典型的な管水路システムにおいて通水中に末端部バルブを閉塞すると圧力波が生じる。発生した圧力波は上流水槽と末端部バルブの間を往復して伝播し、この間に管路の末端部で圧力計測を行うと周期的な圧力変動を計測することができる。圧力変動は、管全体を伝播する圧力波が末端部に到達することで計測されるものであるため、管の状態がフィードバックされているはずである。したがって、この圧力変動を解析することにより漏水検知(漏水の位置と量の推定)を行うことができる。また、末端部バルブを閉塞した時の初期圧力上昇量はバルブ閉塞前に流れていた流量によって決定されることから、圧力変動によって水利用量も推定することができる。よって、水利用が終わった後にバルブを閉塞することによって発生する圧力変動(小規模で管水路の水理機能に支障をきたすことはない)から漏水検知と水利用量の把握両方の実現が期待される。このような水理学を利用したリアルタイムの水管理手法は理論的に可能であるが、実際の管水路システムにおける有効性については未だ確認されていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、「管水路システムにおける圧力変動計測を利用したリアルタイムの漏水検知の実現及び水利用実態の把握」である。そのために、模型管路および現場管路実験によってその有効性(漏水位置、漏水量の推定精度や水利用量の推定精度)を検証する。今までのリアルタイムの漏水検知は、あくまでも定常状態の圧力や音波の計測によるものがほとんどであり、この方法は漏水による変化が捉えづらく漏水の位置と量を正確に把握できないという問題がある。また、海外では圧力変動を用いた漏水検知について研究はなされているが、水利用量把握までを含めた水管理手法の提案は未だなされていない。

3. 研究の方法

圧力変動計測に基づいた新たな管内漏水検知法の開発を行い、その開発した漏水検知法について室内実験レベルから現場実験レベルまで包括的に検証を行う。検証する項目は漏水位置と漏水量の推定精度である。また、圧力変動における初期上昇量から水使用量を推定する手法についても同様に検証を行う。以上をふまえて圧力変動計測によってリアルタイムで漏水検知及び水利用量の把握が可能であるかを調査する。

4. 研究成果

まずは管内の圧力変動を再現する数値シミュレーションと最適化手法を組み合わせた圧力変動最適化シミュレーションを利用した新たな漏水検知法の開発を行った。次に開発した漏水検知手法の検証を模型管路実験および現場管路実験において実施し、本手法の有効性とパフォーマンスを調査した。模型管路実験は、農研機構農村工学研究部門の全長 900m の鋼管で行った。漏水位置と漏水量をそれぞれ 3 パターンで変化させながら圧力変動計測を行い、本手法を用いて漏水検知を実施した結果、漏水位置が管全長に対して 2% 以下の誤差で、漏水量が実測値に対して 30% 以下の誤差で推定できることが明らかになった。現場管路実験は、福島県にある全長約 2km の農業用パイプラインで行い漏水位置と漏水量を変化させながら圧力変動計測を行った。現場での圧力変動は複雑であるため、本手法を適用するためには漏水がない場合の現場での圧力変動を数値シミュレーションで再現する、すなわちキャリブレーションをする必要がある。今回対象とした現場の管路は様々な材質の管で構成されているため圧力波伝播速度が管路上で変化

することを考慮し、管路上の圧力波伝播速度の分布を最適化によって決定することで精度の良いキャリブレーションを実現した。キャリブレーションが完了した圧力変動最適化シミュレーションによって漏水検知を実施したところ、漏水位置が管全長に対して2%以下の誤差で、漏水量が実測値に対して30%以下の誤差で推定できることが明らかになった。これは模型管路実験での漏水検知結果と同等であり、現場管路における本漏水検知法の適用性が示されたと言える。水使用量の推定についても計測した圧力変動の初期圧力上昇量から精度よく推定できることが明らかになり、以上から今回開発した漏水検知手法は漏水位置、漏水量、水使用量の推定に有用であることが示唆され、農業用パイプラインでの水管理の効率化と省力化に貢献することが期待される。以上の結果を論文としてまとめて土木学会の水工学論文集へ投稿しており、現在査読中である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Yohei Asada, Tetsuya Suzuki, Masaomi Kimura, Issaku Azechi, Toshiaki Iida
2. 発表標題 Leak detection of an irrigation pipeline system using field-measured transient pressures in Sado Island in Japan
3. 学会等名 PAWEES2022 International Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------