水撃圧波形を利用した パイプライン漏水検知手法の現場適用技術の開発 - 前後移動平均差法について-

Development of Leakage Detection Method

by Water Hammer Wave Reflection in Irrigation Pipeline

- First Latter moving average difference method
○清水拓哉*, 加藤亮**, 福重雄大***, 安瀬地一作****, 浅田洋平*****

○Takuya SHIMIZU*, Tasuku KATO**, Yudai FUKUSHIGE***, Issaku AZECHI****, Yohei ASADA*****

1. はじめに

農業用管水路の大半は高度経済成長期に整備されたため、老朽化が進み、漏水を伴う突発事故が増加している。管水路のほとんどは埋設されているため目視による点検が難しいため、通水異常が視認可能になった段階では手遅れな被害が生じていることが多い。そこで、漏水が少ない段階で検知しうる、簡便かつ高精度な漏水検知手法が求められている。浅田ら(2018)は下流制水弁を急閉鎖させ、管内に水撃作用による大きな圧力上昇を起こし、漏水部からの反射波による圧力変化量を計測することで漏水を検知する方法を開発した。しかしながら、この手法には以下の課題がある。実際の圧力波形には漏水部からの反射波以外にも管構造由来の反射波が含まれる。両者の最も大きな違いは漏水部からのエネルギー流出による圧力波形のベースライン低下の有無であるが、漏水量が小さい場合は高周波成分の中にベースライン低下が紛れてしまい、目視による区別が難しくなる。また、現場への導入を考えたときに、現場には反射波を引き起こす管構造が多く存在していることから漏水部からの反射波と管構造由来の反射波を区別することは重要である。本研究では、模型管水路を用いて実験を行い、得られたデータを用いて両者を区別する方法を検討した。

2. 方法

(1)解析手法 漏水部からの反射波と管構造由来の反射波を区別する方法として、安瀬地ら (2021) の前後移動平均差法を採用した。これはまず、波形データのプラトー領域のみを切り出す (プラトー領域とは、水撃作用によって圧力が上昇してから低下するまでの比較的平坦な部分を呼ぶ)。次に (1)式の計算をt=1からt=m+1(m) 切り出した観測データの総数)まで繰り返し、プロットする。ここで、圧力波形データ H_t が F_n に変換される。これにより管構造由来の反射波の影響を軽減し、なおかつ漏水部からの反射波を強調することができる。

$$F_n = \frac{\sum_{t=1}^n H_t}{n} - \frac{\sum_{t=n+1}^m H_t}{m-n} \tag{1}$$

(2)模型実験 実験は図-1 に示す模型管水路 (農研機構農村工学研究部門) で行った。全長 900.60 mであり約 25m ごとに曲がり部を持つらせん構造を有している。管内の圧力伝播速度は実測と理論式より約 1310 m/s と分かっている。漏水位置は全てのケースで上流水槽から 750.34 m の位置とし、下流端で計測した幹線流量も約 0.075 L/sec で統一した。

^{*}東京農工大学大学院農学府 Graduate School of Agriculture, TUAT, **東京農工大学大学院農学研究院 Institute of Agriculture, TUAT, ***(国研)農研機構 農村工学部門 Institute for Rural Engineering, NARO, ****三重大学大学院生物資源学研究科 Graduate School of Bioresources, Mie University, ******筑波大学 生命環境系 Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, キーワード:漏水検知, 圧力変動, ストックマネジメント

漏水量は最大約 0.059 L/sec、中間約 0.025L/sec、最小約 0.011 L/sec の 3 ケースとした。

3. 結果

各ケースにおける計測した圧力波形データと前後移動平均差法の適用結果を図 - 2 から図 - 4 に示す。曲がり部を持つらせん構造により圧力波形データに高周波成分が生じており、

前後移動平均差法によってそれが軽減されてることが見てとれる。漏水で、温水でしたが見てとれる。清水では見てとれる。活後では一クに前後移動平均差 Fn は、圧力低下の対して変化する。これは、圧力低下以降の後半平均が漏水を示すが温水をである。図から読み取れる漏水に関からある。図から読み取れる漏水に関連を指定である。図が温差は漏水に置いた。と後半部分にある実験系固有の圧力低下は明れてしまった。

4. 結論

本研究では、水撃圧波形を利用した 漏水検知において、管構造由来の反射 波の影響を軽減するために前後移動平 均差法を導入し、模型実験により有効 性を検証した。その結果、漏水部からの 反射波を抽出することができたが、実 験系固有の圧力低下も同様に抽出された。今後は、実験条件を変えて有効性を 検証するとともに、漏水部からの反射 波のみを抽出できるように改良する必 要がある。

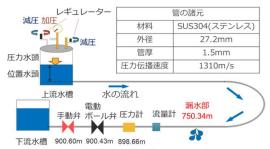


図-1 実験圧力管水路の概要 Experimental pressure

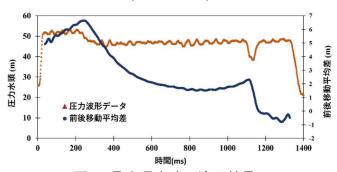


図-2 最大漏水時の適用結果 Result of large-scale leakage

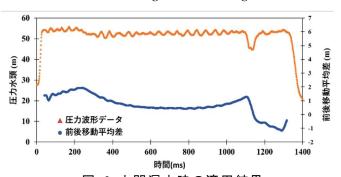


図-3 中間漏水時の適用結果 Result of mid-scale leakage

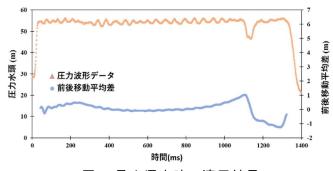


図 4 最小漏水時の適用結果 Result of small-scale leakage

参考文献

- (1)浅田洋平,木村匡臣,安瀬地一作,飯田俊彰,久保成隆:漏水中の管水路における水撃圧波形を利用した漏水位置と漏水量の推定,土木学会論文集 B1(水工学),74(4),pp. I_613-I_618,2018.
- (2)安瀬地一作, 特願 2021-012434, 「流体の漏水位置の検出方法及びプログラム」, 2021 年 2 月