

5D-01

漏水時における配水管内の水圧変化に着目した漏水検知方式の検討

松林 将希[†] 高田 祥平[†] 藤島 美保[‡] 森田 智子[†] 石原 達也[†]

NTT 西日本[†] NTT[‡]

1. はじめに

配水管で発生する漏水は水資源の浪費や周辺設備に浸水被害を与える可能性があり、早期発見が必要である。一般的には熟練技術者が音調棒などを用いて人手で漏水検知を行っており、人手不足や技術継承に課題があるため、スキルレスな漏水検知方法が求められている。既存研究では配水管の振動情報を用いる手法が提案されているが、大量の振動センサが必要なのに加え、鉄製以外の配水管への適用が難しい場合がある[1]。一方で、既設水圧計を用いた方式では、250t/h以上の大量の漏水に対しては低コストで漏水検知ができる見込みがある[2]。

そこで本研究では、漏水時における配水管内の水圧変化に着目した新たな漏水検知手法の検討を行う。具体的には、水圧変化の調査のため、実験用配水管模型を用いて水圧データを生成・分析し、配水管構成および漏水箇所の組み合わせごとに漏水時の水圧傾向を確認する。得られた水圧変化パターンをもとに水圧データを用いた漏水検知手法について検討・評価する。

2. データ生成

漏水時における配水管内の水圧変化について確認するため、配水管模型を用いた模擬漏水実験を行う。配水管構成ごとに漏水箇所の上流と下流それぞれで一定のパターンの水圧変化が起きると仮定し、図1のように止水弁を用いた複数の構成パターンを設定可能な配水管模型を構築し、漏水時の各水圧計のデータを収集し、分析する。

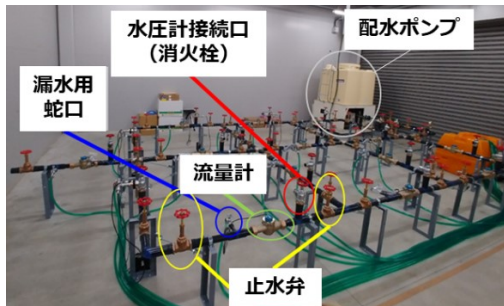


図 1. 配水管構成図

A leak detection method focusing on water pressure change in water pipes at the time of water leakage

[†]Masaki Matsubayashi, Shohei Takada, Tomoko Morita, Tatsuya Ishihara, NTT West

[‡]Miho Fujishima, NTT

配水管は口径 40mm の硬質ポリ塩化ビニル管で構築し、水圧計を取り付ける消火栓と漏水箇所を模擬した蛇口を 18 個ずつ設置する。配水管構成ごとに水圧計測箇所と漏水箇所を選定し、全パターンについて 5 試行ずつの漏水時水圧データを取得する。各試行では 1 か所の蛇口から 5 分間、蛇口 1 回転分(約 1.5t/h)放水することで漏水状況を模擬する。

また、同一構成においても漏水箇所が異なるパターンの水圧データも取得し、表 1 のように計 76 パターンのデータを取得する。

表 1. 配水管構成・漏水パターン

配水管構成	漏水パターン	配水管構成	漏水パターン
直線	14	管網	3
分岐	42	環状	2
閉路	6	樹枝状	2
迂回路	7	合計	76

3. 水圧データ解析結果

取得した水圧データは、測定ポイントおよび試行ごとの 5 分間の平均値を特徴量として構成パターンごとに分析したところ、直線構成にて水圧変化に一定のパターンが見られ、その他多くの構成が部分的に直線構成と同様な水圧変化が起きていることがわかった。

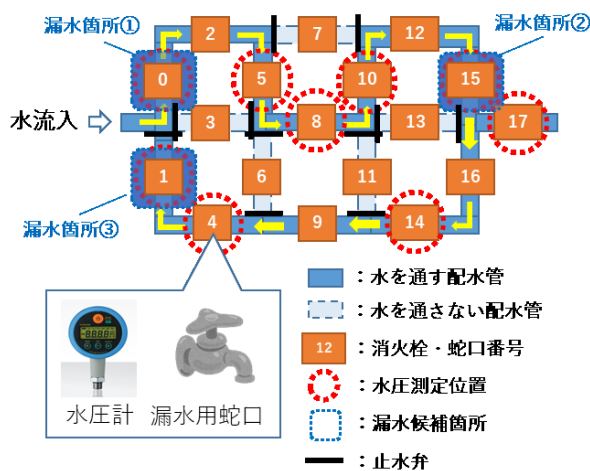


図 2: 直線構成の例

直線構成の例を図 2、同構成にて取得した水圧計測場所ごとの水圧平均値(漏水箇所 3 パターン分、各 5 試行の平均値)を図 3 に示す。図 3 より、

本構成ではいずれの漏水箇所パターンにおいても水圧平均値は流入口から漏水箇所までにかけて一定の割合で減少し，漏水箇所から下流側ではほぼ一定の値になることがわかった。

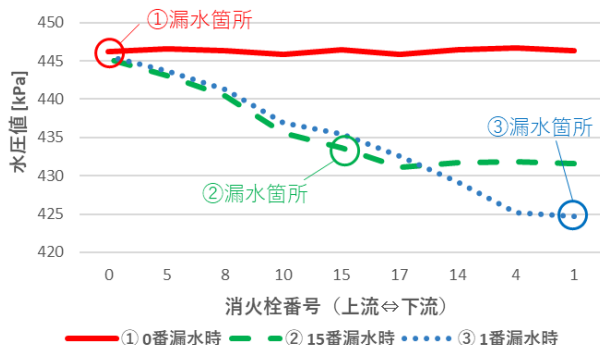


図 3. 図 2 構成時の水圧データ例

一方，図 4 のようにその他の分岐・樹枝状・閉路・迂回路・環状構成では，直線構成と同様に漏水箇所から上流の区間は漏水区間を含む方の分岐先のみ水圧平均値が一定の割合で減少し(図 4 下側グラフ)，漏水箇所から下流の区間と他方の分岐先はほぼ一定の値となったことから(図 4 上側グラフ)、分岐等の構成では直線構成に分割することで同様な水圧変化を示すことがわかった。

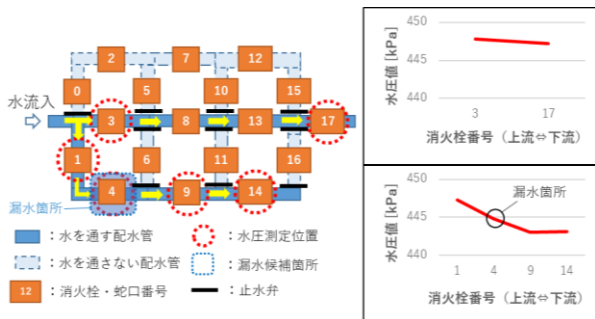


図 4. 分岐構成例と水圧データ

また，管網構成においては，漏水箇所パターン間の特徴的な水圧変化の差は見られず，漏水箇所から見た上流・下流が明確でない構成においては決まった水圧変化パターンは見られなかった。したがって，管網構成を除いた配水管構成については漏水箇所ごとに一定のパターンで水圧変化の違いがみられたことから，水圧平均値を用いて漏水箇所の予測が可能であると考えられる。

4. 漏水箇所予測実験

2, 3 節の実験にて得られた水圧データを用いた分類モデルとして，k 近傍法[3]を用いて漏水箇所の予測が可能であるかを検証・評価する。

4.1. 分類手法

分類モデルの生成手順は下記の通り。

1. 水圧測定箇所を頂点とした無向グラフで配水管構成を表現し，水圧計の隣接行列を生成する。i 番目の水圧計と j 番目の水圧計が隣接する構成の場合，行列の要素 A_{ij} は両水圧計の水圧値の差を代入する。
2. 18×18 の隣接行列を 1×324 のベクトルに変換し，k 近傍法の入力データとする。

4.2. 実験

分類モデルの出力データは漏水箇所候補の 18 か所の蛇口から予測した 1 か所を指定する。各パターン 5 試行分の水圧データのうち，4 件を分類モデルの学習データとして使用し，1 件をテストデータとして出力した漏水箇所の正解率を評価する。76 パターンの分類実験の結果， $k=5$ と設定したときのテストデータの分類精度は 98.7%以上となり，今回の実験環境においては高い精度で漏水箇所特定が可能であることがわかった。

5. まとめ

本稿では水圧変化に着目した新しい漏水検知手法の検討を行った。配水管模型を構築し，配水管構成・漏水箇所ごとの水圧値の変化を確認したところ，直線構成においては漏水箇所の上流側は水圧が減少し，下流はほぼ一定の値を示した。また，その他のデータも多くが直線構成と同様な変化が見られたことを踏まえ，k 近傍法を用いた分類実験を行った結果，高い予測率で漏水箇所の予測ができ，水圧値を用いた漏水検知が実現できる見通しを得た。

今後は，複数箇所や少量の漏水検知や水の生活利用に伴うノイズを考慮した手法について検討する。

6. 参考文献

- [1] Stephens, M. Gong, J. Zhang, C. Marchi, A. “Leak-Before-Break Main Failure Prevention for Water Distribution Pipes Using Acoustic Smart Water Technologies: Case Study in Adelaide,” *Journal of Water Resources Planning and Management*, 146(10). (2020)
- [2] 横川 勝也, 稲員 とよの, 小泉 明, 難波 諒, 杉野 寿治, “配水管網における漏水事故の位置推定に関する研究,” *土木学会論文集 G (環境)*, 71(6), 433-440 (2015)
- [3] Cover, T.M. Hart, P.E., Nearest neighbor pattern classification, *IEEE Transactions on Information Theory*, 13(1) 21-27 (1967)