

ポリ塩化ビニル管における圧力変動を用いた漏水検知法の検証

Verification of Leak Detection Method using Pressure Transients in Polyvinyl Chloride Pipes

○浅田洋平*, 高垣尚徳**, 福重雄大***, 石井敦*

Yohei Asada*, Hisanori Takagaki**, Yudai Fukushige***, Atsushi Ishii*

1. はじめに

パイプラインは灌漑や上水における水配分などの多くの場面で利用されているが、その多くが高度経済成長期に整備されているため、老朽化によるパイプラインの漏水・破損事故が現在多く発生している。このためパイプラインの簡素で高精度な漏水検知の重要性が高まっており、本課題を解決しうる技術として圧力変動を用いた漏水検知が期待されている。浅田ら(2018)[1]によって、鋼管における漏水部からの反射波を用いた漏水検知法の研究が行われその有効性が示されたが、ポリ塩化ビニル管への適用は検証が不十分である。本研究では、漏水部からの反射波を用いた漏水検知法の単一ポリ塩化ビニル管における有効性を実験的に検証し、また漏水検知に影響を与える単一ポリ塩化ビニル管の圧力変動特性について調査を行った。

2. 方法

検証実験は農研機構にある単管のポリ塩化ビニル管(全長 50 m、内径 25 mm、管厚 3.5 mm)で構成された水槽—パイプ—バルブ系のパイプラインシステムで行った。漏水は、上流水槽から 15 m、25 m、35 m の 3 地点において 1 箇所ずつ発生させ、各漏水地点で 3 パターンの漏水量を設定した。漏水なしの場合と計 9 ケースの漏水ありの場合について下流端の電磁弁を急閉塞することで圧力変動を発生させ、電磁弁直上部にある圧力計で圧力変動を計測した。漏水ありの場合の各ケースについて漏水なしの場合と圧力変動を比較することで漏水検知を行った。

3. 結果

各漏水地点で漏水量が最も大きい場合の漏水検知結果を **Table 1** に示す。また、**Table 1** にある Test1-3、2-3、3-3 と漏水なしの場合 Test0 との圧力変動の第一波形(半周期)の比較図を **Figure 1** に示す。漏水ありの場合の圧力が漏水なしの場合の圧力から大きく変化し始める時間を読み取り、これが圧力波が計測地点と漏水地点を往復する時間に等しいことから漏水位置を求めた。その結果、管全長に対する漏水位置推定誤差 9.68 ~12.80%であった。漏水量は浅田ら(2018)[1]の手法を用いて求めた。しかし **Figure 1** に示す通り、Test1-3、Test2-3 の第一波形中心部(漏水による圧力変化付近)において、漏水ありの場合の圧力が漏水なしの場合の圧力

Table 1 漏水検知結果

| Test | 上流端からの漏水位置 (m) | | 漏水位置推定 誤差 (%) | 漏水量 (L/s) | | 漏水量推定 誤差 (%) |
|------|----------------|-------|------------------|-----------|-------|-----------------|
| | 実験値 | 計算値 | | 実験値 | 計算値 | |
| 1-3 | 15 | 21.4 | 12.8 | 0.043 | - | - |
| 2-3 | 25 | 20.16 | 9.68 | 0.05 | - | - |
| 3-3 | 35 | 29.7 | 10.61 | 0.046 | 0.022 | 52.44 |

*筑波大学生命環境系, Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba **筑波大学生物資源学類卒業, Graduate of the College of Agro-Biological Resource Sciences, University of Tsukuba ***農研機構農村工学研究部門, Institute for Rural Engineering, NARO

キーワード: 管・開水路流れ、水理学的波動

を上回っており漏水量を推定することが出来なかった。また Test3-3 に関しては、漏水量推定誤差が 52.44 % となり実験値と大きく乖離する結果となった。漏水検知に影響を及ぼす圧力変動特性として「第一波形において圧力が一度減少し、再度上昇する」が挙げられる。

4. 考察

前章の理由により漏水量の推定が困難だった Test については、漏水なしと漏水ありの圧力差の第一波形(半周期)全体の平均値として漏水による圧力低下を求めることにより、全ての Test で漏水量を推定することができた。しかし、漏水量推定誤差が 59.46 ~ 88.36 % であり、さらなる漏水量推定方法の改良が必要である。また、漏水検知に影響を及ぼす第一波形の特性の原因を探るため、既存のモデルを用いて圧力変動の再現を行ったが、管路の諸量をパラメータとして入力するだけでは再現ができなかった (Figure 2a)。そのため、「圧力伝播速度が管内において空間的に変化している」という仮説を立て、既存のモデルに圧力伝播速度の空間変化を適用し圧力変動の再現を行った。その結果を Figure 2b に示す。第一波形の特性をおおよそ再現できたことからその原因には圧力伝播速度の空間変化が関係していると推察される。しかし、全体の圧力変動の減衰や位相については再現できなかった。そのため、単一ポリ塩化ビニル管における圧力変動特性についてはさらなる追究が必要である。

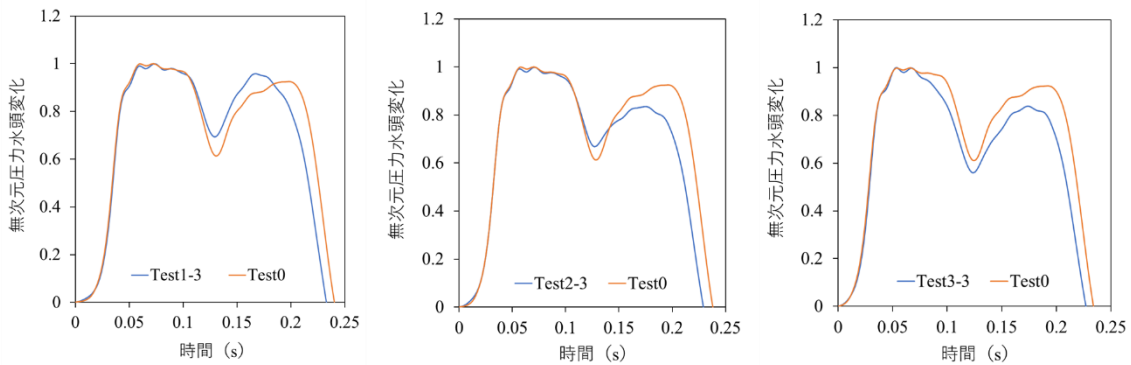


Figure 1 Test0 と Test1-3、2-3、3-3 との第一波形(半周期)の比較図

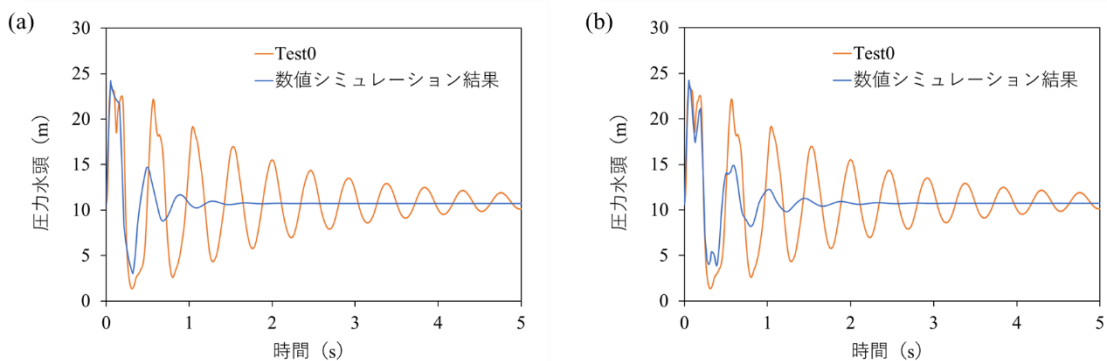


Figure 2 数値シミュレーションによる Test0 の圧力変動の再現結果

: a) 既存モデル、b) 圧力伝播速度の空間変化を考慮したモデル

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) vol. 74, No. 4, 2018, I_613-I_618.