

デジタル画像相関法を用いた農業用パイプラインにおける
エネルギー損失の非破壊検出
Non-Destructive Detection of Energy Loss in the Agricultural Pipeline
using Digital Image Correlation Method

○高橋悠斗*・坪田到馬**・萩原大生***・鈴木哲也****

○Yuto TAKAHASHI*, Toma TSUBOTA**, Taiki HAGIWARA***and Tetsuya SUZUKI****

1. はじめに

農業用パイプラインでは施設の老朽化に伴い漏水事故が多発している。農業用パイプラインの多くは地中埋設構造物であり、漏水の検出が困難である。既往研究¹⁾では、モデルパイプラインの画像解析による水撃圧現象の非破壊検出法の開発が試みられている。本研究では、実構造物パイプラインにおける水理現象の変化に伴う管体の変形を、デジタル画像相関法（以下、DIC法と記す）を用いて解析・検討した結果を報告する。

2. 実験・解析方法

実構造物パイプラインでの水理現象の変化に伴う管体変形を、DIC法を用いて計測した。計測施設は管路延長が約18 km、管種が鋼管およびダクタイル鋳鉄管で構成された実構造物パイプラインである。実験ではバルブを開放することで通水を開始した。その後、流量が安定したところでバルブを閉塞し、管内で圧力波を発生させた。DIC法はバルブ閉塞1分前から21分間実施した。実験ケースは漏水なし（Case A）、バルブから0.07 km離れた地点での漏水（Case B）およびバルブから11.60 km離れた地点での漏水（Case C）の3ケースを実施した。漏水は排泥弁を開放することで再現した。

解析的検討では、DIC法による画像解析結

果に対して、時系列データを振幅スペクトルに変換し、周波数成分を求めた。変換方法は高速フーリエ変換（以下、FFTと記す）である。解析対象は、バルブ閉塞1分前から16384（ $=2^{14}$ ）データとした。理論式から水撃圧由来の周波数が0.013 Hzと算出された。変換結果に対してバンドパスフィルタをかけて水撃圧由来の周波数成分を抽出した。バンドパスフィルタの阻止域端周波数は0.005 Hzおよび0.021 Hzと設定した。

3. 結果および考察

軸方向ひずみおよび周方向ひずみにおけるFFT結果をFig. 1に示す。軸方向ひずみおよび周方向ひずみにおいて、水撃圧由来の周波数付近で振幅スペクトルのピークが確認された。漏水ありのケース（Case B および Case C）では漏水なしのケース（Case A）と比較して振幅スペクトルが小さいことが確認された。これは管内においてエネルギー保存則が成り立つと仮定すると、水撃圧が漏水部分を通過した際に圧力低下が起これ、エネルギー損失が発生したためと考えられる。同様の考察は浅田ら²⁾でも確認できる。水圧および軸方向ひずみの時系列グラフをFig. 2に示す。バンドパスフィルタをかけることで、軸方向ひずみの変動は水圧変動と逆位相であることが確認された。水圧および周方向ひずみの

*新潟大学農学部 *Institute of Agriculture, Niigata University*

**新潟大学大学院自然科学研究科 *Graduate School of Science and Technology, Niigata University*

***寒地土木研究所（元新潟大学大学院自然科学研究科） *Civil Engineering Research Institute for Cold Region (Graduate School of Science and Technology, Niigata University)*

****新潟大学自然科学系（農学部） *Institute of Agriculture, Niigata University*

キーワード：パイプライン、水撃圧、デジタル画像相関法、周方向ひずみ、軸方向ひずみ、高速フーリエ変換

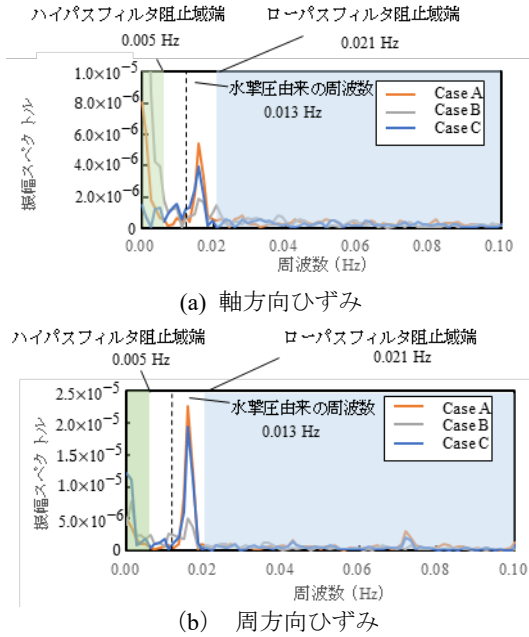


Fig. 1 軸方向ひずみおよび周方向ひずみにおける FFT 結果
FFT results of axial strain and circumferential strain.

時系列グラフを **Fig. 3** に示す. バンドパスフィルタをかけることで, 周方向ひずみの変動は水圧変動と同位相であることが確認された. 漏水ありのケースでは漏水なしのケースと比較して, 周方向ひずみ変動が早く収まることを確認された.

4. おわりに

本研究では, 実構造物パイプラインにおける管材変形を, DIC 法を用いて解析および検討を試みた. その結果, 漏水なしのケースと比較して漏水ありでは, 水撃圧由来の周波数付近で振幅スペクトルが小さいことが確認された. 軸方向ひずみ変動は水圧変動と逆位相であることが確認され, 周方向ひずみ変動は水圧変動と同位相であることが確認された. このことから, DIC 法より水撃圧に伴う管材変形を検出するとともに, 管内におけるエネルギー損失を非破壊で検出できることが示唆された.

引用文献

1) 鈴木哲也, 中達雄, 樽屋啓之, 久保成隆, 飯田俊彰 (2012): モデルパイプラインに発生させた圧力波の非破壊検出に関する研究, 土木学会論文集 A2 (応用力学),

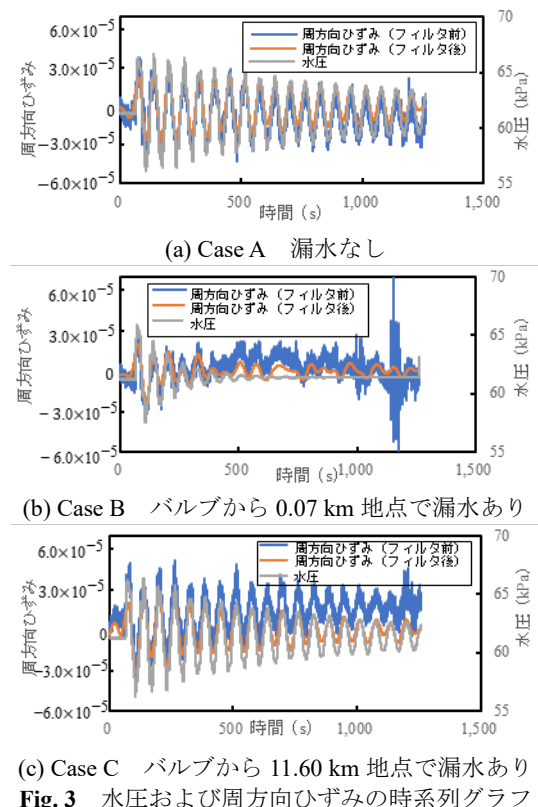
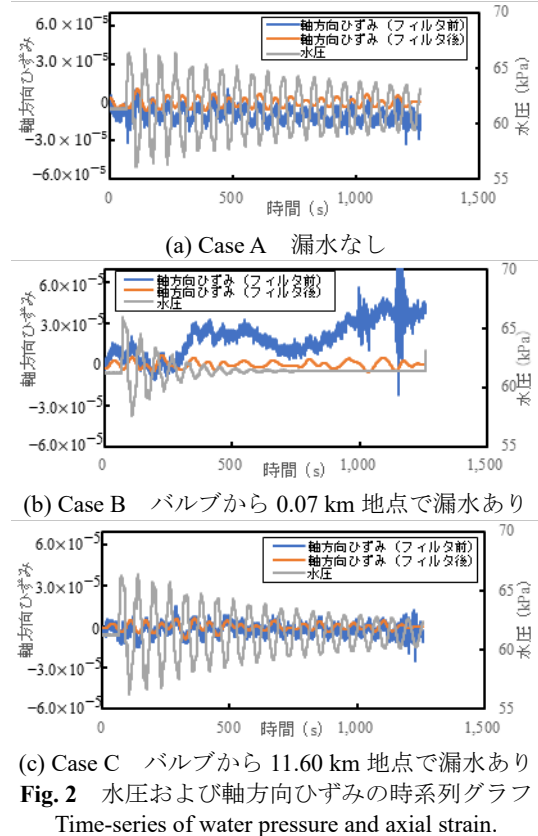


Fig. 3 水圧および周方向ひずみの時系列グラフ

68(2), 727-734.
2) 浅田洋平, 木村匡臣, 安瀬地一作, 飯田俊彰, 久保成隆 (2018): 漏水中の管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), I_613-I_618.