

動水圧場における既設パイプラインの周方向ひずみを用いた非破壊・非接触検出法の開発

新潟大学大学院自然科学研究科 正会員 ○坪田 到馬
新潟大学大学院自然科学研究科 正会員 萩原 大生
新潟大学自然科学系（農学部） 正会員 鈴木 哲也

1. はじめに

上水や産業用水のパイプラインは近年、標準的な耐用年数を経過した施設割合が増加傾向にあり、漏水および管体破損が懸念される。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ある。円筒は内圧を受けると変形する。本研究の場合、内圧は水圧を示す。つまり、管体の変形には水圧のパラメータが深く関わっているということである。デジタル画像相関法（以下、DICM と記す）を用いることで水撃圧由来の圧力波および漏水由来の振動を管体の変形から検出することが可能である。

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、DICM を用いて解析・検討した結果を報告する。

2. 実験および解析方法

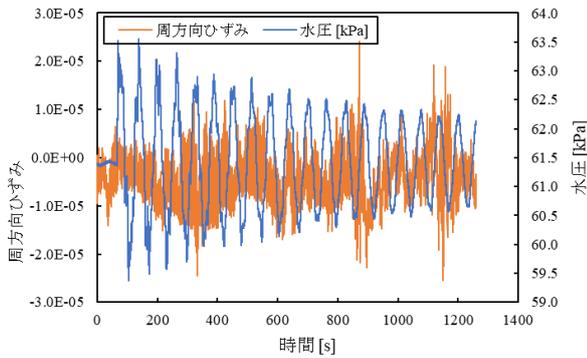
管路延長が約 18 km、管種が鋼管およびダクタイル鋳鉄管で構成された実構造物における実験を行った。本計測ではバルブから約 7 km、高低差約 154 m の場所を計測地点とした。計測方法は DICM を用いた。DICM とは、解析面に作成したランダムパターンの模様を追跡し、変形前と変形後の座標の変化によって変位量や変位方向を算出する手法をさす。本計測では、管体表面に画像解析面（縦 80 mm×横 80 mm）を作成し、2 台の CCD カメラを用いてステレオ画像を作成することで水圧変化に伴う管体の変形を検出することを試みた。水圧計測では、圧電素子型圧力計（THLV-003-MP-5、東京計測 社製）を管体の分岐に取り付け、圧力データロガー（MCR-4V、T&D 社製）で記録を行った（図-1）。実験ではバルブを開放することで通水を開始し、流量が安定したところでバルブを閉塞させ圧力波を発生させた。DICM はバルブ閉塞 1 分前から 21 分間実施した。実験ケースは漏水の有無で分類した。漏水は排泥弁を開放すること



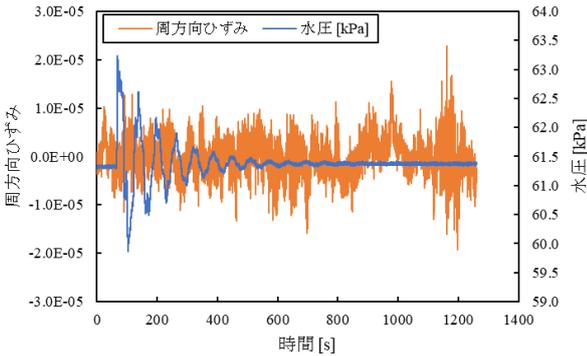
図-1 水圧計測（上）および DICM（下）

で再現した。バルブの回転数は 1 回転、漏水は漏水なし（Case A）およびバルブから 971 m 離れた地点（Case B）での漏水の 2 ケースを実施した。

解析的検討では、DICM の解析精度の評価指標であるシグマ値が、解析面全体で平均して約 0.01 となるようにサブセットサイズを 55×55 pixel と設定した。ステップサイズは 13 pixel、フィルターサイズは 31 とした。画像解析結果に対して、その周波数成分を求めるために時系列データの周波数変換を実施した。用いた変換方法は短時間フーリエ変換²⁾である。解析対象は、バルブ閉塞 10 秒前から 4096 データ (= 2¹² データ) とした。解析条件は、窓関数に hann 窓



(a) Case A



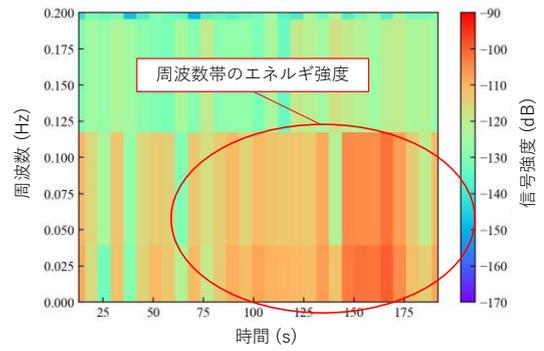
(b) Case B

図-2 水圧および周方向ひずみの時系列変化

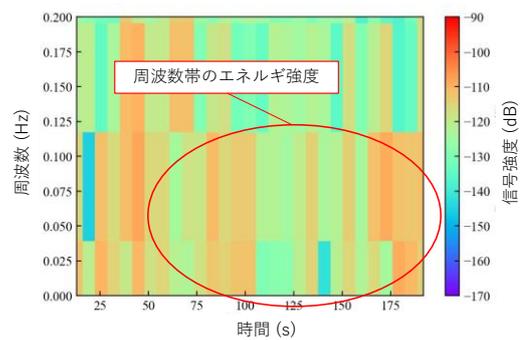
を用いて、フーリエ変換を行うデータ数は 256 データ、オーバーラップ率を 50% およびデータ間隔を 20 Hz とした。周波数の分解能は 0.080 Hz である。本解析では、比較的低い周波数帯に特徴的な成分を確認したため、周方向ひずみにおける 0~0.200 Hz 周波数帯に着目した。

3. 結果および考察

漏水の有無における水圧および周方向ひずみの結果を比較するために、Case A および Case B で比較検討を行った。図-2 は水圧および周方向ひずみの時系列解析の結果である。水圧の時系列変化を比較すると、Case A は実験全体を通して水圧変動が確認された。最大水圧は 63.5 kPa である。Case B は、最大水圧が 63.1 kPa と Case A より低く、バルブ閉塞から約 10 分経過したところで水圧変動がほとんど確認されなくなった。周方向ひずみにおいて、短時間フーリエ変換を用いて周波数成分による比較から検討を試みた。図-3 に各ケースにおける周方向変位のスペクトログラムを示す。0~0.200 Hz という比較的低い周波数帯に着目した結果、0~0.120 Hz の周波数帯で信



(a) Case A



(b) Case B

図-3 周方向変位のスペクトログラム

号強度に差異が確認された。Case B は Case A よりも水撃圧現象の減衰が大きかったため、周方向ひずみの変動が小さかったことが信号強度に反映されたと考えられる。

4. おわりに

本研究では、管体の変形に水圧のパラメータが関わっていることから、実構造物パイプラインにおける水圧および管体の変形を、DICM を用いて解析・検討を行った。水圧は、漏水の有無において時系列変化による減衰の大きさに差異が確認された。周方向ひずみに着目した結果、0~0.120 Hz の周波数帯における周波数成分の信号強度に対して、漏水の有無による差異が確認された。

参考文献

- 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, 68(2), 727-734.
- 2) 小野 順貴 (2016) : 短時間フーリエ変換の基礎と応用, 72(12), 764-769.