

時間周波数解析を援用した非定常流況における既設送水パイプラインの変形検出 Detection of Deformation in Service Pipeline under Unsteady Flow by Time-Frequency Analysis

○関原光優*, 木津和樹**, 坪田到馬***, 萩原大生***, 鈴木哲也****

○Akimasa SEKIHARA*, Kazuki KITSU**, Touma TSUBOTA***, Taiki HAGIWARA***,
and Tetsuya SUZUKI****

1. はじめに

パイプラインは、生活や営農において水を送るために不可欠な水利用システムである。水撃圧に代表される非定常流況下では、圧力波の発生に伴い管材の変形が起こるとされる。圧力波の挙動が管材に及ぼす影響を精緻に評価する必要がある。本研究では、常時計測により検出された既設送水パイプラインにおける管材変形を時間周波数解析によって通常時、ポンプ OFF 時、ポンプ ON 時および地震時で評価した結果を報告する。

2. 実験方法

実験対象施設は阿賀野川浄水場の送水パイプラインである。管材の条件は外半径 360 mm、管厚 10 mm、内半径 350 mm の鋼管となっている。フランジ片落ち管中心部にひずみゲージ (FLAB-5-11-5LJCT-F, 東京計器研究所) を貼り付けた。ひずみゲージの貼り付け位置を Fig. 1 に示す。軸方向と周方向のひずみを 1 Hz で計測した。

検討ケースは、通常時、ポンプ OFF 時、ポンプ ON 時および地震時の水圧変動に伴う管材変形とした。地震時では、2022 年 3 月 16 日 23 時 36 分 32 秒に福島県沖で発生した地震を対象とした。解析データは 2022 年 3 月 16 日の 21 時 00 分 00 秒から 23 時 59 分、2022 年 3 月 17 日の 21 時 00 分 00 秒から 23 時 59 分 00 秒を対象とした。

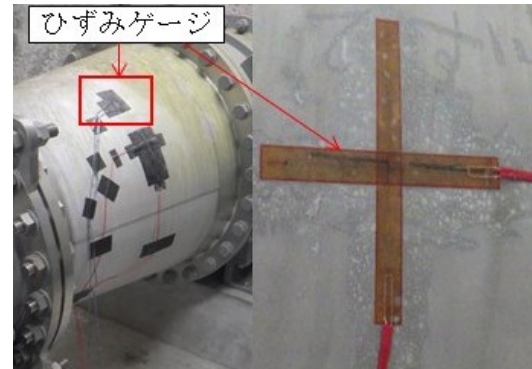


Fig. 1 ひずみゲージの設置
The setup for strain gauges on a pipeline.

3. ひずみ理論値¹⁾

パイプラインの管体では、管体両端の拘束条件や管厚、外圧などが原因となり、算出されるひずみが条件によって異なることが知られている²⁾。本研究では、対象となるパイプラインを両端拘束の鋼管厚肉円筒と仮定した。なお、対象はゲージ圧で計測され、外圧は 0.0 MPa とした。両端拘束と仮定した場合、管の軸方向へのひずみは発生しないものとする。この場合の半径方向変位は式 (1) で求められ、周方向ひずみは式 (2) で求められる。

$$u = \frac{(1+\nu)}{(b^2-a^2)E} \left\{ (1-2\nu)(a^2p_1 - b^2p_2)r + a^2b^2(p_1 - p_2) \frac{1}{r} \right\} \quad (1)$$

$$\varepsilon_\theta = \frac{2\pi(r+u) - 2\pi r}{2\pi r} = \frac{u}{r} \quad (2)$$

ここで、 u : 半径方向変位 (mm), ε_θ : 周方向ひずみ, ν : ポアソン比, E : 縦弾性係数 (N/mm²),

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

**新潟県農地部(旧新潟大学農学部) Niigata Prefectural Ministry of Agriculture

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

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

キーワード: パイプライン, 管材変形, 非定常流況, 時間周波数解析

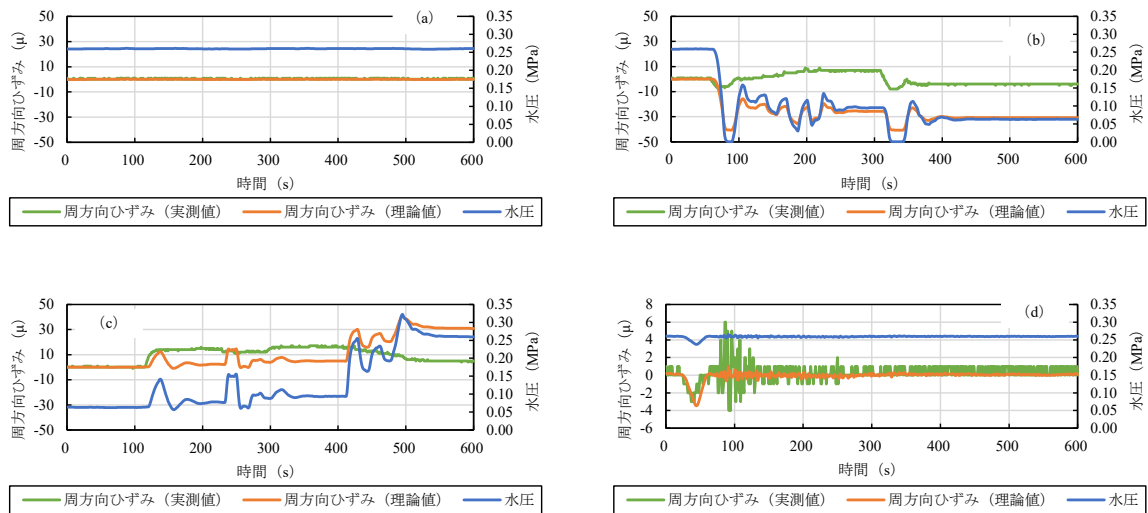


Fig. 2 周方向ひずみの時系列 (a) 通常時 (b) ポンプ OFF 時 (c) ポンプ ON 時 (d) 地震時
Time series of circumferential strain. (a) A usual condition. (b) A pump-off condition. (c) A pump-on condition. (d) A seismic condition.

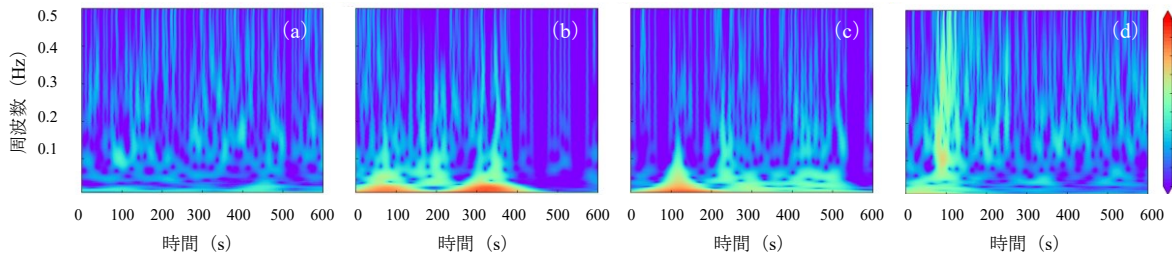


Fig. 3 周方向ひずみのウェーブレット変換結果 (a) 通常時 (b) ポンプ OFF 時 (c) ポンプ ON 時 (d) 地震時
The results of the wavelet transform for circumferential strain data. (a) A usual condition. (b) A pump-off condition. (c) A pump-on condition. (d) A seismic condition.

r : 中心から微小要素までの距離 (mm), p_1 : 内圧 (MPa), p_2 : 外圧 (MPa), a : 内半径 (mm) および b : 外半径 (mm) である。

4. 結果および考察

周方向ひずみの時系列変化を **Fig. 2** に示す。**Fig. 2** より地震時の水圧下降に伴うひずみの変化は理論値との一致が確認されたが (**Fig. 2** (d) 赤枠内), ポンプ OFF 時のひずみの変化は理論値との一致が確認されなかった。また, 地震時の水圧上昇時はひずみ変動しているのに対し (**Fig. 2** (d)), ポンプ ON 時のひずみの変化は緩やかだった (**Fig. 2** (c))。

Fig. 3 は周方向ひずみのウェーブレット変換結果である。いずれのケースも大きなひずみの変動がある時刻で比較的強い信号が確認され

るが, 特に地震時のひずみ変動した 100 秒付近で他ケースよりも高い周波数帯での信号が確認された (**Fig. 3** (d))。

5. おわりに

既設管水路における非定常流況下での管材変形を時間周波数解析により検討した。ポンプ操作と地震時の水圧変動に伴うひずみは異なる挙動となることが確認された。

引用文献

- 1) 渋谷寿一, 本間寛臣, 斉藤憲司: 現代材料力学, 8. 円筒と中空球の応力と変形, 朝倉書店, pp. 151-158, 1986.
- 2) Watkins Reyold King and Loren Runar Anderson: Structural mechanics of buried pipes, CHAPTER 19. STRESS ANALYSIS, CRC Press, pp. 239-268, 2000