

地震時の内水型パイプラインに発生する管材変形の周波数解析に関する研究

大林道路株式会社 正会員 ○本間 順  
大林道路株式会社 正会員 北野原 朋宏  
新潟大学自然科学系（農学部） 正会員 鈴木 哲也  
新潟県農地部（旧新潟大学農学部） 木津 和樹  
新潟大学大学院自然科学研究科 萩原 大生

1. はじめに

パイプラインは、現代生活の基盤である水を扱う上で重要な構造物である。しかし、地震時には地震動に伴い動水圧が発生し、管水路の破損に繋がる場合もある。地震時の管材がどのような挙動を示すのかを特定する必要がある。本研究では、地震時における実構造物の管材変形を時間周波数解析によって通常時、ポンプ ON 時およびポンプ OFF 時で比較検討する。

2. 実験方法

実験対象施設は A 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 の厚肉鋼管となっている。フランジ片落ち管中心部にひずみゲージを貼り付けた。ひずみゲージの貼り付け位置を写真-1 に示す。長期間の常時計測を行うために、ゲージの表面を SB テープおよび VM テープでコーティングした。表-1 に使用したひずみゲージの計測条件を示す。ひずみゲージは約 2 週間に一度データ回収を行った。

本研究では、2022 年 3 月 16 日 23 時 36 分 32 秒に福島県沖で発生した地震とそれに伴う管材の変形を対象とした。通常時、ポンプ制御時の水圧変動に伴う管材変形を比較対象とした。解析範囲は 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。

3. ひずみ理論値<sup>1)</sup>

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<sup>2)</sup>。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。

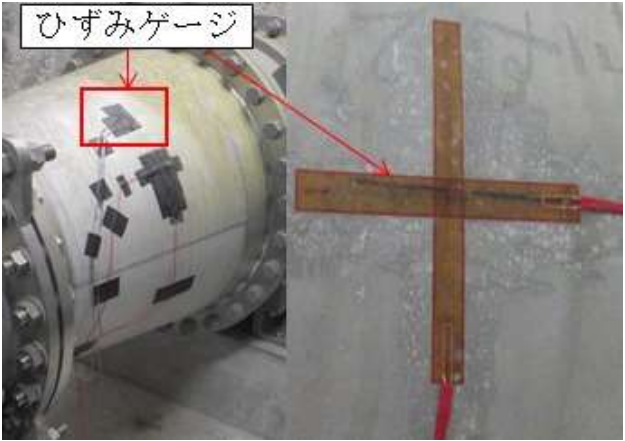


写真-1 解析面およびひずみゲージ

| 表-1 ひずみゲージの計測条件 |                                   |
|-----------------|-----------------------------------|
| 型式              | FLAB-5-11-5LJCT-F<br>(東京計器研究所 社製) |
| ゲージ長            | 5mm                               |
| チャンネル           | ch2: 軸方向ひずみ<br>ch3: 周方向ひずみ        |
| 計測間隔            | 1Hz                               |

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

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

キーワード   パイプライン, 地震時動水圧, 周波数解析, 管材変形  
連絡先       〒101-8228 東京都千代田区神田猿樂町 2-8-8 大林道路株式会社 技術部 TEL 03-3295-8855

ここで、 $u$ : 半径方向変位 (mm)、 $\varepsilon_\theta$ : 周方向ひずみ、 $\nu$ : ポアソン比、 $E$ : 縦弾性係数 (N/mm<sup>2</sup>)、 $r$ : 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図-1に示す。図-1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(図-1 (a) 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が変動しているのに対し(図-1 (a) 紫枠内)、ポンプ ON 時のひずみの変化は緩やかだった(図-1 (d) 赤枠内)。

図-2は周方向ひずみのスカログラムである。いずれのケースも大きなひずみの変動がある時刻で周波数が卓越しているが、特に地震時のひずみが変動した 400 秒付近で高い周波数帯での卓越が確認された(図-2 赤枠内)。

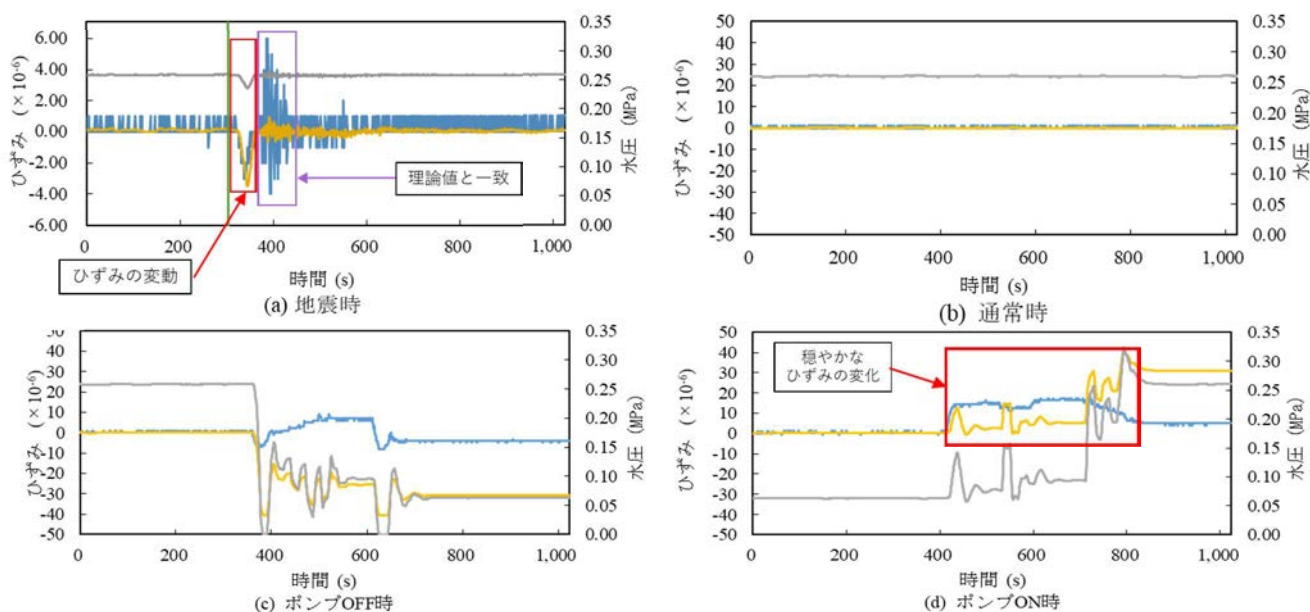


図-1 周方向ひずみの時系列変化

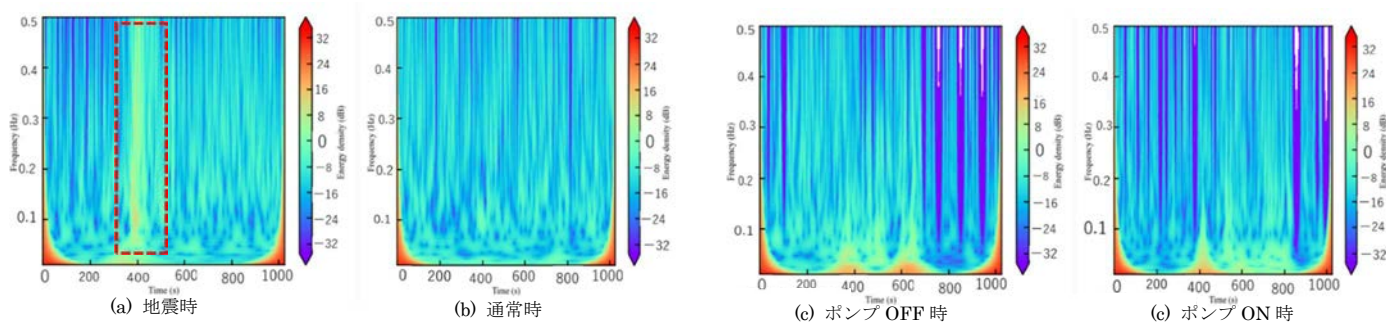


図-2 周方向ひずみのスカログラム

#### 5. おわりに

本研究では、地震時の実構造物における管材変形を周波数解析によって検証した。その結果、地震時の水圧変動に伴うひずみの変化は、ポンプの ON, OFF による水圧変動とは異なる挙動を示すことが確認された。

#### 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 Reyd King and Loren Runar Anderson: Structural mechanics of buried pipes, CHAPTER 19. STRESS ANALYSIS, CRC Press, pp. 239-268, 2000