

地震時における管路内動水圧変化の解析（その2）

Analysis of Pressure Changes in a Pipeline under Seismic Conditions (Part 2)

○伊藤俊輔*, 佐藤信光*, 坂本大樹**, 吉村英人**, 眞鍋尚**

ITO Shunsuke, SATO Nobumitsu, SAKAMOTO Daiki, YOSHIMURA Hideto, MANABE Takashi

1. はじめに

霞ヶ浦用水施設は、茨城県西南地域に最大 19.4m³/s を送水している施設である。送水方法は、霞ヶ浦を水源とし、揚水機場より管路を通して吐出水槽（標高差約 50m）へと圧送している。この区間には3箇所の子ージタンクを設置しており、その後自然流下により各地域へ送水を行っている。

2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地震では、霞ヶ浦用水施設の基準点で最大震度6強を観測し、埋設管周辺の液状化の発生及び空気弁の破損等の被害を受けた¹⁾。空気弁（口径φ200mm, 150mm）は、全232箇所のうち17箇所において、図-1に示すフロート弁案内等が破損した。被害の状況より管路内動水圧の変動が破損の要因につながった可能性があることから、動水圧の挙動を把握するため、一次元管路流れ解析を実施した。



図-1 空気弁の破損状況
Damage states of air-relief valves

2. 地震時の管路内動水圧変動の再現手法

地震時における管路内動水圧の挙動を把握するため、図-2に示す計測箇所計測機器を設置し、管路内動水圧（0.01sec 間隔）及び地震加速度（EW, NS, UD 成分）を計測した。これらの計測データをもとに、再現性が確認できた管路モデルを用いて、特性曲線法²⁾により東北地方太平洋沖地震時における管路内動水圧の再現解析を行った。

地震加速度は、防災科学技術研究所による公表データ³⁾を使用した。また、地震発生後には揚水機場のポンプが停電により停止したため、地震加速度が200galを超えた時点でポンプを停止する条件設定とし、ロータ弁の全閉までの閉塞時間は実機と同じ40秒とした。このときのポンプ揚程は53.67m、送水流量は0.63 m³/sであった。



図-2 計器設置箇所
Location of sensors installation

* 独立行政法人水資源機構 Incorporated Administrative Agency Japan Water Agency

** みずほ情報総研株式会社 Mizuho Information & Research Institute, Inc.

キーワード：特性曲線法, パイプライン, 東北地方太平洋沖地震

3. 東北地方太平洋沖地震時の管路内圧力変動の分析

18号空気弁（φ200mm, 0.75MPa）における管軸方向の地震加速度と管路内動水圧の再現解析結果を図-3に示す。

地震加速度（ α ）は、40秒付近より徐々に増大し110秒付近で最大376galとなり、その後減衰していく。一方、管路内動水圧（ P' ）は、揚水機場のポンプが停電により停止した影響を受けて、100秒付近から長周期の変動と短周期の変動を合わせた変化を示しており、地震加速度が200秒経過しても減衰しにくいことがわかる。

このうち、長周期の変動を全体の動水圧変化の移動平均により抽出すると、図中黒色の実線となり、その周期は80秒～90秒である。この長周期の変動はポンプ停止にともなう変動であり、図-4に示すポンプ停止時の計測データで確認されたものとほぼ同じ約90秒周期であった。一方、短周期の変動は地震の揺れに起因する変動であり、長周期成分を中心に上下に変動しているのが確認できる。また、110秒付近から120秒付近において数回、動水圧が0MPa程度となった後、瞬時に回復する様子が確認できる。これは、空気弁またはサージタンクが作用し、負圧になるのを抑制しているためと考えられる。

今回の解析では、地震の揺れとポンプ停止の複合的な影響により管路内圧力が大気圧程度となる現象が発生し空気弁から空気吸入した可能性が考えられること、0.4MPa（約40m相当）の管路内圧力変動が繰り返し発生していることが読み取れる。その結果、管路内に比較的大きな繰り返し荷重が作用したことが、空気弁の破損に至った要因の一つと考えられる。

4. おわりに

計測データで再現性が確認できた管路モデルを用いて東北地方太平洋沖地震時における管路内の動水圧の挙動を把握することができた。これにより、パイプラインの施設検討をする上で、より具体的な地震動に対する動水圧の影響も考慮することが可能と考えられる。

参考文献

- 1) 西川隆司・塩津徹・棕忠太・橋本要：東北地方太平洋沖地震に伴う霞ヶ浦用水施設の被災状況と応急対策の報告，水資源機構H23技術研究発表会
- 2) 富士総合研究所，“管路内流れのシミュレーションプログラム”，丸善株式会社，1995.
- 3) 国立研究開発法人防災科学技術研究所（NIED），強震観測網kiknet，霞ヶ浦地点（IBRH17）

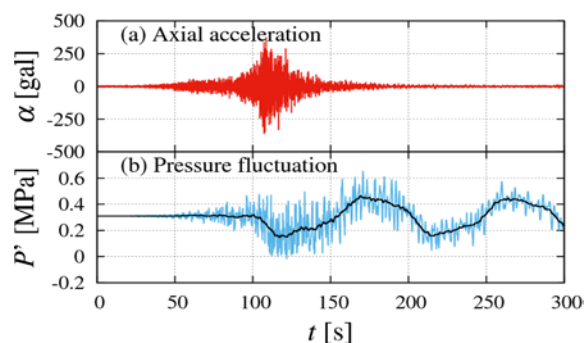


図-3 地震加速度と再現解析結果
An earthquake acceleration and result of reproducing analysis

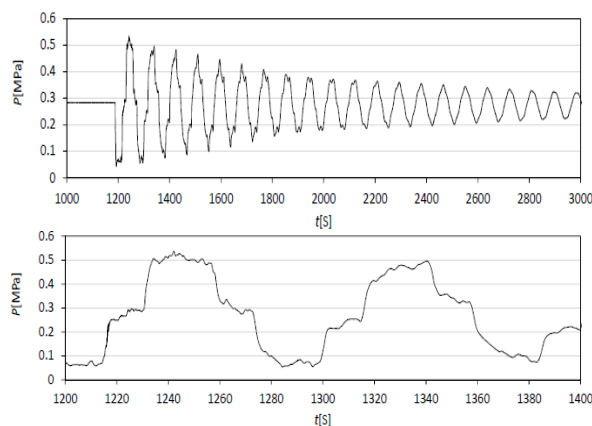


図-4 ポンプ停止時の管路内圧力変動
(下図拡大) Pressure Fluctuation in a Pipeline under the pump stop