

地震時における長距離管路内の動水圧変化に関する再現性検証 Analysis of Pressure Changes in a Pipeline under Seismic Conditions

○坂本大樹*, 吉村英人*, 眞鍋尚*, 伊藤俊輔**, 佐藤信光**

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

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した三陸沖を震源とする東北地方太平洋沖地震では、茨城県の霞ヶ浦用水施設において、管路に設置されている空気弁の破損が複数の箇所であった。その原因の一つとして、地震の揺れに起因する管路内の動水圧変化が考えられる。地震時における管路内の動水圧変化の把握を目的として、著者らは 2018 年に長距離管路を対象に地震波を考慮した動水圧計算を行い、現象の再現性について検証を行った¹⁾。本論は、長距離管路内の動水圧変化の再現性に関して更なる検証を行うため、追加の地震ケースにおいて再現計算を行った結果をまとめたものである。

2. 霞ヶ浦用水施設の概要

本解析では、霞ヶ浦揚水機場から吐出水槽までの管路を解析対象とした。詳細は参考文献 1 を参照されたい。施設内の 1 号制水弁で地震加速度（ES, NS, UD 成分）の計測を行った。前報では、計測期間中に発生した地震のうち、地震加速度が最大であった 2016 年 5 月 16 日の茨城県南部を震源とする地震（マグニチュード 5.5, 施設管内最大深度 5 弱）について計算を行い、本論では、動水圧変化の継続時間が比較的長かった 2016 年 10 月 20 日の千葉県北東部を震源とする地震（マグニチュード 5.3, 施設管内最大深度 4）を対象として計算を行った。また 5 月 16 日の地震時のポンプ揚程は 56.65 m, 送水流量は 2.15 m³/s であり、10 月 20 日の地震時のポンプ揚程は 55.03 m, 送水量は 0.4 m³/s であった。

3. 計算手法および計算条件

解析には管路系水撃解析プログラム u-FLOW/WH^{1),2)} を用い、特性曲線法により行った。基礎方程式は 1 次元圧縮性流体の質量保存式と運動方程式であり、ここでは詳細は省略する。5 月 16 日、10 月 20 日それぞれで発生した地震に対して、1 号制水弁で計測された地震加速度を管内全体で同時に作用させ、地震発生後 200 秒の計算を行った。

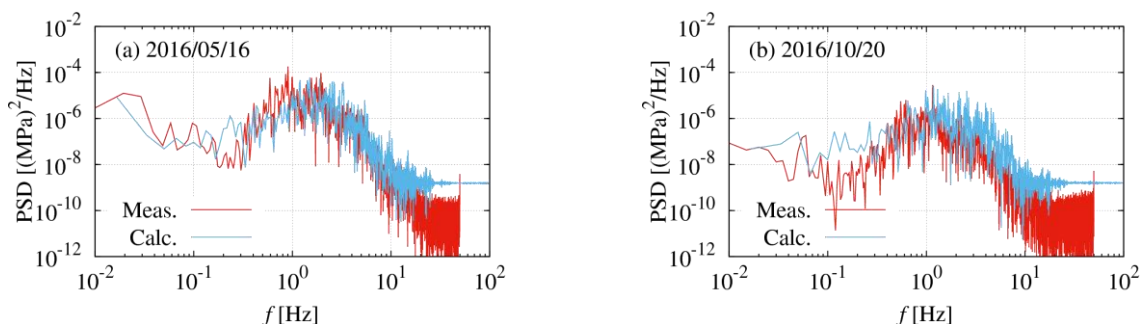


図-1 18号空気弁における動水圧のパワースペクトル

Power spectrum of the pressure fluctuations at the No. 18 air valve

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

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

[Key Word] 水撃圧, 特性曲線法, 地震波, パイプライン

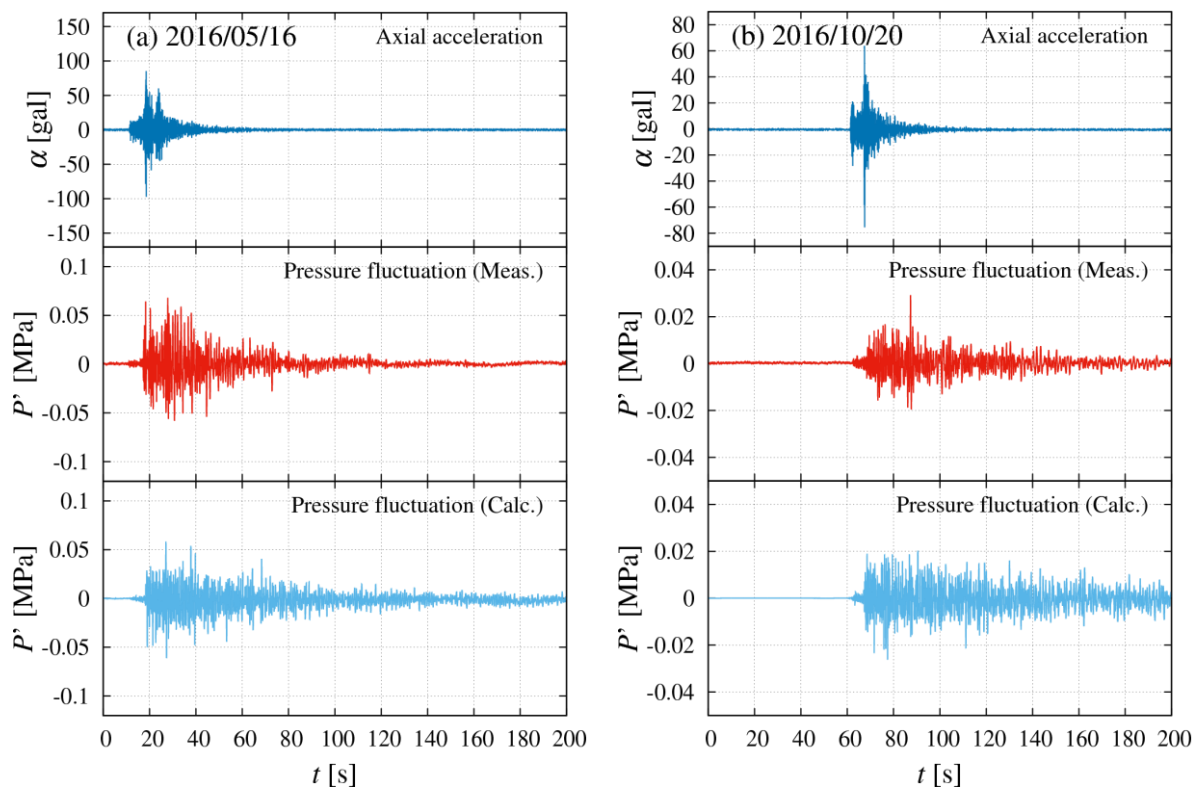


図-2 18号空気弁における管路内動水圧変化
Pressure fluctuations at the No. 18 air valve

4. 結果および考察

図-2 に各地震時の18号空気弁における動水圧の計測値と計算結果を示す。管軸方面の地震加速度も併せて示す。5月16日の地震に関して、地震加速度は20秒付近で最大となる。その後、25秒付近で再度大きくなったのち、急激に小さくなっている。一方、動水圧は地震の発生とともに変動が大きくなり始めるが、30秒付近で最大値を示しており、圧力変動のピークが加速度のピークよりも遅れて表れている。計算結果においても、30秒付近で振幅が大きくなる様子が確認でき、計測値の傾向を再現できていると言える。また、10月20日の地震についても、地震加速度のピーク後10~20秒後に動水圧のピークが表れるという傾向を再現できている。動水圧のパワースペクトルに関して、図-1に示すとおり、5月16日、10月20日の各地震時において計測値と計算結果で概ね一致していることが確認できた。

5. おわりに

霞ヶ浦用水の送水路区間を対象に、地震波を考慮した1次元管路流れ解析を実施し、管路内の動水圧変化を計測データと比較した。その結果、圧力変動が地震加速度よりも遅れて増幅されるという特徴や、圧力変動の周波数特性を再現できていることが確認できた。

参考文献

- 1) 坂本大樹・吉村英人・眞鍋尚・伊藤俊輔・佐藤信光，“地震時における管路内動水圧変化の解析（その1）”，平成30年度農業農村工学会大会講演会，2018
- 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.