

# 東北地方太平洋沖地震時における管路内動水圧変化の再現 Analysis of Pressure Changes in a Pipeline under Tohoku Pacific Ocean Earthquake

○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、茨城県西南地域に計画最大 19.4m<sup>3</sup>/s を送水する施設である。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<sup>1)</sup>。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、次元管路流れ解析を実施した。

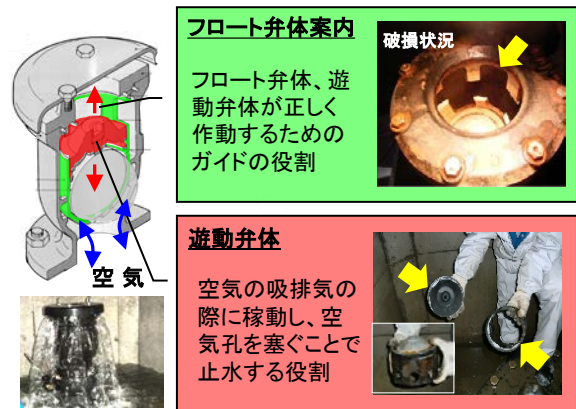


図-1 空気弁の破損状況  
Damage states of air-relief valves

## 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 に示す計測箇所に計測機器を設置し、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<sup>2)</sup>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<sup>3)</sup>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、ルート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 m<sup>3</sup>/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再現

1号制水弁及び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, 4に示す。

地震加速度( $a$ )は、それぞれ40秒付近より徐々に増大し100秒過ぎた付近で300galを超え、その後減衰していく。一方、計算により再現した管路内動水圧( $P'$ )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が見られ、地震加速度がほぼ収束した200秒経過しても減衰しにくい結果となった。

長周期の変動は、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秒となり、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周期であった。

一方、図中青色の実線で示す短周期の動水圧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。特に図-4では100秒から150秒の間において数回、動水圧が瞬間的に0MPa以下まで低下する結果となった。揚水ポンプ急停止による水撃現象では、負圧となることなく、地震時特有のものと考えられる。

今回の再現により、通常、空気弁のフロート弁体は管路内の圧力により押し上げられているが、負圧になると圧力の低下に合わせてフロート弁体の位置が下がる。負圧に至るほどの圧力変動が繰り返されると、フロート弁体に地震加速度による短周期の強い振動が作用し、その結果フロート弁体案内に衝撃が作用し破損に至った要因の一つと考えられる。

### 4. おわりに

今回の管路モデルを用いて、今後起こりうる首都直下地震の再現解析への活用、流量の違いによる動水圧の変化等も考慮し、地震時における管路内動水圧の変化を耐震照査の一手法として用いることが可能と考える。

参考文献

- 1) 西川隆司・塩津徹・椋忠太・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)

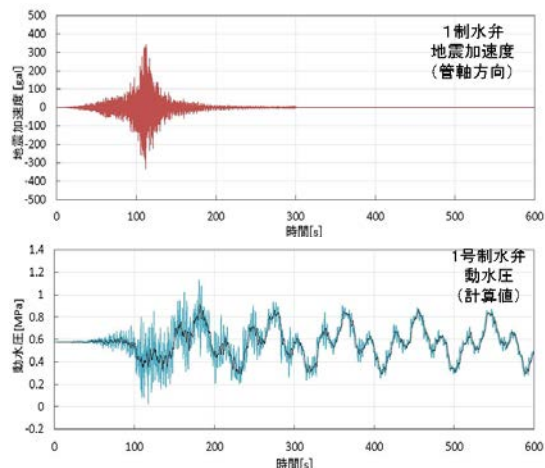


図-3 地震加速度と再現解析結果  
An earthquake acceleration and result of reproducing analysis

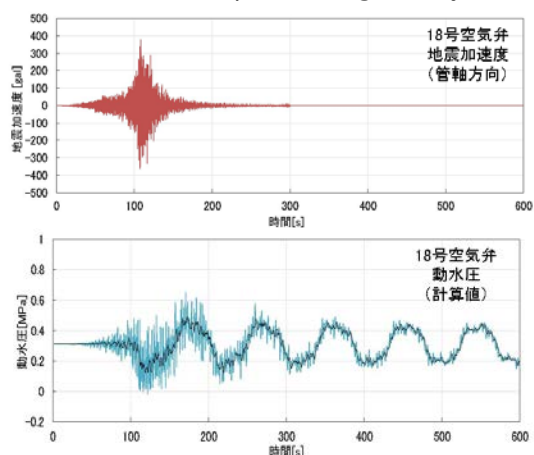


図-4 地震加速度と再現解析結果  
An earthquake acceleration and result of reproducing analysis