

農業用管水路中の地震時動水圧に伴い空気弁に発生する水撃圧 Water Hammer Generated in the Air Valve due to the Hydrodynamic Pressure Generated in the Irrigation Pipeline during Earthquake

○大久保 天, 寺田健司, 南雲 人

OHKUBO Takashi, TERADA Kenji and NAGUMO Hitoshi

1. はじめに

地震発生に伴い農業用管水路（以下、「管水路」）内に動水圧（以下、「地震時動水圧」）が発生する。地震時動水圧は、管水路が破損する主要因のひとつと考えられている。しかし、供用中の管水路において地震時動水圧のデータを取得した事例は少なく、その実態は十分に明らかにされていない。東日本大震災を契機として、寒地土木研究所は、2013年から北海道内で供用中の畑地灌漑用管水路において、地盤変位の加速度と水圧を常時観測して、地震時における加速度（地震加速度）と水圧変動（地震時動水圧）のデータを取得してきた。その主要な成果は大久保ら（2020）に記されている。本稿では、2019年11月より同様に観測を開始した水田灌漑用管水路（以下、「A管水路」）を対象とした観測結果の一部を報告する。とくに、水田灌漑用（低水圧）の管水路では地震時動水圧に伴い空気弁内に水撃圧が生じることが、松田ら（2021）の模型管路による振動実験により明らかにされており、その場合の水撃圧と考えられる水圧上昇が本観測データにおいて確認されたので報告する。

2. 観測方法

観測対象のA管水路の縦断面図と平面図をそれぞれ Fig. 1, Fig. 2 に示す。A管水路の延長は約 5.9 km であり、その全路線が管径 1,100 mm のダクタイル鋳鉄管（DCIP）である。計画流量は 0.72~0.87 m³/s である。観測地点 1 および観測地点 2 における空気弁 1 および空気弁 2 を利用して観測を行った（Fig. 3）。水圧は空気弁本体にある分岐管の先端に圧力変換器を取り付けて観測した。また、地震加速度は空気弁保護工底部のコンクリート平板に加速度計を固定して、東西、南北および鉛直方向の 3 成分を観測した。水圧および加速度データの収録時間間隔は 0.01 秒（サンプリング周波数 100Hz）とした。

3. 観測結果および考察

本稿では、観測結果の一例として、2020年3月28日 09:57:52 に発生した地震（浦河沖，M5.0）において観測された地震加速度および地震時動水圧の経時変化を観測地点 1 および 2 についてそれぞれ Fig. 4 (1), Fig. 4 (2) に示す。最上位のグラフから下方へ、東西、南北、鉛直方向の加速度、地震時動水圧である。両観測地点ともに、地震動（S波）の到着と同時に水圧変動が増大し、地震時動水圧の発生を確認した。ただし、両者の地震

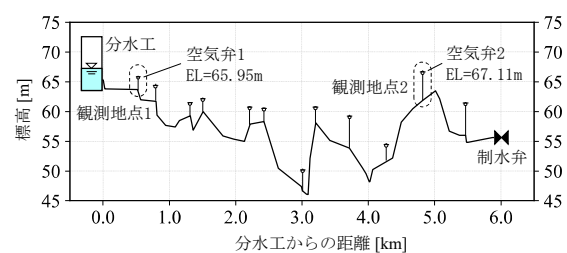


Fig. 1 A管水路の縦断面図および観測地点
Longitudinal section of A pipeline
and observation points



Fig. 2 A管水路の平面図
Horizontal section of
A pipeline



Fig. 3 計器の設置状況
Installation state of
instruments

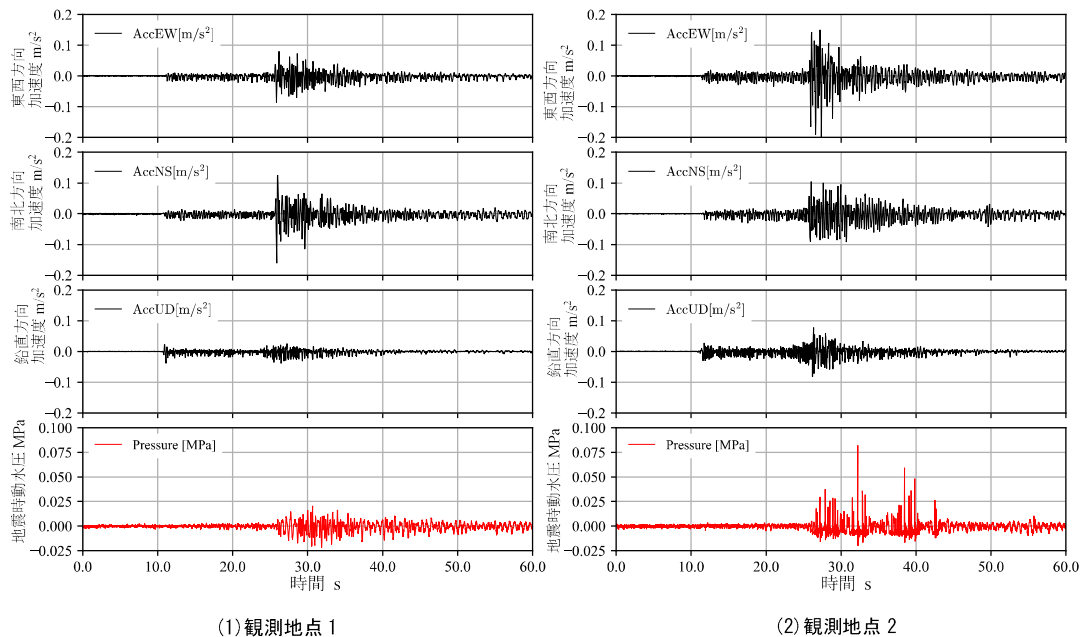


Fig. 4 2020年3月28日に発生した地震時における地震加速度および地震時動水圧
Seismic acceleration and hydrodynamic pressure during the earthquake that occurred on March 28, 2020

時動水圧の振動状況は異なる。観測地点1における地震時動水圧の振動（正負の振幅の大きさ）はほぼ対称的であることに対して、観測地点2における地震時動水圧の振動は非対称であり、その水圧の最大値は観測地点1における地震時動水圧の最大値の数倍となっている。

このような観測地点2における水圧の急上昇は、地震時動水圧の圧力変動に伴い空気弁内に生じた水撃圧であると考えられる。松田ら（2021）によれば、**Fig. 5**に示す機構によって、地震時における水圧変動（地震時動水圧）に伴い空気弁内に水撃圧が生じる。地震時動水圧の振動により空気弁地点における水圧が降下して空気弁内の水が引けば、空気弁内は負圧となり空気が流入する。その直後、水圧が上昇に転じると急速に空気弁内へ水が流入する。空気弁内の水位の急上昇とともにフロート弁も上昇して通気口を瞬時に塞ぐ。このとき、空気弁内への上向きの流速が瞬間的に0になるため、空気弁内部において水撃圧が生じる。**Fig. 1**に示すとおり、空気弁1と2はA管水路における最も高い標高の付近に位置する。**Fig. 4**に示す事例の場合、地震時動水圧により空気弁2では負圧が生じたものの、空気弁1はそれより低い標高に位置するために負圧にならなかったと推察される。以上の考察から、**Fig. 4 (2)**の観測結果は、地震時動水圧に伴う空気弁内の水撃現象が供用中の管水路において実際に発生していることを示唆する。

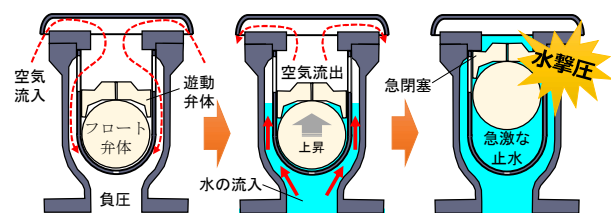


Fig. 5 地震時における空気弁内の水撃作用
Water hammer in an air valve during an earthquake

4. おわりに

今後、さらに様々な条件やタイプの管水路において観測を実施して、これまで十分に把握できていない管水路中の水理現象を捉えていきたい。

引用文献

- 大久保 天, 中村和正, 今泉祐治, 寺田健司, 川口清美 (2020): 農業用管水路で生じる地震時動水圧, 農業農村工学会論文集, 310(88-1), pp.I_135-I_144.
松田貢一, 藤澤 豊, 田中良和, 有吉 充 (2021): 地震時の空気弁内の遊動弁体の動きと水圧に関する基礎的実験, 農業農村工学会誌, 第 89 号, 第 4 号, pp.21-24.