

灌漑用管水路で生じる地震時動水圧の数値シミュレーション

Numerical simulation of seismic hydrodynamic pressure in an irrigation pipeline system

○萩原 大生* 大久保 天* 南雲 人* 池上 大地*

○Taiki Hagiwara*, Takashi Ohkubo*, Hitoshi Nagumo*, and Daichi Ikegami*

1. はじめに

地震時の管水路内では、水と管体の相対速度に伴う動的な圧力として地震時動水圧が発生することが確認されている¹⁾。管水路の地震時動水圧について、その実態が不明であったことから、管水路の設計や維持管理にその影響は十分に考慮されていない。地震時動水圧の発生により、管内水圧は設計の許容範囲を超える可能性があり、空気弁の被害が報告されている。地震時動水圧の評価は、適切な施設の維持管理および設計において不可欠な情報のひとつである。本報では、既設管水路における管内水圧と地震動加速度の常時計測データに基づき、数値シミュレーションにより現象の再現と実態評価を試みた結果について報告する。

2. 計測方法

既設管水路を対象に、管内水圧と地震動加速度の常時計測を行った。対象施設は畑地灌漑の管網水路とした。**Fig. 1**に対象施設の模式図を示す。常時計測の装置は、空気弁室に設置した。水圧センサは空気弁から分岐した枝管に取り付けた。加速度センサは、空気弁室底のコンクリート基礎の上に取り付けた。対象施設では異なる管径と管厚を諸元とする管が用いられている。計測位置の空気弁直下の本管では、管径が350 mm、管厚が5 mm、管材はダクタイル鋳鉄である。上流にはFRPM管も存在している。地震動加速度は東西、南北および上下の3方向を計測した。管内水圧および地震動加速度について、100 Hzで計測した。

3. 解析方法

弾性体理論に基づく非定常流況の運動方程式および連続式ならびに先行研究²⁾を参照し、管水路内の地震時動水圧の基礎式を与える。地震動の影響を考慮した運動方程式を(1)、連続式を(2)に示す。

$$g \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{f}{2D} V|V| - \alpha = 0 \quad (1)$$

$$\frac{c^2}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial t} + V \left(\frac{\partial H}{\partial x} + \sin\theta \right) = 0 \quad (2)$$

ここで、 H はピエゾ水頭(m)、 V は管内平均流速(m/s)、 D は管径(m)、 g は重力加速度(m/s²)、 c は圧力伝播速度(m/s)、 θ は水路勾配である。 α は地震動加速度の管軸方向成分(m/s²)であり、東西・南北・上下方向の座標系に対する管軸の方向余弦と加速度ベクトルの内積により求める。なお、式(1)の $V \cdot \partial V / \partial x$ と式(2)の $V(\partial H / \partial x + \sin\theta)$ について、本計算では省略した。解析条件として、時間ステップは0.0005 s、空間ステップは対象管水路の各位置における圧力伝播速度と時間ステップの関係からクーラン数が1となるように設定する。管水路の本管に対し、上流のファームポンドから下流まで管軸方向の1次元でモデル化している。

4. 結果および考察

常時計測により得られた地震動加速度を**Fig. 2**に示す。2016年1月14日に浦河沖で発生したマグニチュード6.7の地震動による計測結果を表している。**Fig. 2**(a)~(c)に、地震動加速度の3成分の実測値を示す。なお、これらには0.1 Hzハイパス処理を行

* 寒地土木研究所 *Civil Engineering Research Institute for Cold Region*

キーワード：地震時動水圧、灌漑用管水路、数値シミュレーション、非定常流況、管網

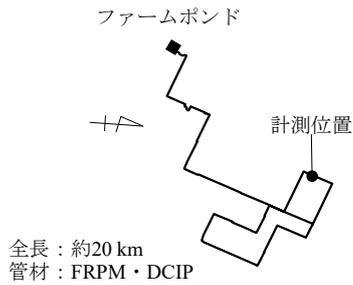


Fig. 1 計測対象の灌漑用管水路
An irrigation pipeline system for constant monitoring.

っている。Fig. 2 (d) に、実測値 3 成分に基づく計測位置直下の本管の管軸に沿った地震動加速度の管軸方向成分の計算値を示す。地震動加速度に伴う地震時動水圧と数値シミュレーション結果を Fig. 3 に示す。

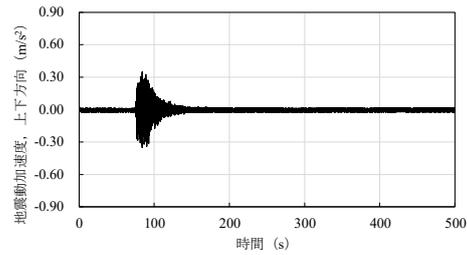
Fig. 2 (d) の管軸方向成分の地震動加速度をもとに、ピエゾ水頭の変動が計算されている。検討結果では、変動の立ち上がりについて実測値を概ね再現している。減衰については、 Manning 式より求めた摩擦損失係数を 30 倍させることにより表現している。エネルギー損失の影響を摩擦損失係数に計算上で負担させている。既設管水路のエネルギー損失としては、継手部の漏水や管内の劣化、泥の堆積といった様々な要因が挙げられる。今後、減衰の影響要因の特定と計算モデルへの反映が不可欠と考える。

5. おわりに

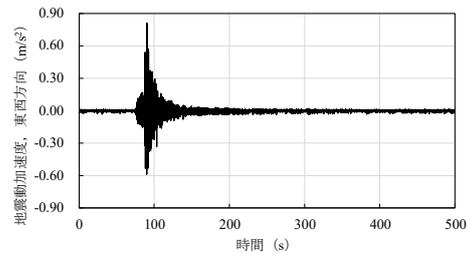
本研究では、灌漑用管水路内にて発生する地震時動水圧を常時計測により検出し、数値シミュレーションによる再現を検討した。水圧変動の減衰に影響する摩擦損失係数を増加させて計算することで、地震時動水圧の実測値を概ね再現できることが確認された。既設管水路の実態に即した減衰の影響を考慮して計算モデルを検討する必要があると示唆される。

引用文献

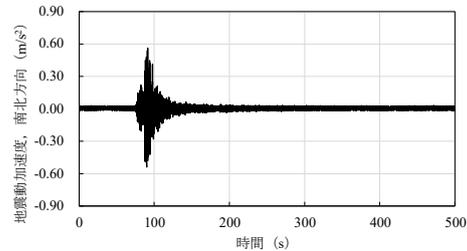
- 1) 大久保天, 中村和正, 今泉祐治, 寺田健司, 川口清美 (2020): 農業用管水路で生じる地震時動水圧, 農業農村工学会論文集, **88**(1), I_135-I_144.
- 2) 坂本大樹, 吉村英人, 眞鍋尚, 伊藤俊輔, 佐藤信光 (2018): 地震時における管路内動水圧変化の解析 (その 1), 平



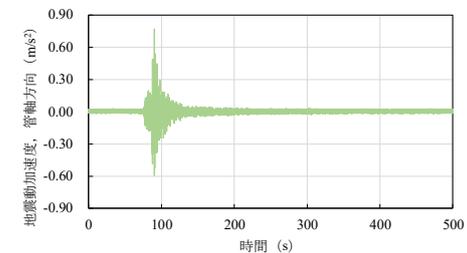
(a) 上下方向成分の実測値



(b) 東西方向成分の実測値



(c) 南北方向成分の実測値



(d) 管軸方向成分の計算値

Fig. 2 入力加速度
Input acceleration data for the numerical simulation.

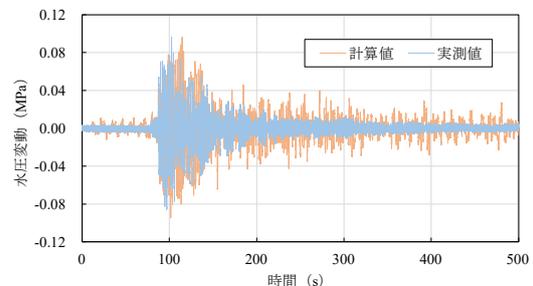


Fig. 3 地震時動水圧の実測値と計算値の比較
The result of the numerical simulation.

成 30 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, 634-635.