

## 非接触 3次元画像解析による農業用パイプラインに発生した圧力波の検出 Non-Contact 3D Image Analysis for Detection of Pressure Waves in an Agricultural Pipeline

○ 鈴木哲也\*・久保成隆\*\*・飯田俊彰\*\*

Tetsuya SUZUKI, Naritaka KUBO and Toshiaki IIDA

### 1. はじめに

農業用パイプラインのバルブ操作時に発生する水激圧の検出は、既存施設の長寿化において最も重要な技術的課題の一つである。本報では、パイプライン内で発生した圧力波を露出管区間における画像解析によって非破壊・非接触検出する方法論の開発を試みた結果を報告する。

### 2. 実験・解析方法

実験的検討ではモデルパイプラインを構築し、圧力波の検出を試みた。材質は硬質塩化ビニル管（延長約 5m、管径 50mm）である。送水方法はポンプにより下方に設置した貯水槽より上方の貯水槽へ送水し、配管内に給水する。貯水槽から約 5m 地点に制水弁を設置し、手動により閉塞させた。閉塞時間は 10 ケースを設定し、制水弁近傍に設置した AE センサにより閉塞時間を評価した。AE 発生挙動は、バルブ挙動と密接に関連し、閉塞開始により AE が検出され、完全に閉塞された段階で AE の検出が無くなった。圧力波の計測は、配管内に圧力計を設置するとともに、管外面における非破壊・非接触計測を CCD カメラにより行った。画像取得は、計測対象に対して 2 台の CCD カメラを平行に設置し、100Hz でデータを取得した。画像解析は、計測対象表面に施されたランダムパターン（本研究では管体表面に黒色の不定形ドット）を追跡し、初期状態における小領域画像に対して一定時間後の試験画像の中から正規化された相関係数が最適値となる領域を探し

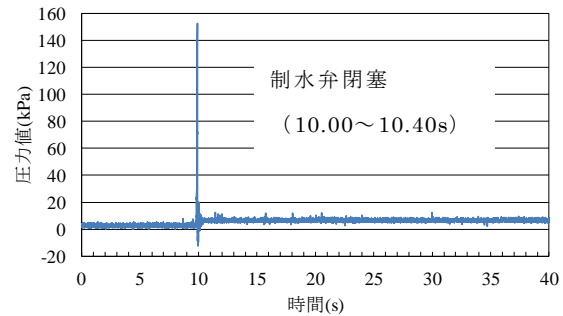


図 - 1 検出圧力波（バルブ閉塞時間：0.40s）。

出すことによってランダムパターンの移動量（変位量）を評価した。

### 3. 結果および考察

#### (1) 検出圧力波

モデルパイプラインに発生した圧力波は、バルブ閉塞時間が 1s 未満の場合、ピーク値を有する時系列波形が確認された（図 - 1）。バルブ閉塞時間が 1s 以上の場合、緩やかな内水圧の上昇が確認された。最大水圧は 0.40s で閉塞した際に 152.6kPa を計測し、最小動水圧は 10.48s で閉塞した際に 9.9kPa を計測した。

#### (2) 画像解析による圧力波の検出

画像解析による検討結果の一例を図 - 2 に示す。本図は、圧力波到達前の段階（図 - 2①）と到達後（図 - 2②）の間の変位量（Z 方向）を画像解析により評価したものであり、1/100 秒後に変位量が大幅に変化したことが理解できる。本検討では流水振動とバルブ閉塞に伴う振動をそれぞれ事前計測した後に、その結果得られた時系列データ（変位量-時間曲線）から振動起源の

\* 新潟大学自然科学系（農学部） Niigata University, Faculty of Agriculture

\*\* 東京大学大学院農学生命科学研究科 The University of Tokyo, Graduate School of Agricultural and Life Sciences  
キーワード 農業用パイプライン、圧力波、画像解析、非破壊・非接触計測

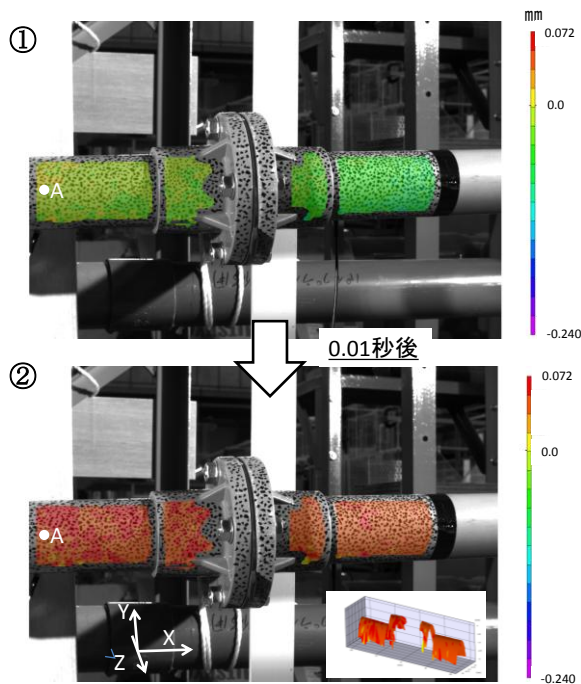


図 - 2 画像解析による圧力波検出画像  
(①：圧力波伝播前，②：圧力波伝播時)

ピーク周波数帯を高速フーリエ変換により評価し、計測時にフィルタとして設定した。画像解析から得られた圧力波の時系列波形を図 - 3 に示す (図 - 2 : A 点)。

検討の結果、制水弁閉塞時間 0.40 秒の場合、約  $-0.15\text{mm}$  の変位を確認した (図 - 3)。バルブを操作しなかった場合は  $0.05\text{mm}$  以上の変位は確認されなかった。静水状態において  $0.75\text{s}$  でバルブの閉塞を行った場合、 $0.03\text{mm}$  以上の変位は確認されなかった。このことから、図 - 3 に示す変形特性の立ち上がりは、バルブ閉塞により発生した圧力波に起因する現象であると考えられる。同様の傾向は、圧力計により検出した圧力波においても確認された。

## 5. 農業用パイプラインへの画像解析の適用範囲と技術的課題

本報で提案した画像解析法は、計測対象の外の変形挙動の変位量ないしひずみ量を検出するものである。これらのことから、既存の農業用パイプラインへ提案手法を適

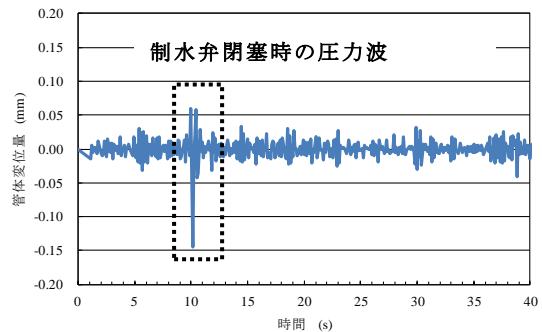


図 - 3 バルブ閉塞時の変位量 (Z 方向)

用する場合、土中に埋設されている区間ではなく、水管橋や斜面工、マンホール部など露出管区間での適用が可能である。画像計測を行い、一般的な水激圧に関する数値解析手法である非定常流況解析での計算値と本実測値との相関性<sup>1)</sup>からパイプラインの水激圧に対する安全性の技術的検討の高度化が可能になるものと考えられる。

## 6. 結論

本報では、制水弁操作に伴う非定常流況過程で発生する圧力波を対象に画像解析による管体変位量の観点から圧力波を非破壊・非接触計測することを試みた。検出した管体変位量と最大水圧の関係から圧力波到達時の管体変位を画像解析により検出し、定量評価できる可能性を確認した。このことから、管内部へのセンサの挿入が困難な老朽化が進行した施設では画像取得による管外面からの非破壊・非接触による圧力波の同定が有効であると考えられる。

## 引用文献

- 1) 鈴木哲也：パイプラインの非定常流況で発生する圧力波の非破壊・非接触検出法の開発，第 69 回農業農村工学会京都支部研究発表会講演要旨集，pp. 34-35，2012。
- 2) 鈴木哲也，中達雄，樽屋啓之：非破壊弾性波モニタリングによる農業用パイプラインの水密性評価に関する実証的研究，新潟大学農学部研究報告，64 巻，1 号，pp.49-54，2011。