

## 3次元画像解析を用いた非定常流況における管材変形の検出 Detection of Pipe Material Deformation in Unsteady Flow by 3D Images Analysis

○小西彩加\*・斎藤真歩\*・鈴木哲也\*\*

○Ayaka Konishi, Maho Saito and Tetsuya Suzuki

### 1. はじめに

農業用パイプラインは内水圧を利用した送水システムであり、広く利用されている<sup>1)</sup>。パイプラインは土中に埋設されていることに加えて、既存施設の劣化・損傷により接触型計測が困難な場合もある。

本研究では画像解析を用いて非接触による変形特性の検出を試みた。本論では管損傷部分、無損傷部分の変形を軸方向変位、周方向変位に着目し検討する。

### 2. 実験および解析方法

欠損を施したモデルパイプラインでの実験的検討により取得したデータを用いて、画像解析を行った。管種ステンレス鋼(SUS304)、管路延長 900.43 m、外径 27.2 mm、内径 24.2 mm である。欠損は長さ 50 mm、深さ 1.0 mm、幅 1.0 mm のスリットにより模した。実験ではパイプライン下流末端弁の閉塞により圧力波を発生させ、スリットを含む範囲を画像撮影した。本論では水撃圧発生前と最大水撃圧時の軸方向、周方向の変位を画像解析によって抽出した。抽出範囲を図 1 に示す。抽出範囲は 1 辺 5 mm に設定した。No.2 に含まれるスリット長さは 2.5 mm である。データは 1 つの範囲につき X 軸方向に 0.5 mm 間隔で 10 点、Y 軸方向に 0.5 mm 間隔で 10 点の計 100 点を抽出した。ただし、箱ひげ図のひげの上下端より外側の値を外れ値とした。ひげの長さは四分位範囲の 1.5 倍に設定した<sup>2)</sup>。解析を行った実験条件は表 1 のとおりである。

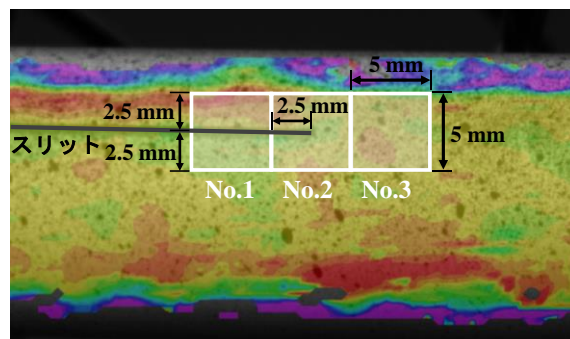


図 1 データ抽出範囲

表 1 モデルパイプライン実験条件

	Case A	Case B	Case C
スリット深さ (mm)	1.0	1.0	1.0
最大圧力 (MPa)	0.54	0.74	0.95

抽出した範囲ごとにヒストグラムにした後、正規分布を仮定し確率密度曲線を作成した。カイ二乗検定を行った後、各ケースの No.1, No.2, No.3 間で F 検定, t 検定を行った。F 検定, t 検定ともに有意水準は 5% に設定した。t 検定は両側検定を行った<sup>3)</sup>。

### 3. 結果および考察

#### 1) 検出画像の特徴

5%有意水準で t 検定を行った結果、軸方向変位は Case B, Case C, 周方向変位は Case A, Case B, Case C の抽出範囲間で有意差が認められた。しかしながら Case A の軸方向変位にて有意差が認められないものがあった。水撃圧発生前では、No.2 と No.3, 最大水撃圧時では、No.1 と No.2, No.2 と No.3 である。これは最大圧力の小さい Case A では変形の影響

\*新潟大学農学部 Faculty of Agriculture, Niigata University

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

キーワード: パイプライン, 3次元画像解析, 正規分布, 損傷・無損傷

が小さかったためだと考えられる。

## 2) 損傷, 無損傷部分の変位特性

水撃圧発生時の損傷, 無損傷部分の変位特性を調べるために, No.1, No.2, No.3 の変位を比較した. 図 2 に Case C の軸方向変位の確率密度曲線を示す. スリットを含む No.1 の変位が 0.0791 mm 付近の比較的大きい値を示し, 損傷の無い No.3 の変位が 0.0776 mm 付近の比較的小さい値を示した. また No.1 は損傷部分と無損傷部分を含むために, データの値がばらついた. 対称的に, 損傷部分のない No.3 の変位は集中分布を示した.

図 3 に Case B の周方向変位の確率密度曲線を示す. 周方向変位においても No.3 の値は集中分布を示したものの, No.1, No.2 よりも大きい 0.0309 mm 付近の変位を示した. 周方向変位は振動の影響を受けやすく, 軸方向変位に対して精度に差があることが原因であると考えられる.

## 3) 軸方向 - 周方向変位の関係

軸方向応力と周方向応力の間には, 式 (1) の関係がある<sup>4)</sup>.

$$\sigma_z = \sigma_\theta / 2 \quad (1)$$

ここで,  $\sigma_z$ : 軸方向応力 (N/m<sup>2</sup>)  $\sigma_\theta$ : 周方向応力 (N/m<sup>2</sup>) である. 式 (1) より, 周方向変位は軸方向変位の 2 倍になる. 図 4 に最大水撃圧時の Case A の軸方向変位と周方向変位の確率密度曲線を示す. 図 4 に示すように, 周方向変位は軸方向変位の 2 倍となっていることが確認された.

## 4. おわりに

本論では水撃圧発生時の損傷, 無損傷部分の変位について検討した. 軸方向変位は損傷部分と無損傷部分の変位特性が見られた. 周方向変位は軸方向変位と比べ, 2 倍の変形が確認され, 理論値と一致した. 以上より, 非接触によって管材損傷を同定できる可能性が示唆された.

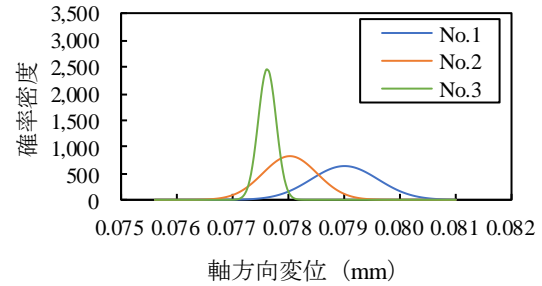


図 2 軸方向変位の確率密度曲線  
(Case C 最大水撃圧時)

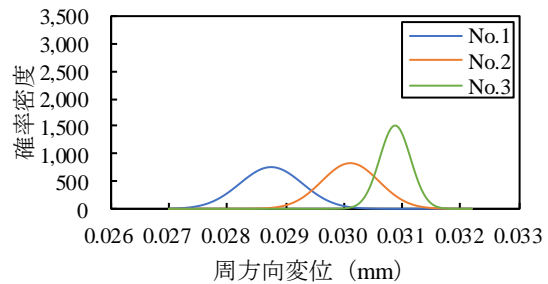


図 3 周方向変位の確率密度曲線  
(Case B 最大水撃圧時)

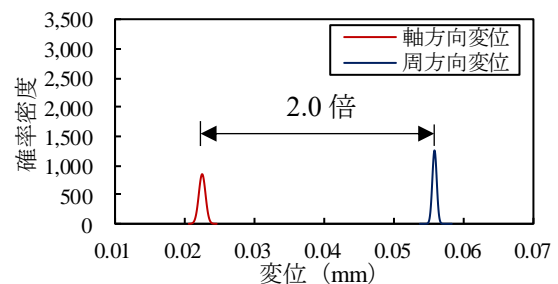


図 4 軸方向 - 周方向変位の確率密度曲線  
(Case A No.1 最大水撃圧時)

## 参考文献

- 1) 農林水産省農村振興局整備部設計課監修, 1. 農業用パイプライン導入の経緯と役割, 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説設計「パイプライン」, pp. 99-105, 2009.
- 2) Michael Frigge, David C. Hoaglin and Boris Iglewicz, : Some Implementations of the Boxplot The American Statistician, February, Vol. 43, No. 1, pp. 50-54, 1989.
- 3) 伊藤學, 亀田弘行監訳: 改訂土木・建築のための確率統計の基礎, 丸善出版 pp. 121-127, pp. 356-358, 1977.
- 4) Reynold King Watkins and Loren Runar Anderson : Structural Mechanics of Buried Pipes, CRC, pp. 238-267, 2000.