

圧力波伝播に基づくパイプライン欠損の非破壊同定に関する研究 Non-Destructive Detection of Defect in Pipeline based on Pressure Wave Propagation

○鈴木哲也*・小峯悠汰**・浅田洋平***・木村匡臣***・安瀬地一作****

Tetsuya Suzuki, Yuta Komine, Yohei Asada, Masaomi Kimura and Issaku Azechi

1. はじめに

鋼製パイプラインに発生する欠損は、弾性波の伝搬挙動の特徴量から同定されることが多く、接触型の非破壊検査が普及している。筆者らは、パイプラインに発生する水撃圧に代表される圧力波現象に着目し、弾性波法と画像解析の観点から、水理現象の同定と管材の欠損評価を試みている^{1)~3)}。

本報では欠損を施したモデルパイプラインを対象に水撃圧による管体変形を画像解析により検出し、破壊力学指標の推定を試みた結果を報告する。

2. 実験施設

実験施設の管路延長は 900.43 m、内径 24.3 mm、管種はステンレス鋼（SUS304）である。下流端には電磁弁が取り付けられバルブ閉塞は急閉塞の条件が成立する。計測機器の配置を図-1に示す。図-1の撮影範囲内には、き裂を模した長さ 50 mm のスリットを施した。

3. 実験方法

実験は図-1に示した下流末端弁の閉塞により水撃圧を発生させ、管体応答の計測を試みた。実験では管の内水圧、画像撮影によるひずみ場の計測、AEの計測を実施した。実験条件はスリット深さおよび水撃圧の大きさにより設定した（表-1）。

4. 実験結果

1) 水圧, AE の計測結果

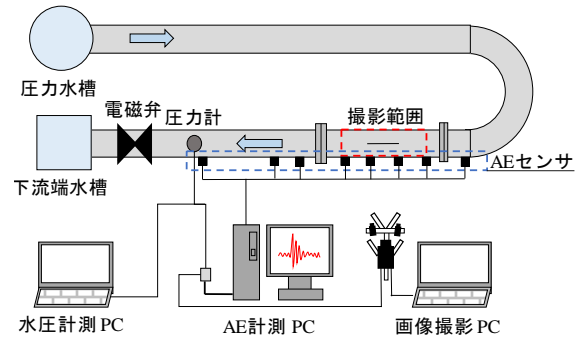


図-1 計測機器配置図

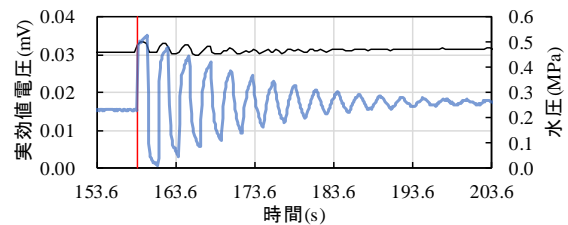


図-2 水撃圧と実効値電圧の関係
(Case 4, CH6)

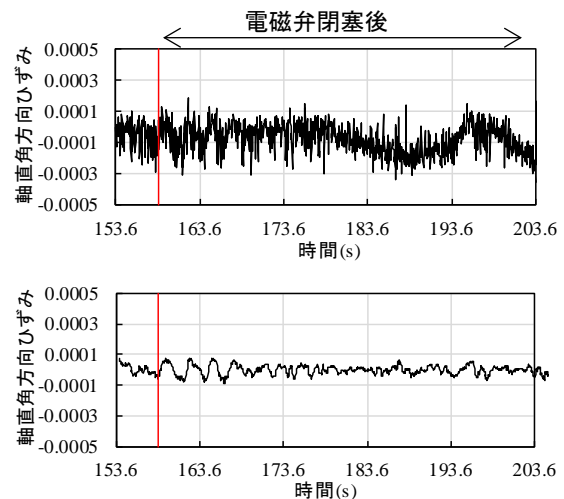


図-3 ノイズ処理 (Case 4, スリット側部)

上：未処理, 下：移動平均, ハイパス処理後

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

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

***東京大学大学院農学生命科学研究科 Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo.

****農研機構農業工学研究部門 National Institute for Rural Engineering, NARO.

キーワード：パイプライン, 圧力波, 欠損, 破壊力学指標, 画像解析, 非破壊検査

表-1 実験条件

Case	1	2	3	4	5	6	7	8	9
スリット深さ(mm)	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	-	-	-
最大圧力(MPa)	0.48	0.74	1.04	0.54	0.74	0.96	0.51	0.89	0.95

電磁弁閉塞後には図-2 に例示した水圧変動と AE パラメータの1つである実効値電圧が確認された。図-2 の実効値電圧は水圧上昇時に反応が確認されたことから、管体変形をはじめとする水撃圧作用を受けた管体応答が AE 発生源であると推察される。

2) 可視画像解析による管体変形計測

同様の水撃圧発生時に管体変動を画像取得した結果、図-3 に示すノイズ処理後（区間数 10（0.5 秒）の単純移動平均とハイパスフィルタ処理）、圧力変動に起因すると考えられる周期性を有する変形挙動が確認された。

3) スリット近傍の応力分布

最大水圧時、スリット付近における応力分布の理論値と実測値を図-4 に示す。理論値は計測水圧を用いて式 (1)、式 (2) により求めた。

$$\sigma_0 \sqrt{\pi a} = K \quad (1)$$

$$\sigma_y = \frac{K}{\sqrt{2\pi r}} \quad (2)$$

ここで、 σ_y ：軸直角方向応力(N/m²) K ：応力拡大係数 (Pa・ \sqrt{m})、 σ_0 ：負荷応力 (N/m²)、 a ：き裂長さ (m)、 r ：き裂端部からの距離 (m) である。軸直角方向応力は計測水圧より解析的に求めた値を用いた。検討の結果、スリット近傍における応力集中を画像解析により検出可能であることが明らかになった。理論値と計算値との差異は、ノイズ処理や画像取得方法の影響を受けたものと推察され、今後の検討課題である。

5. まとめ

本報では、欠損を施したモデルパイプラインを対象に水撃圧による管体変形を画像解析により検出し、破壊力学指標の推定を試みた結果を報告した。検討結果を以下に列挙する。

1) 電磁弁閉塞後の圧力上昇時に AE 指標で

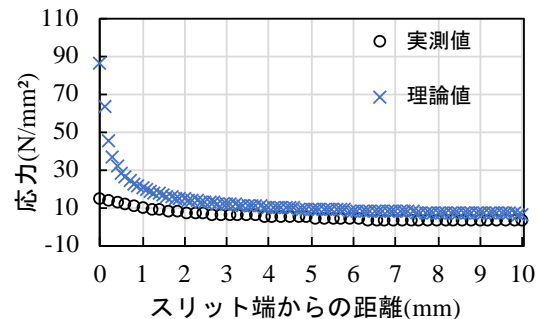


図-4 スリット近傍の応力分布 (Case 3)

ある実効値電圧の上昇が確認された。これは水撃圧伝搬過程の管体応答が AE 発生源と考えられ、管体変形に起因するものと考えられる。

2) 可視画像解析による管体変形計測で得たデータに対し、移動平均法およびハイパスフィルタ処理を用いて水撃圧起源と考えられる軸直角方向の変形ピークを確認した。

3) 水撃圧伝搬過程で管体に施したスリット近傍に応力集中が確認された。実測値と解析値との差異が認められたことから、計測精度を含めた方法論の改善が必要であることが示唆された。

引用文献

- 1) Tetsuya Suzuki and Yuma Shimamoto: Use of Acoustic Emission Parameter for Detection of Hydraulic Conditions in service Pipeline System, Progress in Acoustic Emission X I X, pp. 261-264, 2018.
- 2) Tetsuya Suzuki and Yuma Shimamoto: On-site damage evaluation of cracked irrigation infrastructure by acoustic emission and related non-destructive elastic wave method, Journal of PAWEES, 2019.
- 3) 鈴木哲也, 塩谷智基: AE 計測に基づく送配水パイプラインの非破壊モニタリング法の開発, 農業農村工学会誌, 86 (4), pp. 277-280, 2018.