

フィン構造を有するモデルパイプラインの流れ場の AE 特性に関する実験的研究

新潟大学 学生会員 ○本田 泰大

新潟大学 正会員 鈴木 哲也

農村工学研究所 正会員 中 達雄

農村工学研究所 正会員 樽屋 啓之

1. はじめに

地中に埋設されたパイプラインの機能診断には、管体の状態を目視できないという構造的制約から様々な非破壊検査手法が応用されてきた。その中でも弾性波法の一つである Acoustic Emission (AE 法) は漏水検出、気液二相流¹⁾および圧力波などの評価に用いられており、その有効性が確認されている。

本研究では、管の断面形状の違いによる内部の流れ場の変化を画像解析の PIV (Particle Image Velocimetry) で定量評価し、流況の変化が AE パラメータに与える影響を評価した。

2. 実験・解析

2.1 通水試験

モデルパイプラインは、独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所内(茨城県つくば市)に構築した。モデルパイプラインは、上流水槽に既設のポンプで貯水し、水頭差を用いて $L=15\text{m}$ のパイプラインに通水した後に、下流水槽に排水するシステムである。管材はアクリル製で、 $\phi 0.1\text{m}$ の円形断面の管の内壁上下にフィンを設置した管 (Case 1) と比較対象として内部に加工を施さない円形断面の管 (Case 2) の計 2 種類を用いた。これら断面形状の異なる管を用いて通水試験を実施した。通水試験では $0.6\text{m/s} \sim 2.5\text{m/s}$ の間で流速を変えた 7 通りのケースを設定した (表-1)。各ケースで AE 計測と PIV 解析用の画像撮影を行った。流量は下流水槽に三角堰を搭載し、水槽の水位をもとに算出した。

2.2 画像解析 (PIV)

PIV 解析によって水理指標では評価できない管内部の流れ場の評価を試みた。通水実験で使用する流量が

多いこと、水を循環させる構造ではないことからトレーサは染料のウォータブルー採用し、流れ場を高速度カメラで撮影した²⁾。画像は白黒画像で、サイズは 512 pixel 四方、撮影スピードは 500fps、撮影枚数は 4029 枚である。

PIV の解析方法は輝度差累積法を採用した。解析では、撮影した連続する 2 枚の画像を用いてベクトルを算出した。PIV の解析条件として、検査領域を 64pixel 四方、候補領域と探索領域を 32pixel 四方、格子間隔を 16pixel に設定した。

2.3 弾性波計測

本実験では、AE センサを管外壁に取り付け、通水時に発生する流水由来の弾性波を検出した。AE センサは 150kHz 共振型を使用した。センサは上流から 8.5m の地点にパイプラインを囲むように 45° 間隔で計 8 個配置した。しきい値は 30dB、増幅値は 60dB に設定した。各ケースで 30 秒間の計測を 3 回実施した。

AE パラメータは、計測された弾性波の波形から求め

表-1 ケース番号と設定流速の関係

	ケース番号	設定流速 (m/s)
Case 1 (フィンあり)	Case 1-3-3	2.5
	Case 1-3-4	2.2
	Case 1-3-5	2.0
	Case 1-3-6	1.6
	Case 1-3-7	1.4
	Case 1-3-8	1.0
	Case 1-3-9	0.6
Case 2 (フィンなし)	Case 2-3-3	2.5
	Case 2-3-4	2.3
	Case 2-3-5	2.0
	Case 2-3-6	1.6
	Case 2-3-7	1.3
	Case 2-3-8	1.0
	Case 2-3-9	0.6

キーワード パイプライン, AE 法, PIV, 画像解析

連絡先 〒950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐 2 の町 8050 新潟大学自然科学系 (農学部)

TEL. 025-262-7395 E-mail : suzuki@agr.niigata-u.ac.jp

られる特徴量であり、最大振幅値や平均周波数などがある。流れ場の相違による AE パラメータの変化傾向を同定した。

3. 結果・考察

3.1. 流れ場の評価

流れの乱れを評価するために主流れに対しての流れ（2次流れ）の加速度について検討した。y 枚目の撮影画像における2次方向の加速度の評価式を(1)に示す。

$$a_y = \frac{v_{(y-1,y)} - v_{(y,y+1)}}{t} \quad (1)$$

ただし、 $v_{(y-1,y)}$ ：(y-1, y) 間の2次方向のベクトル量、 $v_{(y,y+1)}$ ：(y, y+1) 間の2次方向のベクトル量、 t ：撮影間隔である。2枚分のベクトルデータから2次方向の加速度を求めるとき、各ケースで4027枚分の加速度データが算出される。そのデータを平均し、各ケースにおける代表値としたものを2次方向の加速度 a とする。

図-1にPIV解析より得られた各ケースの2次方向の加速度平均値 a と実流速 v の関係を示す。図中の相関係数から、 a と v は強い相関関係を有し、流速の変化が加速度に影響を与えることが確認された。さらに、対策管の a は通常管よりも高い値を示した。これは、上下にフィンを取り付けることによって、2次方向の流れが強くなったためであると推察される。

以上より、断面形状の違いが流れ場に影響を与えていることが確認された。

3.2. AE パラメータ

AE パラメータの最大振幅値について検討を行った。

図-2に各ケースの最大振幅値の平均値と2次方向の加速度 a の関係を示す。Case1では、最大振幅値と加速度との間に正の相関があることが確認された。Case2では、加速度によって最大振幅値の変化は確認されなかった。 a が 0.1m/s^2 以下の範囲では、Case1とCase2で差が小さいため、 a が小さい区間では、流れ場による最大振幅値への影響は少ないものと推察される。

以上より、最大振幅値と a の関係から管内部の流れ場評価の可能性が示唆された。

4. おわりに

画像解析と AE 法により、管内の詳細な流れ場の把握を試みた結果を以下に列挙する。

1) PIV 解析で得られた各ケースにおける2次方向の

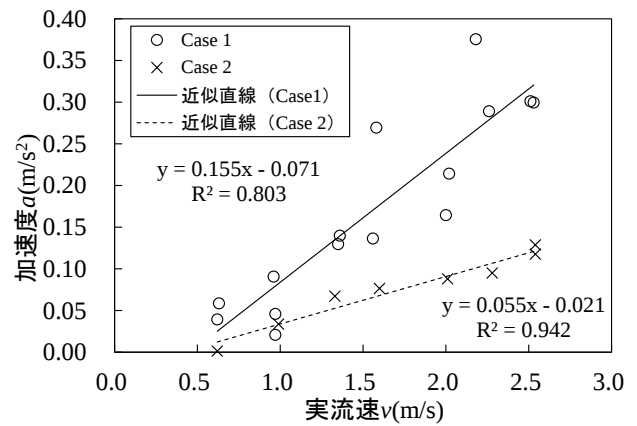


図-1 2次方向の加速度 a と実流速 v の関係

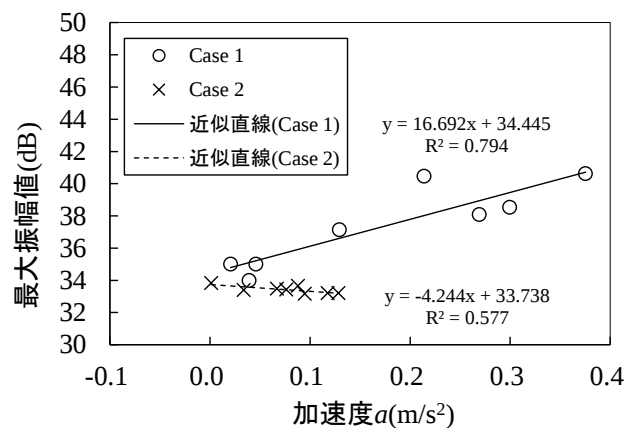


図-2 最大振幅値と2次方向の加速度 a の関係

加速度 a は実流速 v と密接な関係にあることが確認された。また、Case 1はCase 2と比較すると a が高い値を示し、2次方向の流れが強いものと推察される。

- 2) AE パラメータの最大振幅値と加速度 a の関係について検討したところ、 a が低い範囲を除いては、正の相関があることが確認された。このことから AE パラメータが流れ場の評価に有効である可能性が示された。

参考文献

- 1) 鈴木哲也, 中達雄, 樽屋啓之, 田中良和, 青木正雄: AE 法を用いたオープン型パイプラインに発生する気液二相流の特性評価, 構造工学論文集 A, Vol.56A, pp.665-670, 2010.
- 2) 森山陽一, 藤田一郎, 出口恭, 有光剛, 景山学: 染料注入法を用いた浅水流場の水深平均流速計測の試み, 水工論文集, Vol.52, pp.751-756, 2008.