

# 鋼管の周波数解析

東北学院大学 学生会員 久道 教宏、正会員 河野 幸夫  
 電子工学科 加藤 和夫  
 電気情報工学科 石川 和己、芳賀 昭

## 1 はじめに

現代社会ではパイプライン周辺の環境条件、設計時以上の過度の水圧、内圧、埋設管の土圧、施工時にかかる偏心、及び亀裂や腐食等によりパイプラインの破損事故が各地で発生し問題となっている。また現在では、上水道の漏水探査において発見、修復のため漏水点の特定をするには、関連装置を用いて行っているが、経験とノウハウに頼ることが多く、おおよその位置しか特定できない事や、修復に費用や時間が掛かり過ぎる等の問題点が存在する。

そのような観点から本研究では、関連装置を用い鋼管に条件を設け伝播速度を測定し、Wavelet 解析により漏水探査に関する基礎的な実験を行う。

## 2 実験理論

1 伝播速度の理論値は、鋼管の伝播速度を  $S [m/s]$ 、ヤング率を  $E [10^{10} kgf/m^2] (20.10 \sim 21.60)$ 、密度を  $[10^3 kgf/s^2/m^4] (7.85)$  とし、以下の(1)式により求めることができる。ヤング率、密度については理科年表より引用する。また、(1)式にそれぞれの数値を代入し、伝播速度を求めた。

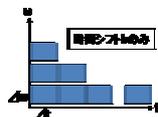
$$S = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (m/s) \quad (1)$$

2 鋼管に、水が満水状態と空の状態、鋼管の水位が半分満たした状態の周波数成分の比較をする。

時間推移する信号の周波数成分の解析をするには、

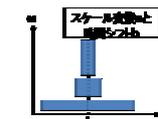
- 短時間フーリエ解析

$$F(\alpha, b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)g(t-b)e^{-j\alpha t} dt$$



- Wavelet 解析

$$W(a, b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \frac{1}{\sqrt{a}} \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt$$



Wavelet 解析の場合突発的な高周波成分や、少し長い区間に渡る低周波成分を取り出せる。

本研究は、最終的には漏水探査を目的として行っている。

## 3 実験方法及び解析方法

1 加速度センサー(NEC 三栄 9G101S)と A/D 変換器(YOKOGAWA WE7000)を用い鋼管の遅れ時間を検出し、伝播速度を算出し、鋼管の伝播速度の理論値と比較する。

伝播速度測定実験において、ハンマーで鋼管を叩いて衝撃音を発生させ、それぞれの加速度センサーで振動を感知し、チャージアンプ、A/D 変換器を通し MATLAB で解析を行った。

解析方法は、データをサンプリング周波数 40 kHz (20μs)、データ長 5s で取り込み、音圧波形の立ち上がりを手動で検出し、遅れ時間を求めた。実験図を Fig.1 に示す。

求めた遅れ時間を用い、(2)式に代入し鋼管の伝播速度を算出した。

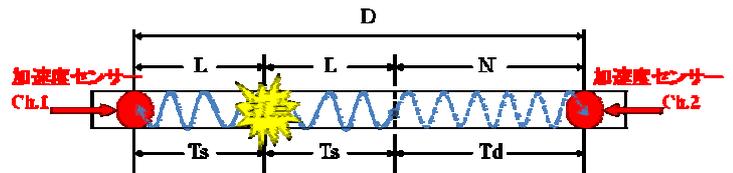


Fig.1 伝播速度測定実験図

測定された遅れ時間(Td)に、管が媒体となって伝播する音速 S を掛けると、図に示した C、B 間の距離 N が求められる。あらかじめ求めていた A、B 点間の距離 D から N を引いて 2 で割った値が、音源までの距離 L となる。

$$L = \frac{D - N}{2} = \frac{D - (S \times Td)}{2} \quad (2)$$

$$N = S \times Td$$

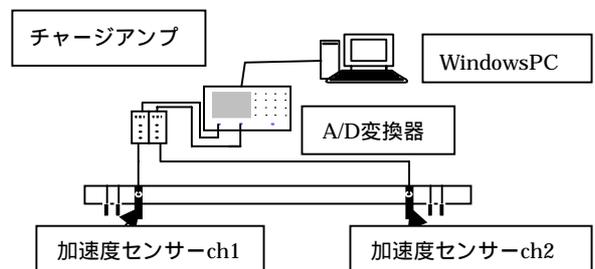


Fig.2 実験装置図

## 4 満水状態と水なしの伝播速度

1 ここでは、鋼管に水がある状態とない状態で伝播速度にどのような違いが見られるか実験した。Fig.2 に鋼管(水なし Ch.1 から 1 m N=8

(m),  $T_d = -1.57$ (ms), 伝播速度  $S = 5095.54$  (m/s))の波形を示す。

鋼管水あり、水なし 2つの各打撃位置の伝播速度を平均すると、水ありでは  $5128.21$  (m/s)、水なしでは  $5120.00$ (m/s)と理論値の範囲内に収まった。鋼管は、水無し水ありで差がほとんど見られなかった。

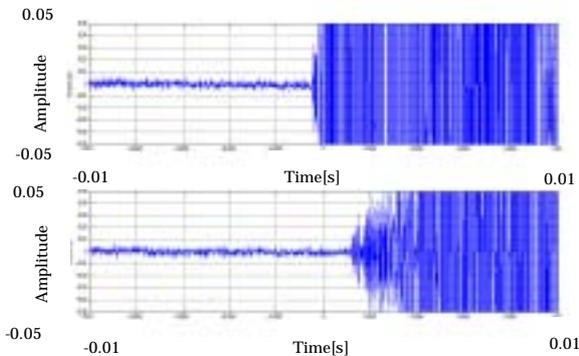


Fig.3 鋼管(水なし Ch.1 から 1m)の波形

Table1 伝播速度実験値と理論値の比較

	実験値 (m/s)	理論値 (m/s)
鋼管(水無し)	5111.78	5060 ~ 5256
鋼管(満水)	5128.21	5060 ~ 5256
平均	5120.00	5060 ~ 5256

#### 4.1 まとめ

1 理論値の範囲である  $5060 \sim 5245$ (m/s)に実験値が収まった。満水状態と鋼管のみの実験値を比較すると周波数や振動数は変化するが、伝播速度は変わらない事がわかった。

### 5 周波数解析

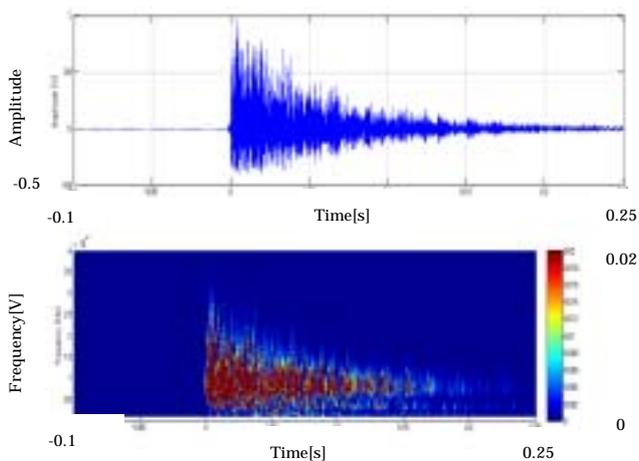


Fig.4 水なしの波形と周波数成分

1 0.00 ~ 0.015sの時間の間に、 $5 \sim 25$ kHzに高い周波数成分がみられる。

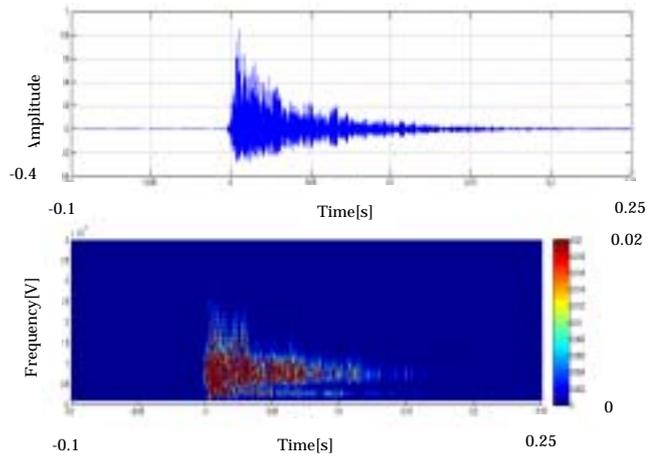


Fig.5 水半分の波形と周波数成分

2 水を半分に満たした場合 0 ~ 0.04sの間に  $15 \sim 50$ kHzの周波数分布が希薄になった。

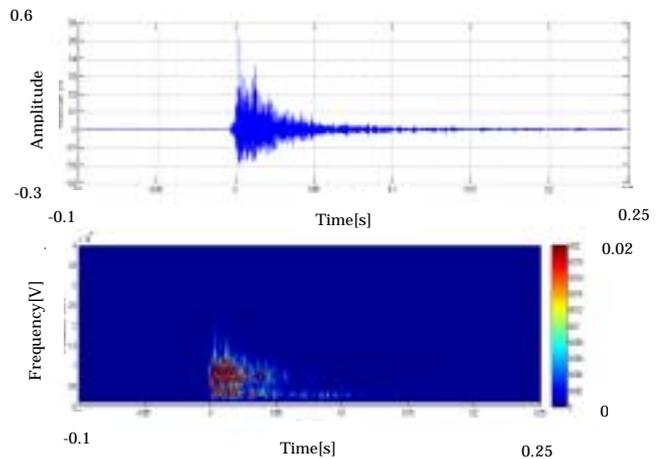


Fig.6 満水の場合の波形と周波数成分

3 満水状態の場合水の影響により 0.02s後に  $30 \sim 35$ kHzの高い周波数を減衰させることがわかった。

### 6 おわりに

- 1 理論値の範囲である  $5060 \sim 5245$ (m/s)に実験値が収まった。満水状態と鋼管のみの実験値を比較すると周波数や振動数は変化するが、伝播速度は変わらない事がわかった。
- 2 鋼管のみの場合 0.00 ~ 0.04sの時間の間に、 $15 \sim 30$ kHzに高い周波数成分がみられる。
- 3 水を半分に満たした場合 0 ~ 0.04sの間に  $15 \sim 50$ kHzの周波数分布が希薄になった。
- 4 満水状態の場合水の影響により 0.05s後に  $30 \sim 35$ kHzの高い周波数を減衰させることがわかった。

### 7 参考文献

- 2 本堂祐希「鋼管と水の伝播速度測定と wavelet による周波数解析」