

鋼管継手破損状況調査のための 伝播速度測定と時間周波数分析について

東北学院大学 学生会員○古谷 崇、正会員 河野 幸夫
加藤 和夫
石川 和己
芳賀 昭

1 実験目的

はじめに、本研究は鋼管継手破損状況調査を目的として行っている。

(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。

伝播速度の理論値は、鋼管の伝播速度を S [m/s]、ヤング率 E [10^{10}kgf/m^2] を 20.10 ~ 21.60、密度 ρ [$10^3 \text{kgfs}^2/\text{m}^4$] を 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。(1)式にそれぞれの数値を代入し、伝播速度を求めた。

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

$$= \sqrt{\frac{20.10 \sim 21.60 \times 10^{10} (\text{kgf} / \text{m}^2)}{7850 (\text{kgfs}^2 / \text{m}^4)}}$$

$$= 5060.15 \sim 5245.56 (\text{m} / \text{s})$$

(2) 鋼管の継手部分の接続変化における鋼管の伝播速度への影響を調べるために、接続状況ごとの伝播速度を比較する。

(3) 昨年度まで行ってきた FFT 解析と今年度から導入した Wavelet 解析の比較を行う。

2 実験方法及び解析方法

伝播速度測定実験において、打撃装置で鋼管を叩いて衝撃音を発生させ、2 個の加速度センサーで振動を感知し、チャージアンプ、A/D 変換器を通して得たデータを MATLAB で解析を行った。解析方法は、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。鋼管図を図-1、実験装置図を図-2 に示す。

求めた遅れ時間を用い、(2)、(3)式に代入し鋼管の伝播速度を算出した。

また、継手部分の接続変化における鋼管の伝播速度への影響を調べるために、継手の接続状況ごと（継手が完全に締めた状態・継手を半分締めた状態・触れているだけの状態）の遅れ時間を求め、伝播速度を算出した。

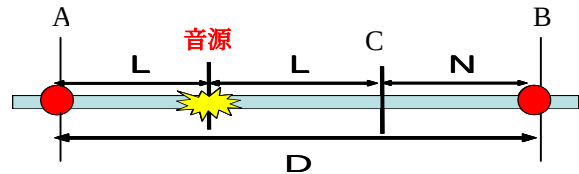


図-1 鋼管図

測定された遅れ時間(T_d)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。

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

$$N = S \times T_d, \quad S = \frac{N}{T_d} \quad (3)$$

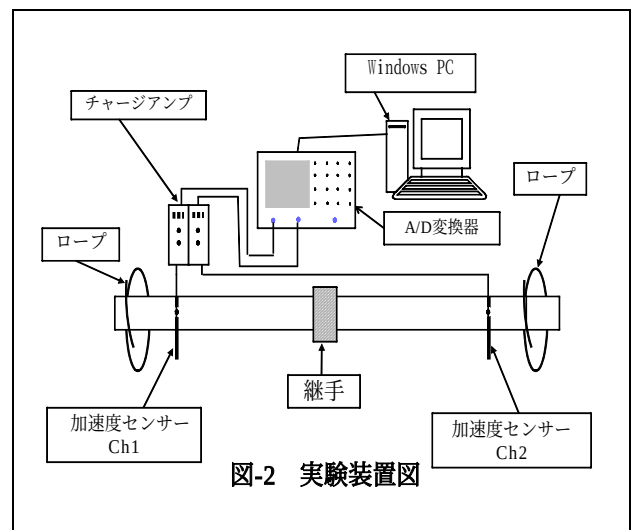


図-2 実験装置図

3 実験結果

- (1) 鋼管の継手を完全に締めた状態 (Ch.1 から 2m) では、遅れ時間 T_d は -0.001162(s) となり、伝播速度は 5163.51 (m/s) となった。
- (2) 鋼管の継手が完全に締めた状態、半分締めた状態、触れているだけの状態 3 つの伝播速度の各打撃位置を平均すると、完全に締めた状態では 5128.21(m/s) と理論値に収まった。しかし、半分締めた状態では 4379.56(m/s) となり、触れているだけの状態では 2926.83(m/s) となった。

キーワード 伝播速度、遅れ時間、周波数、解析

連絡先 (宮城県多賀城市中央 1 丁目 13 番 1 号・022-368-1116)

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(完全に締め た状態)	5128.21	5060～5256
鋼管(半分締めた 状態)	4379.56	5060～5256
鋼管(触れている だけの状態)	2926.83	5060～5256

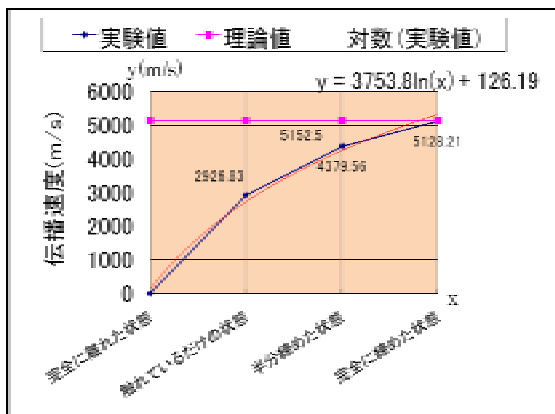


図-3 継手の接続状況—伝播速度

- (3) 図-3 に示す FFT 解析は一定の解析区間の周波数成分を取り出せる。一方、図-4 に示す Wavelet 解析は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特徴がある。継手が緩まるにつれて、Ch.2 の周波数成分が弱くなっていることが分かる。

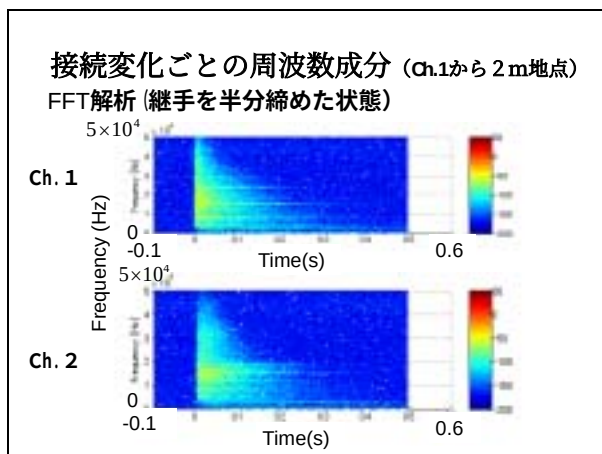


図-3 FFT 解析の時間周-波数変動

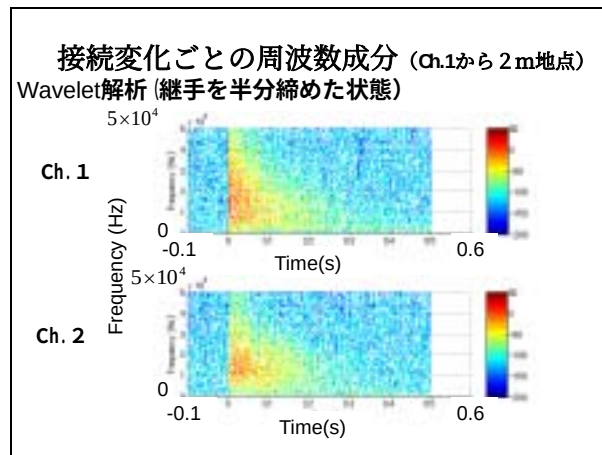


図-4 Wavelet 解析の時間-周波数変動

4 結論

- (1) N 値が 2(m)では距離が短く遅れ時間も短いため、実験値が理論値外になる可能性が高い。同様に、N 値が 4(m)ではぼらつきがある。N 値が 6～10(m)では精度が上がり理論値内に入る可能性が高く安定して伝播速度を求められる。よって、伝播速度測定では N 値が 6～10(m)となる地点を音源として行うことが望ましい。
- (2) 継手を締めるにつれて理論値に近づく結果となった。また、波形の立ち上がりは緩まるにつれて判別が困難であった。
- (3) FFT 解析と Wavelet 解析の比較の結果として鋼管継手破損状況を把握する場合には、精度が高く見られる Wavelet 解析が望ましい。

終わりに、今回の実験では昨年のデータに引き続き伝播速度の実験値を精度よく算出する事ができた。鋼管の様々な状態について実験を進めることができ、最終目的である鋼管継手破損状況調査の基礎的な知見を得ることができた。

今後は実験回数を増やすことで、測定波形を安定させ、立ち上がりをわかりやすくし、手動でも更に精度のよい伝播速度を求めることが重要と考えられる。

5 参考文献

- 山元 哲也：『土木材料学』P.266
 高城 元：『音響工学概論』（改訂新版）P.396
 早坂 寿雄：『音響工学入門』P.414
 国立天文台：『理科年表』P.1034
 大橋 雅樹：『継手部分の接続変化による鋼管の伝播速度への影響』（2008 年度卒業論文）P.106