

継手部分の接続変化による鋼管の伝播速度への影響

東北学院大学
電気情報工学科
電子工学科

学生会員 大橋 雅樹、正会員 河野 幸夫教授
石川 和己、芳賀 昭、
加藤 和夫

1. はじめに

現代社会において、上水道はライフラインとして必要不可欠なものであり、我々の生活や産業発展の基盤として深く結びついている。

それに伴い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、物質の流動による管の摩擦、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、相関装置を用いているが、調査員の目、耳、それに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ことや、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、鋼管に条件を設け伝播速度を測定し、漏水探査に関する基礎的な実験を行う。

2. 伝播速度測定実験目的

- 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し精度について考察する。
伝播速度の理論値は、鋼管の伝播速度を S [m/s]、ヤング率を E [10^{10}kgf/m^2] (20.10 ~ 21.60)、密度を [$10^3 \text{kgf/s}^2/\text{m}^4$] (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。

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

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

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

- 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。

本研究は、最終的に漏水探査を目的として行っている。

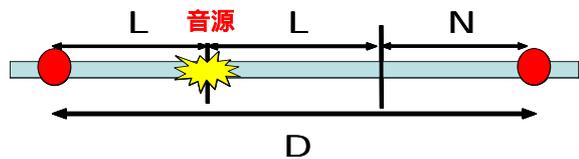
3. 伝播速度測定実験方法及び解析方法

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、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 100 kHz (50 μs)、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。実験図を図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。

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(15mm 緩める)・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。



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。

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

$$N = S \times Td$$

$$S = \frac{N}{Td}$$

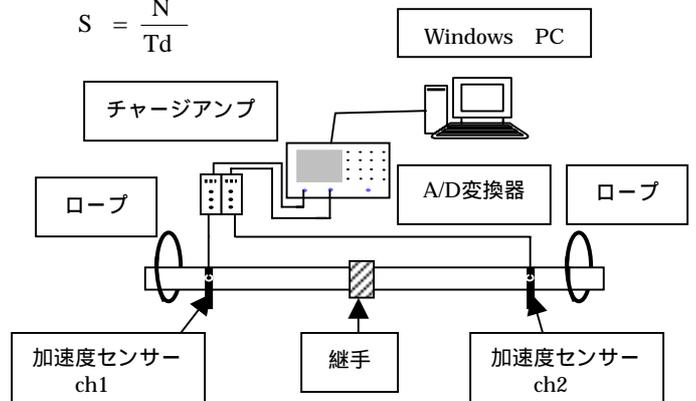


図.1 実験装置図

4. 伝播速度測定の精度について

今回 ch1 と ch2 の間隔を 10m とり、0m 地点から 10m 地点まで 1m おきに音源をとり伝播速度測定を行った。そのとき、N の値はそれぞれ 2m、4m、6m、10m となる。

図2は、音源位置を 0 - 4m、6 - 10m 地点に分けて伝播速度を測定した実験値と理論値を比較し、図3はグラフ化したものである。

その結果、N=2m では距離が短すぎることから、それぞれの値にばらつきが見られた。N=4m は中間点で、N=6~10m のように十分に距離があると精度が上がり安定して伝播速度を求められることがわかった。

よって伝播速度測定では、N が 6~10m となる地点を音源として行うことが望ましい。

N(m)	伝播速度 (m/s) (0-4m)	伝播速度 (m/s) (6-10m)	理論値(m/s)
2	5390.84	4914.06	5060.15~ 5245.56
4	5018.82	5006.26	
6	5059.02	4942.34	
8	5021.97	5056.89	
10	4933.40	5094.24	

図. 2 実験値と理論値の比較

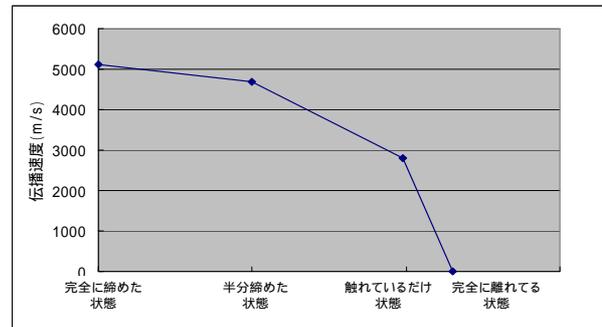


図. 6 継手の接続状況 - 伝播速度

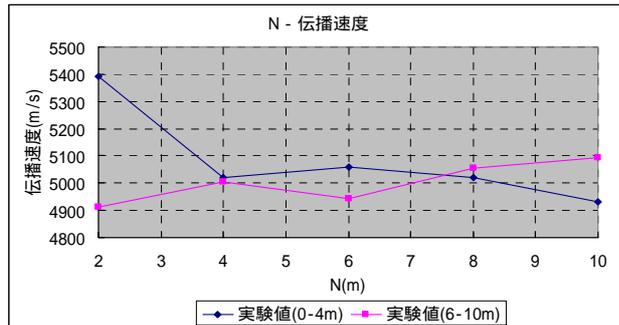


図. 3 実験値のグラフ化

5. 継手の接続状況での伝播速度への影響について

図 4 に鋼管(半分(15mm)緩めた状態、ch1 から 2m 地点)の波形を示す。これより遅れ時間 T_d は-0.00123(s)となり、伝播速度は 4878.049 (m/s)となった。

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 5113.584(m/s)と理論値に収まった。しかし、半分しめた状態では 4724.529(m/s)。触れているだけの状態では 2890.530(m/s)となり、継手を緩めるにつれて理論値から離れる結果となった。また継手を緩めるにつれて、波形の振幅が小さくなるのがわかった。

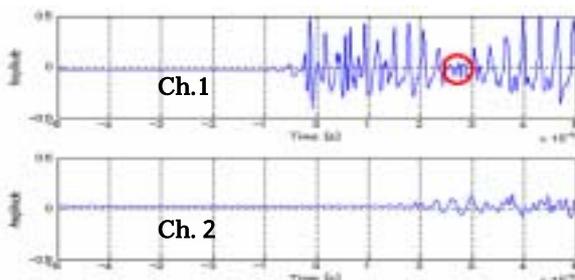


図. 4 (継手を半分締めた状態 Ch.1 から 8m)の波形

	実験値 (m/s)	理論値 (m/s)
鋼管(完全に締めた状態)	5112.88	5060.15~ 5245.56
鋼管(半分締めた状態)	4699.15	
鋼管(触れているだけの状態)	2790.47	

図. 5 実験値と理論値の比較

また、それぞれの波形には不連続の部分(図. 4 の赤で示した地点)が見つかり、波の立ち上がり部分との時間の差が、Ch.1 から 2m では平均で -0.00357(s)となった。

ここで、(2)式を利用して(3)式を求める。(3)式に、それぞれの値を代入すると $D=20m$ とでる。しかし、今回の鋼管は 10m のものを使っているため、 $D=20m$ というのは存在しない。これは、その不連続の波が鋼管の末端である 10m 地点からの反射波であるということがわかった。

$$D = N + 2 \cdot L \quad (3)$$

これにより、ch 1 の波の立ち上がり部分と不連続の波との間に、継手部分からくる反射波も存在していると考えられる。今回の実験では継手部分からの反射波は、解析方法の問題から特定することは難しかったが、その反射波を特定することができれば、漏水探査時に加速度センサーを 1 ヲ所だけにして、欠損部分からくる反射波を検出し、その欠損部分の位置を特定することにつながるだろう。

6. おわりに

今回の実験により、去年のデータに引き継ぎ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、最終目的である漏水探査にいっそう近づくことができた。

今後は加算平均をだす解析方法を使い、実験回数を増やすことで、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大切だ。

7. 参考文献

- 山元 哲也：『土木材料学』
- 高城 元：『音響工学概論』(改訂新版)
- 早坂 寿雄：『音響工学入門』
- 八木 純一：『土木技術者のための振動便覧』
- 西山 静男：『音響振動学』
- 国立天文台：『理科年表』
- 上野 嶺太：『漏水探査における鋼管の伝播速度の基礎的検討』(2007 年度卒業論文)