

レーザーを使用した鋼管肉厚遠隔測定技術の開発

(株) 大林組 フェロー 新村 亮

(公財) レーザー技術総合研究所 島田 義則 倉橋 慎理 オレグ コチャエフ

1. はじめに

土木工事では鋼管により泥水などの圧送を行う。例えば泥水シールドでは廃土を泥水で圧送し(写真-1)、コンクリートの場内運搬ではコンクリートを鋼管で圧送する。シールド坑内や高架橋などでは鋼管を長期間固定して使用することがあり、鋼管の摩耗・減肉、破裂が問題となる。しかし、高所などで点検が困難な場合がある。

そこでレーザーにより鋼管に弾性波を発生させ、その振動をレーザーにより測定することで、遠隔から鋼管の肉厚を測定する技術を開発したり。ここでは室内試験結果を報告する。

2. 試験条件

測定した鋼管を表-1 に示す。No.4 の鋼管は泥水シールドの泥水輸送で使われている配管で、No.5 鋼管(写真-2) は交換が必要なレベルまで摩耗が進んだ状態の鋼管である。管内は中空で、一部の鋼管では満水の状態で測定を行った。



写真-2 No. 5 鋼管

3. 測定方法

測定装置を表-2 に示す。鋼管の肉厚測定は次の2方法で行った。

(1) 多重反射法

インパクトレーザーにより鋼管に弾性波を発生させ、鋼管壁内の多重反射の振動数を測定し、次式により肉厚を推定した。

$$d = V / (2f_{mr})$$

d 肉厚, V 鋼管壁内の弾性波

速度 (5900m/s), f_{mr} 多重反射波の卓越周波数である。測定方法の概念を図-1 に示す。

(2) 固有振動数法

インパクトレーザーにより鋼管に振動を発生させ、鋼管全体の固有振動数を測定した。図-2 に示す様に、鋼管は複数の振動モードで振動するので、いずれかの卓越振動数から計算により肉厚の推定を行った。

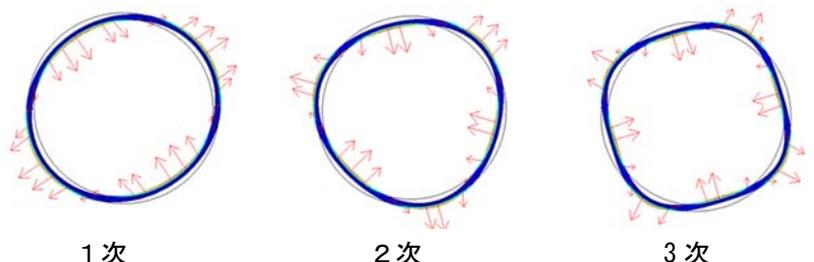


図-2 鋼管の固有振動モード



写真-1 泥水配管の例

表-1 測定鋼管

No.	径(mm)	肉厚(mm)
1	165.2	3.7
2	165.2	5.0
3	165.2	7.1
4	345.5	11.8
5	345.5	11.8 (摩耗進捗)

表-2 測定装置

装置の種類	装置の仕様
インパクトレーザー	CO ₂ レーザー 出力エネルギー5J パルス幅 90ns
振動数測定レーザー	感度 50mm/s/v 最大周波数 1.5MHz

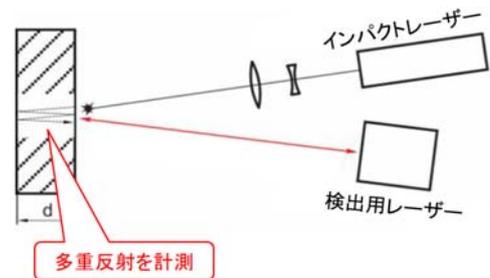


図-1 多重反射法の測定方法

キーワード レーザー, 鋼管肉厚, 多重反射, 固有振動数, 遠隔測定

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 TEL 03-5769-1322

この方法ではインパクトレーザーの照射位置と振動測定を異なる位置で行うことができる。

4. 試験結果

測定状況を写真-3に示す。計測器から鋼管までの距離は約2mである。

(1) 多重反射波法

多重反射波法で測定した例を図-3に示す。初期の表面波の影響部分を除いた定常波部分を推定に使用した。多重反射波の卓越周波数から求めた肉厚を図-4に示す。推定結果は実肉厚とほぼ一致しており、推定誤差は±0.2mm以内であった。また、満水状態では、卓越周波数が60%程度に低減され、肉厚が大きく算出されるため、満水状態では補正が必要となることがわかった。

(2) 固有振動数法

固有振動数法で測定されたスペクトルの例を図-5に示す。2次モードの固有振動数と、管径と肉厚から計算で求められた中空状態の固有振動数の関係を図-6に示す。満水状態・摩耗の状態は計算値には考慮していない。中空状態での2次モードの固有振動数は計算値と測定値はほぼ一致しており、固有振動数の測定結果から配管の肉厚を推定することが可能と考えられる。また、t3.7mmの鋼管を満水状態で測定した固有振動数は77%程度に低減されており、満水状態では補正が必要と考えられる。No.5の摩耗した鋼管の固有振動数は、元の鋼管の固有振動数の83%程度に低減されており、摩耗の状態を推定することが可能と考えられる。

5. まとめ

室内実験において、レーザーを用いた多重反射波法、固有振動数法により鋼管の肉厚測定が遠隔から可能なことが明らかとなった。今後は測定装置の小型化を進めるとともに、実現場での測定により、本技術の適用性を検証していきたい。

参考文献

- 1) O. Kotyaev, et al., Laser-based remote nondestructive inspection of metal water-pipelines, ILT Annual Progress Report, 2019.

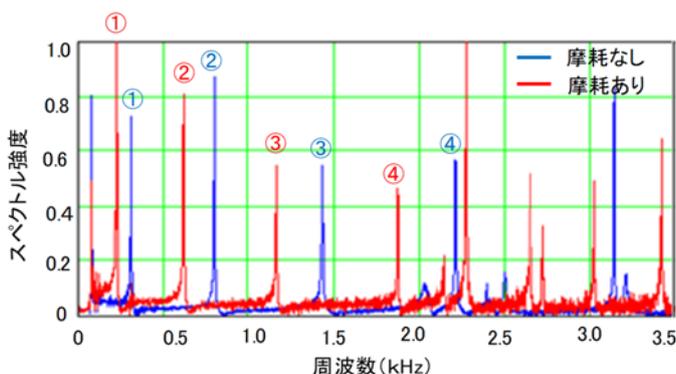


図-5 固有振動数法による測定スペクトルの例(No.5, 6)

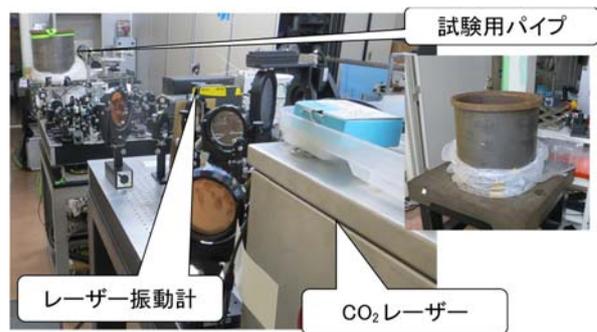


写真-3 測定状況

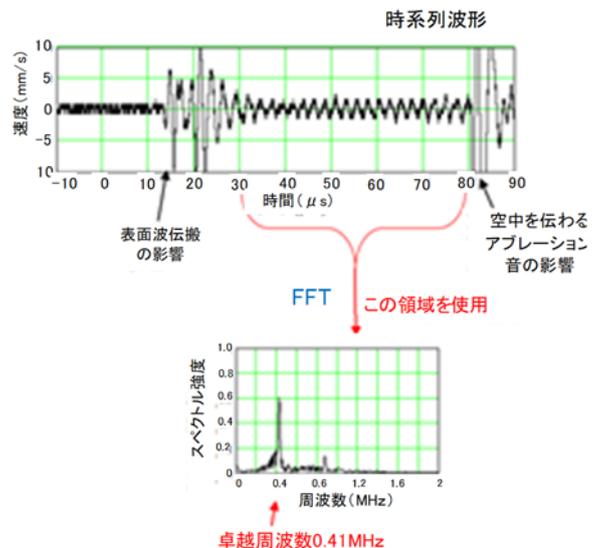


図-3 多重反射波法による測定例(t7.1mm)

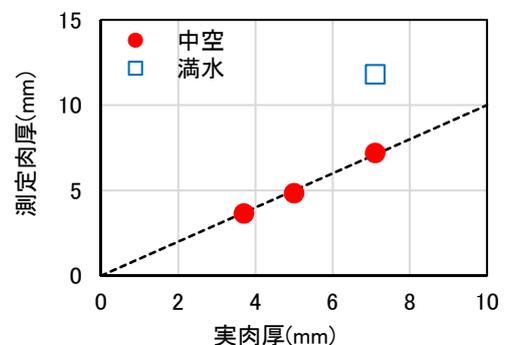


図-4 重複波法による肉厚測定結果

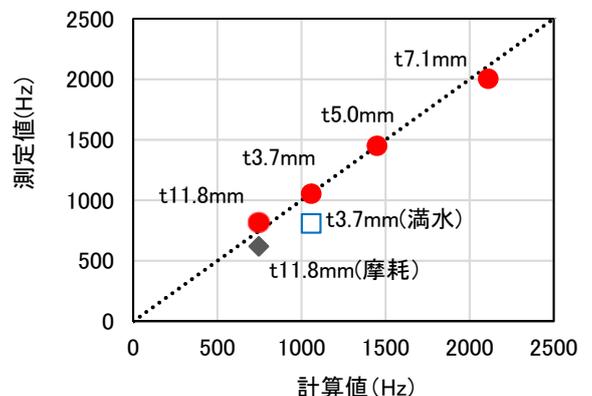


図-6 固有振動数法による固有振動数測定結果(2次モード)