

TRM 効果による水路管変形部の検査方法に関する実験

山本健介・篠田瞭太・太田和彦（金工大・工）

1. はじめに

インフラ事業において水路管の維持管理は重要な組成要素の一つである。管内の検査は内視鏡カメラのほか、管内壁に超音波を照射して反射エコーから状態を判別するような方法がとられている。しかし、これらの方法は長い水路管に対しては多くの時間を要するため、管内の異常箇所を迅速に判定できるような方法の確立が望まれる。

本研究では、水路管内の変形の有無を調べるために、時間反転（TRM: Time Reversal Mirror）波を利用した。時間反転波とは、点音源から送信されマルチパス伝搬してきた音波を受信し、その波形を時間的に反転させた信号である。これを受信器側から再送信し、元の音源位置で受信すると元々の送信信号に近い波形の信号が得られる。水深が浅い場合は一对の送受波器でも TRM 効果が実験的に確認されており^[1-2]、この方法を管内における変形部の有無の評価に活用した。

2. 水路管を用いた TRM 実験方法

外周約 4.4 m、直径 20 cm の亜鉛メッキ鋼板製の管内を水で満たし、Fig.1 中の A 点と半時計回りで約 3 m 離れた B 点にそれぞれハイドロホンを設置した。計測系は Fig.2 に示すように設定し、以下の手順で測定した。なお、水路管の変形を模擬するため、各種サイズのペットボトルに空気を入れて C 点に挿入し、管内上面に組み入れた。

- ① 関数発生器を用いて周波数 50kHz のトーンバースト波を A 点のハイドロホンから送信
- ② A 点から送波された音波を B 点のハイドロホンで受信・増幅し、オシロスコープで観測した信号を保存後、PC で時間反転し時間反転波を生成
- ③ 送受信の役割を入れ替え、B 点のハイドロホンから②で得た時間反転波を送信し、伝搬音波を A 点のハイドロホンで受信
- ③' ペットボトルを水路管の C 点に組み入れて上記③と同じ計測を実施

手順③と③'で計測した受信波形を比較する。

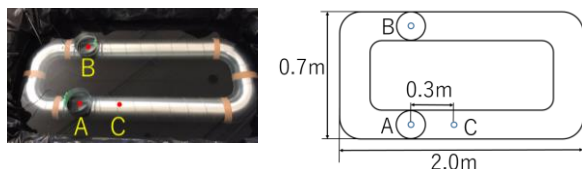


Fig. 1 実験に使用した水路管



Fig. 2 計測系

3. 実験結果

B 点において受信した波形から手順②で時間反転した波形を Fig.3 に示す。また A 点において計測された波形を Fig.4 に示す。赤色の波形は手順③、青色の波形は手順③'の結果である。Fig.4 から 5 ms 付近で TRM 効果によるパルスの収束が確認される。また、赤色と青色の2つの波形を収束部分に着目し比較すると、ペットボトルの有無によって最大振幅値に差が生じていることが分かる。

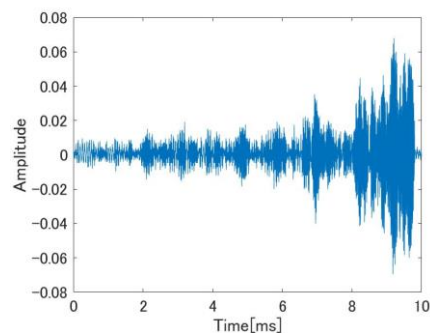


Fig. 3 時間反転波の波形図

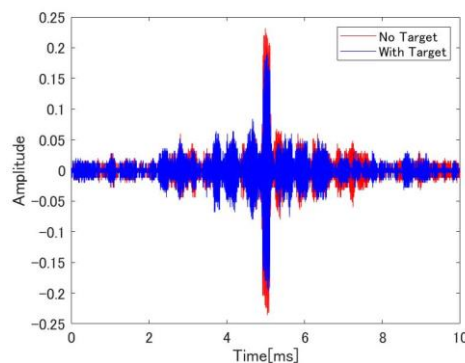


Fig. 4 TRM の比較波形図

4. おわりに

一对の送受波器を水路管内に設置し、時間反転波を利用した。TRM 効果により、収束パルスの振幅レベルの違いから、管内変形の有無が推定できることを実験的に確認した。

今後の展開として、送受波器間の距離や送信パルス長等を変えて収束波形を比較し、これらの最適値を探求する。また、収束波形に対してディープラーニング等の機械学習により、水路管変形の有無について判別向上を図る予定である。

参考文献

- [1] 星洗貴、太田和彦、西岡圭太、“虚像音源を利用した時間反転波に関する基礎実験”、音講論集(春)、pp.165-166 (2020.3).
- [2] 篠田瞭太、太田和彦、川澄幸、山本健介、小川誠、“極浅海域における虚像音源を利用した時間反転波に関する実験”、音講論集(春)、pp.21-22 (2021.3)