

並走シールドを想定した音波探査手法の研究

大成建設株式会社 正会員 ○松本三千緒
 大成建設株式会社 正会員 西田与志雄
 大成建設株式会社 正会員 栗原 庸聡

1. 背景

近年、並走シールド（離隔 200～1000 mm）や分岐・合流シールドなど既設構造物に隣接した工事が多く見込まれており、既設構造物との位置関係を非接触で常時確認できる方法が望まれている。

そこで、相手との位置関係を音波により計測・解析する手法の研究をおこなった（図-1）。

2. 研究手順

音波で探査する場合、対象物からの反射波の到達時間に周辺土質の音速を乗じて距離を計算する必要がある。しかし、掘削が進む毎に地質や含水比、水圧、温度等が変化するため、音速が一定とは限らない。そこで、並走シールドでの探査を想定し、①位置・音速の同時解析方法の検討と模型を使用した気中実験による反射波測定・解析、②実験層を使った水・砂・砂礫・土丹での反射波計測の手順で実験を進めた。

3. 位置・音速の同時解析方法と気中実験

対象物を円形シールドと仮定した場合、図-2 の左上のように 3 つの反射波で作られる楕円と相手シールド（直径は既知）は音速が正しければ接する事になる。この原理から相手位置と伝搬速度を同時に解析するプログラムを試作し、模型を使用した気中実験により解析が可能な事を検証した。

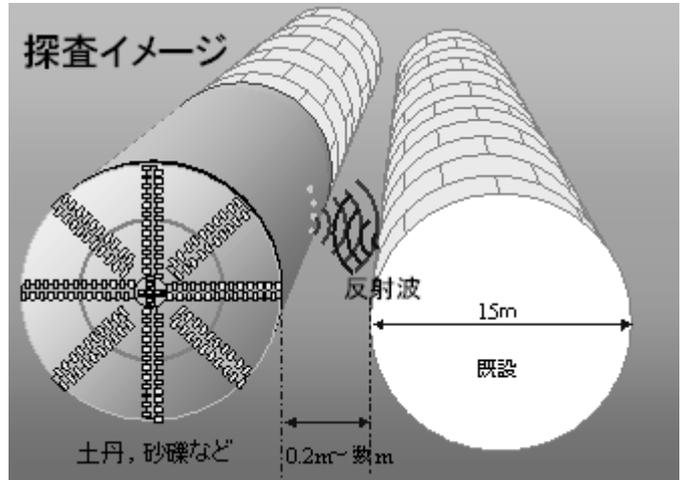


図-1 並走シールド探査イメージ

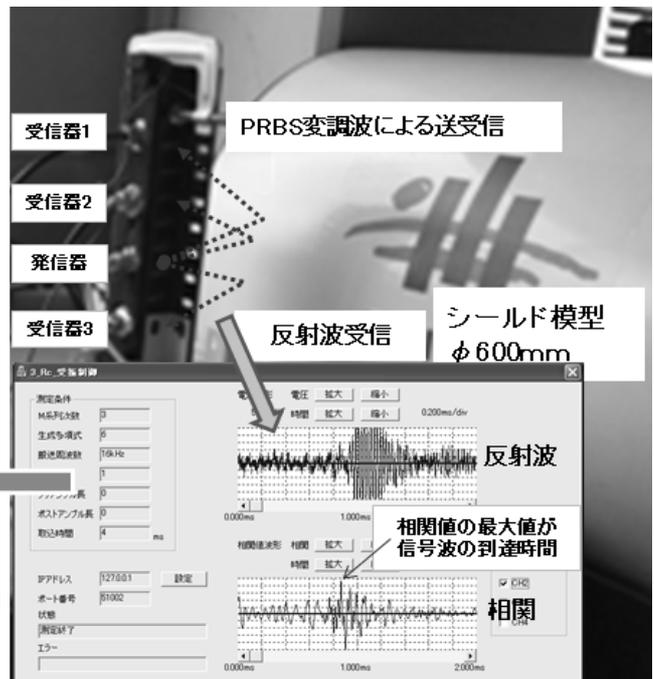
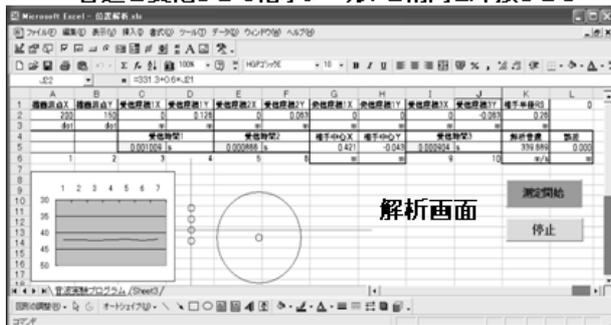
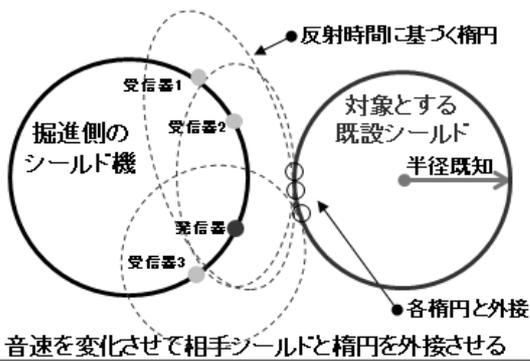


図-2 位置・音速の同時解析と気中実験

キーワード 地中探査, 音波, 超音波, 反射波, PRBS

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設株式会社 技術センター土木技術開発部 TEL045-814-7219

4. 実験槽による反射波計測

φ15mのシールドマシンおよび同径の既設シールドを想定し、その外周の一部を模擬した図-3のような実験槽を試作した。音波探査では、伊佐地氏らによる超音波探査の実験例*¹および杉本氏らによる低周波音波探査の実験例*²がある。そこで、これらの知見を参考に周波数 1kHz~100kHz の範囲で音波を送受信する装置を試作した。実験では水・砂・砂礫・土丹を介して裏込め材(又はコンクリート)で反射される波形を計測した。

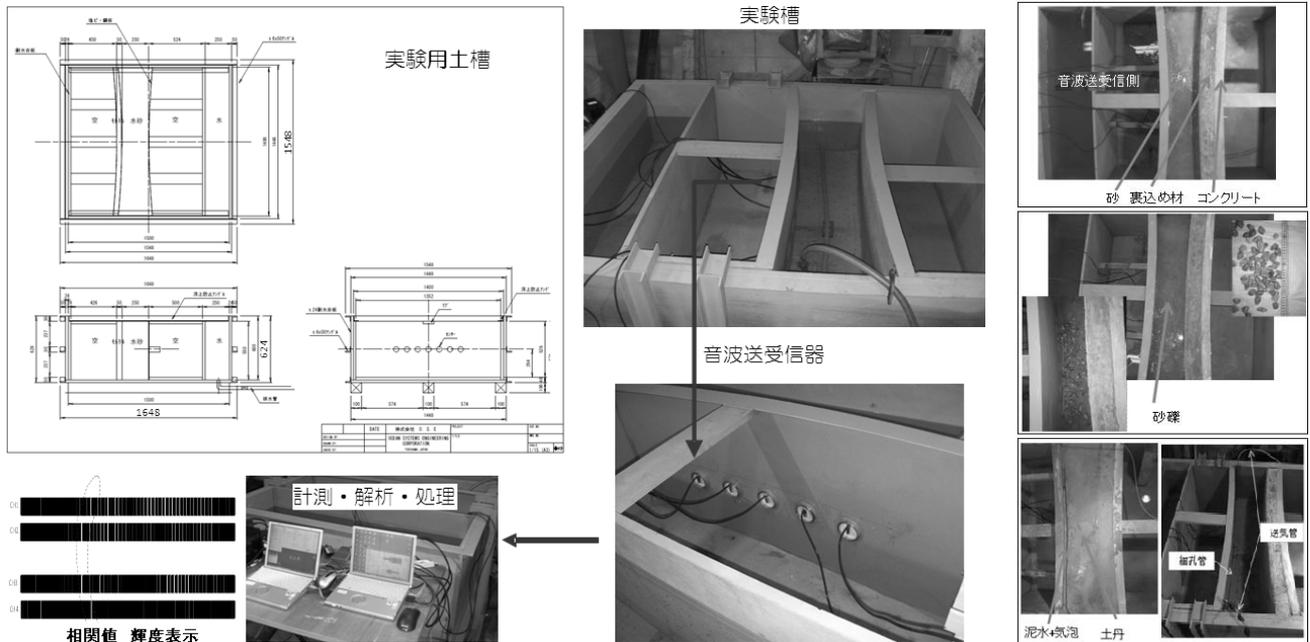


図-3 実験槽と送受信装置

50kHzでの実験例を図-4, 5, 6に示す。図-4は水中実験で音速(10℃)×受信時間=距離から最初の波(黒線)は裏込め材での反射, 次の波(黒線)はコンクリートでの反射と判断される。しかし, 砂(図-5)・砂礫・土丹ともに音波の減衰が大きく, 反射波から受信時間を直接判別するのが困難なため, 図-6のように発信波(PRB5変調波)と受信波の相関をとって判断する事とした。ちなみに図-6の受信時間(黒線)3つを使って音速・位置を解析すると, 音速は1680m/秒, 距離は219mm(実距離は200mm)となる。

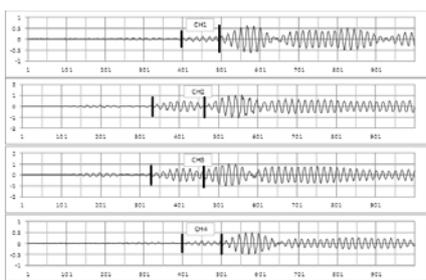


図-4 水中での反射波形例

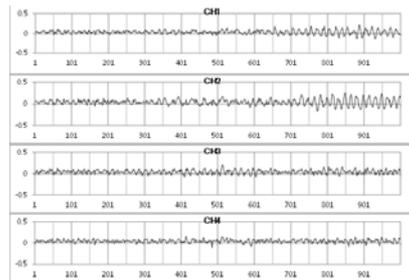


図-5 砂中での反射波形例

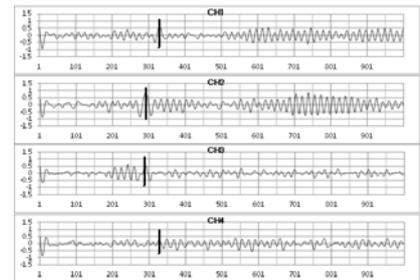


図-6 砂中での相関波形例

5. 今後の展開

今回の研究で, 気中・水中実験により相手の半径から位置と音速を解析できる事が検証されたが, 砂・砂礫・土丹では相関をとっても受信時間を判断し難いケースもあり, まだ音速・位置同時解析の原理を確認した段階と考えている。今後は使用する周波数や変調方法および送受信方法の再検討を行ない, より明瞭な波形が得られるよう送受信装置や送受信ソフトを改良し, 実用化を目指していく予定である。

参考文献

1. 伊佐地 昭裕, 及川 勝利, 井上 浩: 超音波による地下水砂中の物体識別の基礎検討資料, 計測自動制御学会東北支部, Vol.162, pp.106-9, 1996.
2. 杉本 恒美, 川崎 拓: 遺跡・遺構のための横波音波を用いた地中映像化の検討, IIC REVIEW 技術紹介, No. 45, pp.3-10, 2011.4