

ミニボアホールレーダの開発と地下水挙動の3次元評価への試み

鹿島建設(株) 正会員 ○栗原 啓丞 升元 一彦

1. はじめに

山岳トンネルやダム工事において、地下水挙動の把握や止水注入工、グラウチング効果などを評価することは重要である。筆者らは、電磁波レーダを用いて岩盤中の水理挙動をモニタリングするために、ミニボアホールレーダを開発し、模擬土槽を使った性能確認と多点計測による3次元イメージングを試みた。本稿では、これらの性能確認結果と3次元評価の試みについて得られた知見を報告する。

2. ミニボアホールレーダ

一般的な非破壊調査手法の中で、電磁波は最も高い分解性能を有し、含水状態の変化に対して鋭敏であることから、水理構造の把握には優れるといえる。しかし、実際に電磁波調査に用いられる地中レーダや通常ボアホールレーダは、非常に高価で現地作業も大がかりとなるので、多点計測による水理挙動のモニタリングには適用が困難な面もあった。そこで、材料や製造方法を工夫することで、安価で汎用性の高いミニボアホールレーダの開発を行った。今回開発したミニボアホールレーダは、50-500MHzと100-1000MHzの周波数帯を有する。写真1は開発したミニボアホールレーダである。本稿では、分解能の高い100-1000MHzのレーダ計測で得られた試験結果について述べる。

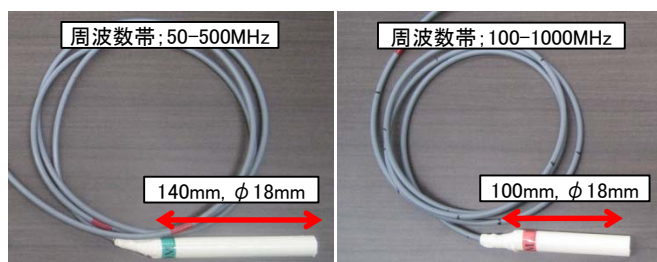


写真1 ミニボアホールレーダ

3. 模擬土槽試験

図1に示すように、均質な珪砂による模擬土槽を用いて、ミニボアホールレーダの性能確認試験と多点計測試験を行った。珪砂は水で締固め、土槽中には、VP20塩ビ管を鉛直方向と斜め方向に6本配置した(A~F孔)。締固め後は底板から排水を行い、計測初期状態とした。

(1) 対向計測によるミニボアホールレーダの性能確認

斜方向に配置したA, B孔にそれぞれ発信アンテナと受信アンテナを離隔108cmで対向させて配置し、両アンテナをGL.-0cmより斜距離で10cm(鉛直距離で2.9cm)ずつ下げながら計測した。計測は初期条件(自然乾燥状態)とGL.-45cmまで注水した条件で行った。図2は各々の条件で得られた波形である。

① 初期条件(自然乾燥状態)

図2より、深度変化に伴う波形の観測走時をみると、GL.-38cm以深で伝搬速度が遅くなる傾向がみられた。これは、締固め後の排水が不完全で、土槽の深部ほど含水率が高くなり伝搬速度が遅くなったためと考えられる。また、GL.-0~10cm程度まで、空中伝搬の影響を受けた波形が確認できた。

② 注水後(水面位置: GL.-45cm)

水面よりも高いGL.-32cm付近から初期条件に比べて波の伝搬速度が遅くなる傾向がみられた。これは珪砂の毛管作用により、設定した水位レベルよりも水分が上昇していたことが原因と考えられる。さらに、GL.-29~42cm付近の観測波形に後続波が確認され、水面からの反射波を捉えられた可能性があることがわかった。

(2) 多点計測試験と3次元イメージング

① 多点計測による観測波形の確認

水位変化の状態を多点計測による水面からの反射波形で捉えられるかどうか検証した。発信アンテナを土槽中心のGL.0m位置に、受信アンテナをA~F孔それぞれのGL.-30cm位置に1つずつ設置し、水位上昇に伴う観測波形の変化を確認した。GL.-75~GL.-45cmまで、水位を5cmずつ上昇させながら計測した結果、GL.-50~55cmに水面が存在するケースで反射波形を確認できた。図3にA孔, B孔の受信アンテナで水位上昇ごとに観測された波形を示す。

② TRT解析技術を応用した3次元イメージング

計測結果の3次元イメージングを行うために、山岳トンネルの前方探査で多くの適用実績をもつTRT解析を試みた。TRT解析とは、複数のセンサーを用いて観

キーワード ミニボアホールレーダ、水理挙動の把握、多点モニタリング計測、3次元イメージング

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 岩盤地下水 Gr. TEL 042-489-6598

測した弾性波の反射波形からトンネル前方の地質境界位置を3次元的に予測する解析技術である¹⁾。本試験においては、水位 GL-50cm の条件で A~F 孔の多点計測により得られたデータを用いて TRT 解析を行った。図4に得られた3次元イメージング結果を示す。TRT 解析の結果、GL-50cm 付近に水面境界からの反射面を捉えられており、ミニボアホールレーダを使った多点計測結果を3次元イメージングにより評価できる可能性があることがわかった。しかし、一部では水面位置以外にも反射面が表れており、これは受信と発信のアンテナ数の不足や配置の問題で反射面の位置を精度よく同定できていないことや、側壁や底板からの多重反射の影響が表れているものと考えられる。

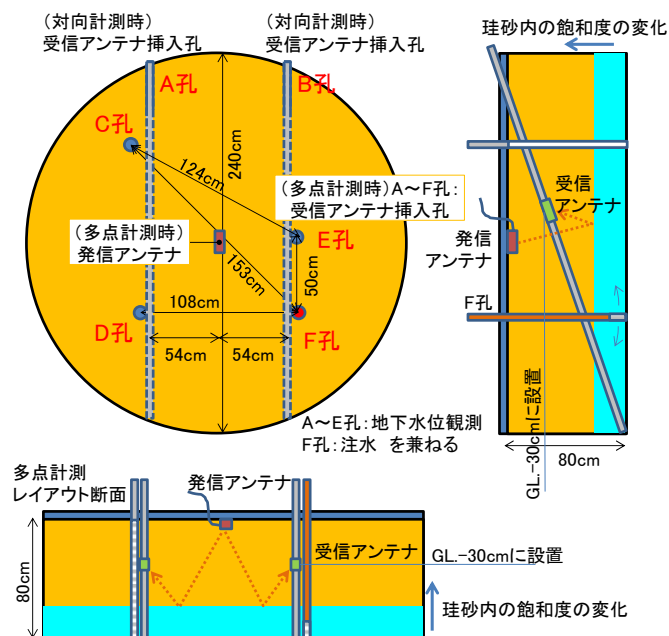


図1 模擬土槽及び計測レイアウト

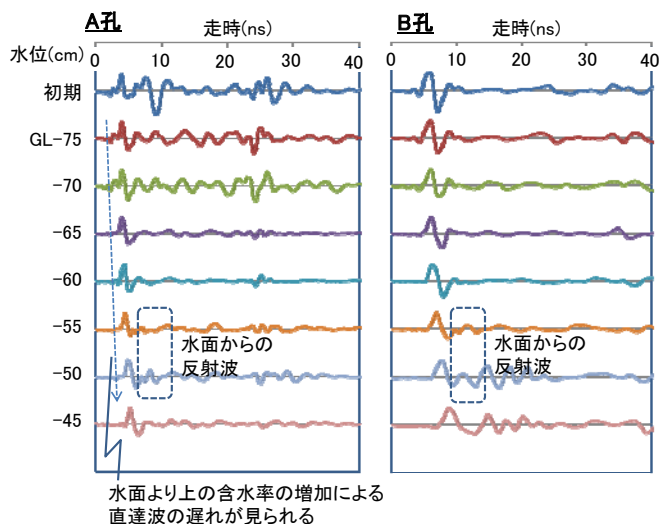


図3 多点計測における水位変化毎の観測波形

4. おわりに

電磁波レーダによる水理挙動のモニタリングを目的として、ミニボアホールレーダを開発した。模擬土槽試験の結果、その基本性能を確認し、多点計測による3次元イメージングが可能であることがわかった。今後は、3次元イメージングの精度向上のために最適な発信アンテナと受信アンテナの組合せを検証し、実用化に向けた原位置試験等を検討していく。

参考文献

- 1) 横田泰宏, 山本拓治, 名児耶薫, 白鷺卓: 無線式トンネル三次元反射法弾性波探査技術の開発, 岩盤力学に関するシンポジウム講演集, 38th, pp. ROMBUNNO56, 2009.

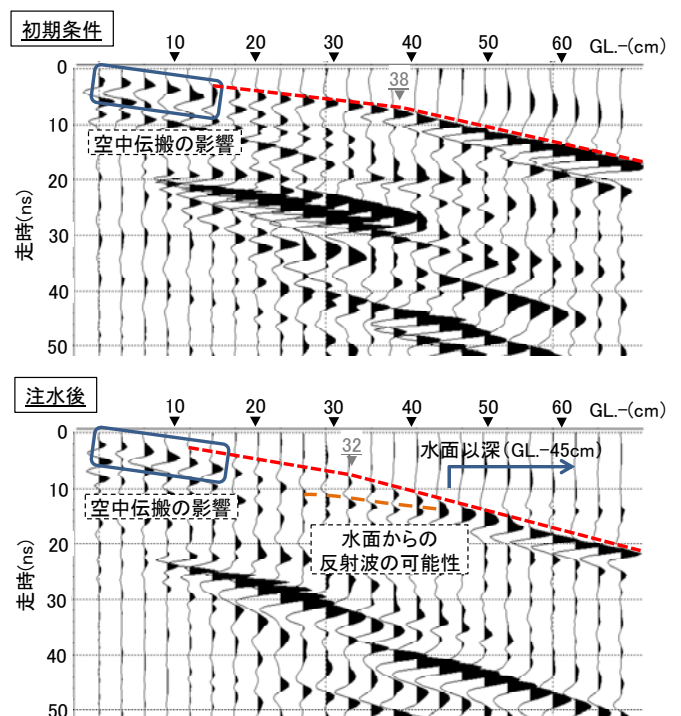


図2 対向計測における観測波形

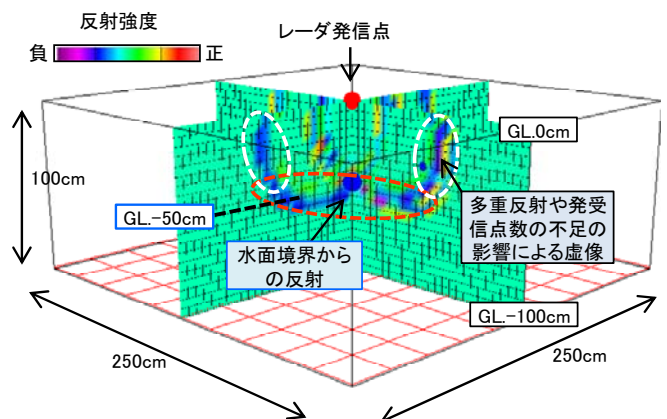


図4 TRT 解析による3次元イメージング図