

地中レーダーを利用した岩盤内ゆるみ域評価手法の開発

鹿島技術研究所 正会員 ○阿部泰典，升元一彦，戸井田克，須山泰宏

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分においては，その安全性を評価する上で，放射性物質が岩盤内をどのように移行するのかを把握することが不可欠である。処分坑道近傍については，坑道掘削による岩盤のゆるみ域が放射性物質の卓越した移行経路になる可能性があるため，その構造や特性を評価することは重要であるが，その十分な評価手法が確立されていないのが現状である。そこで，坑道近傍におけるゆるみ域について，分布，構造，透水特性，移行特性，を評価する手法の開発を進めている。今回は，その中で分布，構造を把握するために高分解能連続波レーダーを開発し，その適用性検証試験を実施したので，その結果を報告する。

2. 開発装置の概要

今回開発する手法としては，探查性能の向上が可能と思われる地中レーダーに着目した。開発にあたっては，岩盤（主に堆積岩）のゆるみ域分布の把握，坑道の近傍 20cm～3m 程度の範囲における物性値（亀裂の頻度，飽和度）の把握を目標とした。これらの目標を達成するためには，まず，電磁波が減衰を受けやすい堆積岩においても目標の探查深度を維持するためにパルス波よりも連続波の方が適している。また，20cm～3m 程度の範囲における高精度な探查を行うためには，レーダーの周波数帯が高周波数帯域であることが必要である。以上のことから，開発するレーダーの仕様を 50-500MHz の連続波レーダーに決定した。本手法による実際の評価は，まず，プロファイル測定により構造境界面を把握する。次に，ワイドアングル測定から得られたデータを用いて速度構造解析をすることによって，構造境界面により分けられた各層における電磁波速度を求める。これにより坑道近傍部の亀裂頻度の変化位置，飽和・不飽和境界面が反射面及び速度構造の違いとして検出できる。得られる結果のイメージを図 - 1 に示す。

3. 適用性検証試験

開発したレーダーの性能を確認する目的で，構造が既知の地盤モデルを探查対象とした室内試験を行った。地盤モデルは，図 - 2 に示すように 4mL×2mW×1mH の木製土槽枠の中に，深い位置から順にコンクリート底盤（10cm），一定条件で締固めた山砂（75cm），木製の角材（10cm）を設置したもので，それらの境界が構造境界面となっている。また，側面に設けた水のタンクから水を浸透させることで地盤内に地下水面を作り，それが飽和・不飽和領域の境界となっている。地下水面の位置は，土槽枠周囲に設けたスタンドパイプと地盤内に設置した水位観測孔で確認できるようにした。試験は，地下水面を表面から -65cm に設定した状態でそれぞれプロファイル測定（アンテナ間隔（以下，オフセットと呼ぶ）40cm，計測ピッチ 10cm）とワイドアングル測定（オフセット 40cm→330cm，計測ピッチ 10cm）の 2 種類の測定を行った。また，地下水面を -65cm→-35cm に変化させ，水位変化のモニタリング測定（オフセット 80cm，定点測定）も行った。これらの試験により，本レーダーが構造境界面を検出可能か，また，地下水面の変化を捉えることが可能かどうかを検証した。

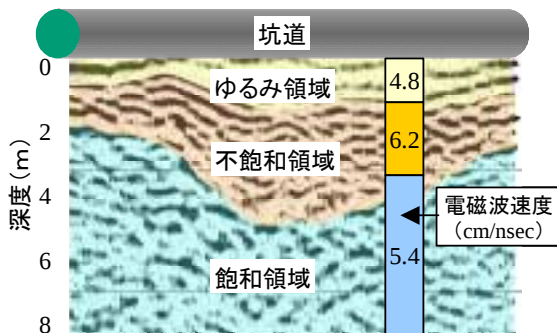


図 - 1 結果イメージ図

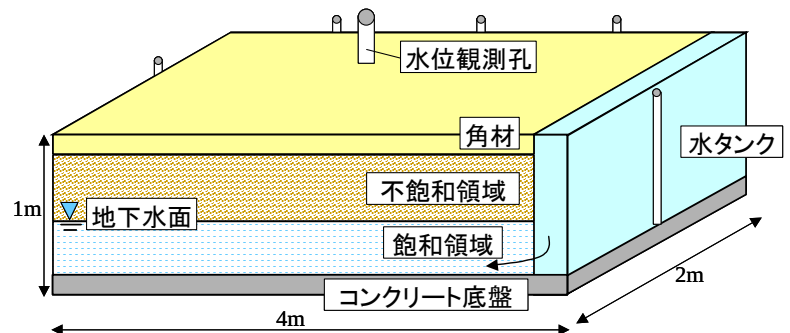


図 - 2 地盤モデル概略図

キーワード：岩盤，ゆるみ域，連続波レーダー

連絡先（鹿島技術研究所，東京都調布市飛田給 2-19-1，TEL0424-89-7081，FAX0424-89-7083）

4. 試験結果

図 - 3 に水位変化のモニタリング結果を示す。横軸は測定トレース(この場合は時間変化),縦軸は往復走時(反射波が帰ってくるまでの時間)を示している。これを見ると,地下水位-65cm であった初期に 20nsec であった往復走時が,地下水位 -35cm の最終時には 17nsec 程度まで変化しており,地下水面の変化を良く捉えていると言える。図 - 4, 5 にプロファイル測定結果,ワイドアングル測定結果を示す。横軸はそれぞれ測定点の位置変化,及びオフセット距離を示しており,縦軸はいずれも往復走時を示している。いずれの結果においても各構造境界における反射面を検出できており,精度 10cm 程度で構造を検出できていると言える。

次に,ワイドアングル測定結果を利用した速度構造解析の結果を図 - 6 に示す。速度構造解析では,まず,ある速度を仮定し,オフセット距離の違う全てのトレースをオフセット 0 の場合に変換させ,その波形でスタッキングを行う。この仮定した速度が正しければ,反射面での振幅強度が強調しあって大きくなることから,その地点までの平均速度が求められる。このことを利用し,複数の速度を仮定し,比較することによって,深度方向の速度を算出する。図 - 6 の横軸は仮定した電磁波速度,縦軸は解析時にオフセットを 0 と仮定した場合に算出される往復走時を示している。今回は,図に点線で示したように,角材,コンクリート部では速度が大きく,飽和部では速度が小さいという速度構造を求めることができた。

5. まとめ

検証試験の結果から,10cm 程度の分解能による各構造境界面の検出と地下水面の変化の把握,及び,速度構造の検出が可能であることがわかった。今後は,多くの測定データを比較することにより評価方法の信頼性を向上し,原位置試験による実岩盤を対象とした適用性の確認を行っていく予定である。

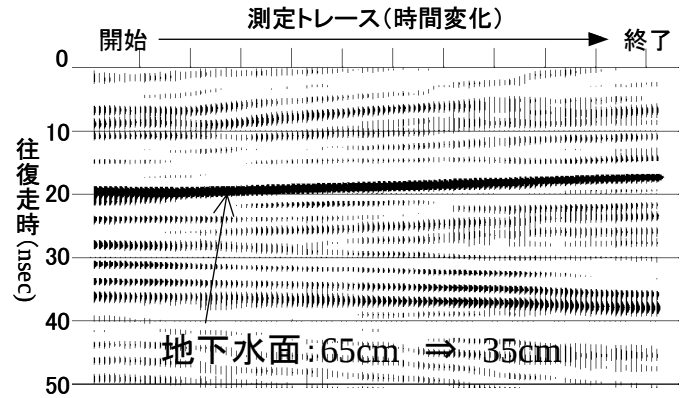


図 - 3 モニタリング測定結果

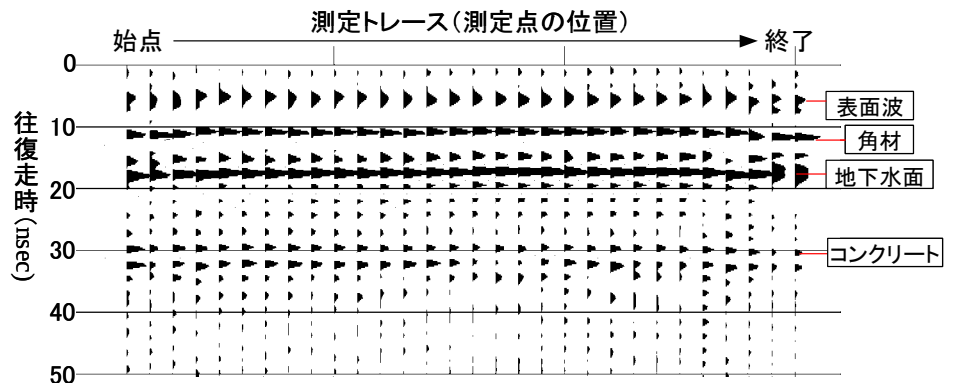


図 - 4 プロファイル測定結果

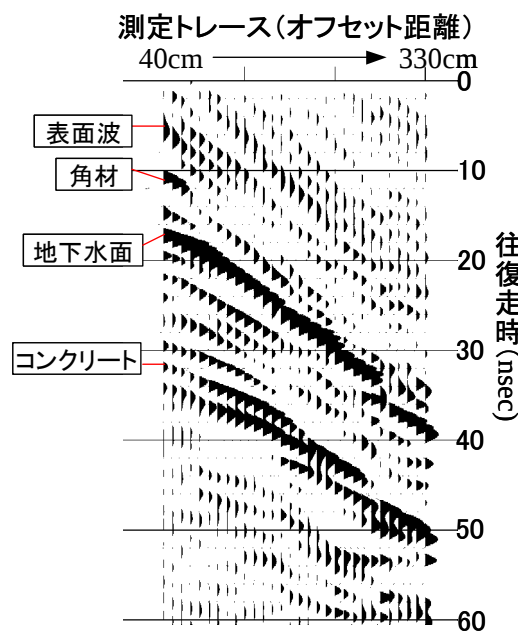


図 - 5 ワイドアングル測定結果

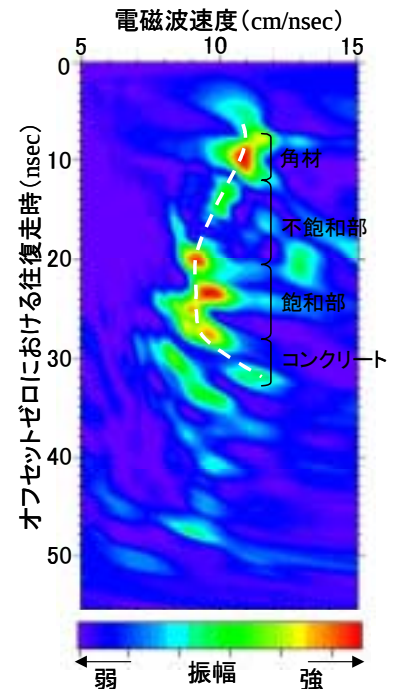


図 - 6 速度構造解析結果