

地中レーダを用いた坑道近傍の水みちとなる岩盤内割れ目の評価

鹿島建設(株) 正会員 ○栗原啓丞, 升元一彦
日本原子力研究開発機構 竹内竜史

1. はじめに

岩盤内に掘削した坑道周辺の割れ目群は力学的安定性だけでなく地下水の透水経路としての問題も生じさせるため、水みちとなる割れ目の把握を行うことが重要である。そこで、筆者らは、分解性能が高く含水状態の変化に対して鋭敏な特徴を有する地中レーダを用いた非破壊調査手法に着目し、研究を進めてきた¹⁾。今回、坑道近傍に分布する岩盤内割れ目の水理状況の評価に対する地中レーダ調査の有効性を検証するため、JAEA 瑞浪超深地層研究所の研究坑道で原位置試験を実施した。本試験では、地中レーダに加え、筆者らが開発を進めている小型のミニレーダ²⁾を適用して評価を行った。本稿では、その結果について報告する。

2. 坑道における原位置試験

本試験では、瑞浪超深地層研究所の深度 500m 研究アクセス南坑道(図-1)において、①水みちとなる坑道側壁近傍の割れ目の分布を地中レーダにより把握できるか、②ミニレーダを用いた電磁波速度検層による電磁波速度分布から岩盤内の含水状態を評価できるか、について検証を行った。

(1) 試験場所

アクセス南坑道の岩盤は CM~B 級の硬質な花崗岩からなり、坑道に直交する方向と低角度で交差する方向の高角度割れ目が発達している。坑道は吹付けコンクリート厚 5cm で、西側壁下部は露岩しており、B 級岩盤ではロックボルト打設は行っていない。また、一部区間ではプレグラウトを実施している。本試験は側壁で観察される割れ目群を評価対象とした。

(2) 試験方法

① 地中レーダ (800MHz/1.5GHz) プロファイル測定

岩盤内の割れ目分布が電磁波反射面として検知可能か確認するため、側壁沿い 100m 区間で 800MHz パルスレーダによるプロファイル測定を行った。この 800MHz レーダで認められた明瞭な反射面に対し、詳細調査として 1.5GHz レーダによるプロファイル測定を 10m 区

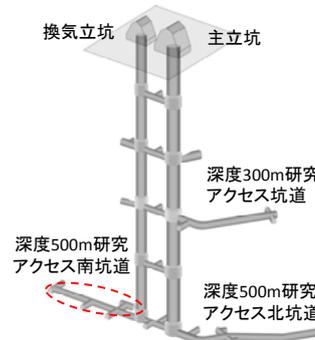


図-1 試験位置



図-2 計測実施状況

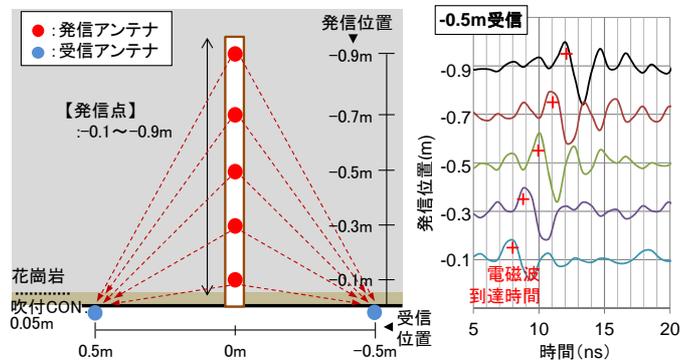


図-3 電磁波速度検層レイアウトと計測波形

間で実施した。測定は、露岩部では不陸の影響があるため吹付けコンクリート上で行った。図-2 に計測状況を示す。さらに、岩盤中の割れ目の位置を確認するため、反射面と交差する位置で 1m 長の径 66mm コア削孔とファイバースコープによる孔内観察を実施した。

② ミニレーダによる電磁波速度検層

ボアホールタイプと地中レーダタイプのミニレーダ (50~500MHz) を用いて、削孔したボーリング孔内と側壁面間での電磁波速度検層を実施した。計測は、孔内で発信 (深度 20cm ピッチ) し、側壁面で受信 (ボーリング孔両側±0.5m) するレイアウトとした。図-3 は計測レイアウトと得られた計測波形の例を示す。

(3) 試験結果

① 地中レーダによる水みちとなる割れ目の評価

図-4 に 800MHz プロファイル測定結果と、坑道掘削時の地質観察により確認された SL 付近の割れ目を坑道側壁との交差角度を考慮して平面投影したものを示す。

キーワード 地中レーダ, ミニレーダ, 湧水割れ目, 電磁波速度検層

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

割れ目は湧水割れ目とグラウト充填割れ目のみを示す。プロファイル測定結果の深度は、ミニレーダの電磁波速度検層結果から電磁波伝搬速度を 0.12m/ns として計算した。この結果、湧水を伴う割れ目やグラウト充填割れ目は反射面として明瞭に確認されており、かつ明瞭な反射面は 30° 以下の低角度で交差する割れ目であることが分かった。さらに、測点 No.7 付近と交差する湧水割れ目の深度方向の延長を確認するため実施した 1.5GHz プロファイル測定結果と削孔されたコアサンプルを図-5 に示す。プロファイルで確認された明瞭な反射面の深度で、コアサンプルと孔内のファイバースコープ観察で開口割れ目が確認できた。これらのことから、地中レーダは地下水を伴う割れ目の検出に有効な手段であることが確認できた。

② ミニレーダによる坑道近傍の含水分布の評価

電磁波速度検層では、発信深度を変えた受信波の到達時間の差分から、発信深度間の電磁波速度が求められる。深度方向の電磁波速度分布が求められることから、電磁波伝搬速度 (V) と比誘電率 (ε) の関係、 ε

= (C₀/V) ² (C₀:真空中の電磁波伝搬速度) を用い、比誘電率分布を算出した結果を図-6 に示す。この結果から、坑道近傍ほど比誘電率が高くなる傾向が確認された。このことは、花崗岩の比誘電率が 6 程度であることに對し水の比誘電率が 81 であるため、坑道近傍ほど岩盤の緩みの影響で割れ目の開口が大きくなり、地下水の含水率が高くなっていることが一因にあると推察できる。

3. おわりに

地中レーダにより地下水を伴う割れ目の検出が可能であることが確認できた。岩盤内割れ目における地下水の浸透状況を地中レーダで非破壊的にモニタリングする手法の可能性について検討を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 升元一彦, 栗原啓丞: 地中レーダによる地下空洞近傍の亀裂性岩盤内の地下水浸透状況調査, 第 43 回岩盤力学に関するシンポジウム, pp.188-192, 2015.
- 2) 栗原啓丞, 升元一彦: 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, 土木学会第 70 回年次学術講演会, III-139, 2015.

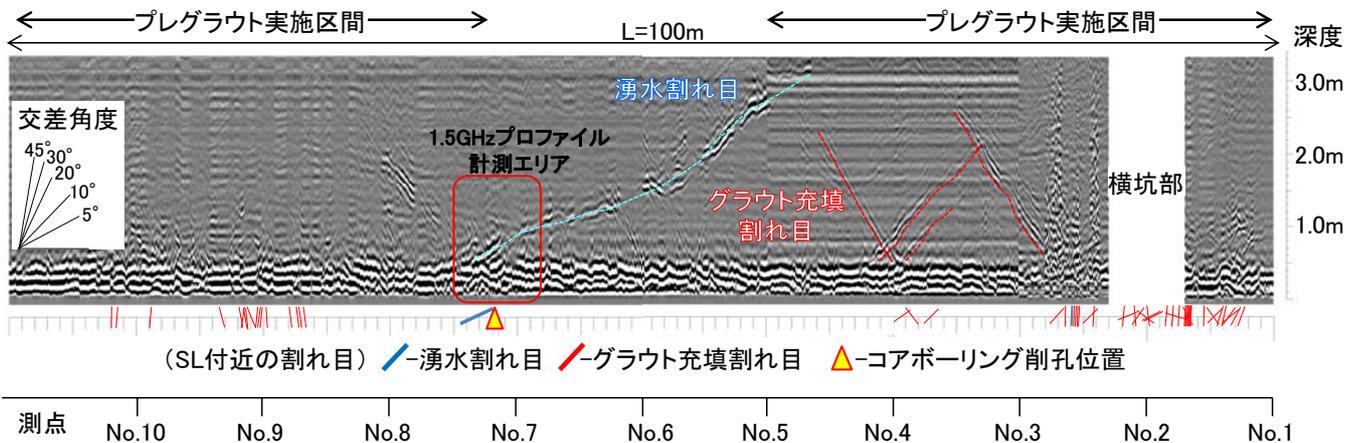


図-4 800MHz プロファイル測定結果と掘削時の地質観察結果の比較

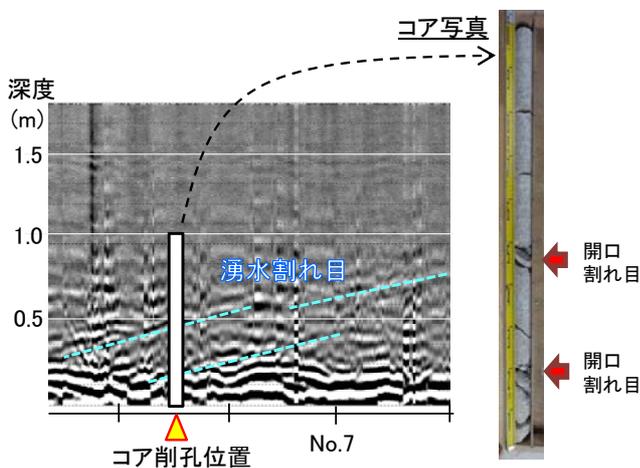


図-5 1.5GHz プロファイル測定結果とコアサンプル

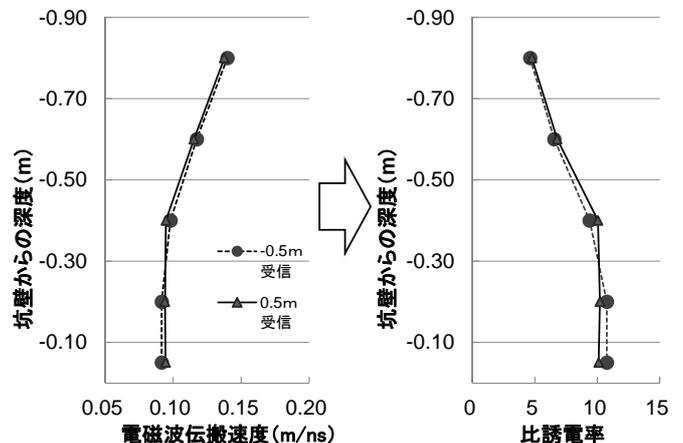


図-6 深度方向の比誘電率分布