

地上からの複数の物理探査手法による石灰岩ブロックの分布状況の推定

鹿島建設(株) 正会員 ○松下智昭, 升元一彦
埼玉大学 正会員 長田昌彦

1. はじめに

山岳トンネルにおいて、安全で合理的な施工のために切羽前方の地質状況を評価することは必要である。また近年では、高レベル放射性廃棄物の地層処分に關して、放射性物質の移行経路となる水みちを非破壊で評価することの重要性が指摘されている。したがって、これらの要求を満たす物理探査手法の開発・高度化を進めていく必要がある。

これまで、山岳トンネルでの切羽前方の地質状況を評価するために、非破壊の物理探査手法を現場へ適用してきており、現在、これらの手法の適用範囲の拡大を目指して研究開発を進めている。その適用事例として、昨年度は、石灰岩鉱山において、石灰岩ブロックの全体的な分布状況を評価することを目的として、地上から三次元反射法弾性波探査（以下、TRT 探査）を実施した¹⁾。今回、地表付近の石灰岩ブロックの詳細な分布状況を明らかにするために複数の物理探査手法を適用したので、その結果について報告する。

2. 調査地域の概要と昨年度の成果

調査地域である石灰岩鉱山の斜面一部の地質平面図と地質縦断面図を図-1に示す。これらの図は、主に地表踏査とボーリング調査から推定されたもので、泥質岩や凝灰岩中に石灰岩ブロックが不均質に分布している。調査対象とした石灰岩ブロックは、地表から深度 30~40m 程度まで分布し、斜面に対して受け盤と推定されている。また事前の地質調査から、均質な石灰岩ブロックは、周囲の泥質岩・凝灰岩が混在する箇所と比べ、弾性波速度が速いことが報告されている。昨年度は、図-1の発振・受振レイアウトで地上から TRT 探査を実施し、石灰岩と泥質岩の境界が地下数十 m に位置していることを明らかにした（図-2）¹⁾。しかしながら、TRT 探査のような反射波を利用した探査では、地表から地下十数 m に位置する反射面からの反射波と直達波を分離することは難しく、そのため、地表付近における石灰岩ブロックの分布状況が不明であった。そこで今回、地表から地下十数 m までをターゲットとして、同一測線上にて表面波探査と地中レーダ探査を実施した。

3. 探査方法

探査の測線は、図-1aに示すように、ボーリング①から 16m の位置を測線基準（0 m 地点）として 45m とした。なお、測線を展開した道路の勾配は、約 6° であった（0 m 地点が高く、45 m 地点が低い）。地中レーダ探査では、探査の範囲を 0 m 地点から 30 m 地点までとし、25 cm 間隔でプロファイル測定を行った。装置は、連続波レーダ（周波数：50~500 MHz）を使用した。また、25 m 地点を中心にワイドアングル測定も実施

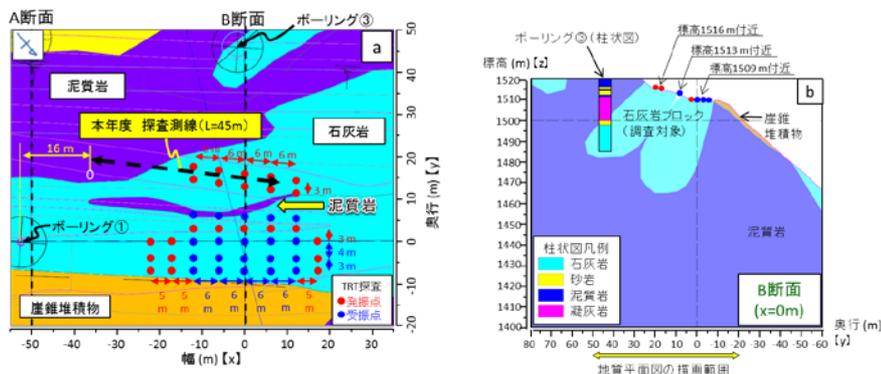


図-1 a: 地質平面図, b: 地質縦断面図(B断面)

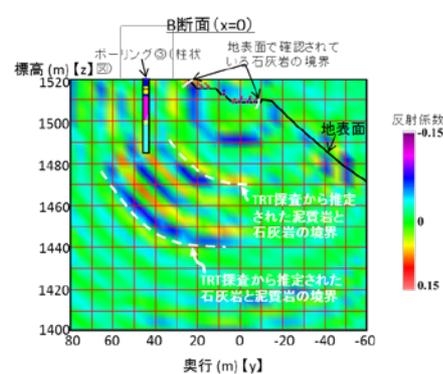


図-2 TRT 探査結果例(B断面)¹⁾

キーワード 地表付近の地質構造, 石灰岩ブロック, 表面波探査, 地中レーダ

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 TEL 042-489-6659

しており、地盤の電磁波の伝搬速度が 0.10 m/ns、比誘電率が 8.18 であった。

表面波探査では、探査の範囲を 0 m 地点から 43 m 地点までとし、速度型地震計（固有周波数 4.5 Hz）を 1 m 間隔で地表面に設置した。打撃位置は、-3.5 m 位置から 45.5 m 地点まで 1 m 間隔で、カケヤにより打撃した。データ収録には、応用地質(株)製の McSEIS-SXW を用いた。計測後、林ら(2001)²⁾の方法に従い、波形データから分散曲線を算出し、S 波速度構造を推定した。

4. 探査結果・考察

探査結果を図-3 にまとめた。図-3a は、探査測線沿いの露頭調査から作成した地質平面図である。測線上で 0 m～約 12 m は泥質岩主体、約 12 m～約 19 m は石灰岩主体、約 19 m～約 24.5 m は石灰岩と泥質岩の混在部、約 24.5 m～45 m は石灰岩主体であった。図-3b は、表面波探査の波形データから算出した直達波の速度で、図-3c は、S 波速度分布（二次元断面図）である。直達波の速度分布と地表面での S 波速度分布の傾向は、ほぼ一致しており、また不均質な速度場であることが分かる。これらの速度分布と図-3a の地質平面図を比べると、全体として泥質岩や泥質岩と石灰岩の混在箇所が遅く、石灰岩で速い傾向を示す。ただし、石灰岩であっても、速度にばらつきがみられる。次に、S 波速度分布をみると、大きく 3 つの領域に分けられる。地表面から深度 4 m 程度までは、500～600 m/s 程度の低速度領域が地表面に沿って層状に分布し、その下位に 600～700 m/s 程度のブロック状の高速度領域が見られる。さらに、その下位に、500～600 m/s 程度の低速度領域が分布している。図-3d は、地表から深度 3 m までの地中レーダの探査結果であり、大きく 3 つの反射面が確認できた。

以上の結果から、地表付近の地質構造を推定すると、地表付近の層状の低速度帯は緩み領域で、その下位が石灰岩ブロックと考えられる。この緩み領域と石灰岩ブロックの境界位置は、図-3d の反射面①②の位置から推定した。さらに、石灰岩ブロックの下位は、S 波速度が遅いため、泥質岩と考えられる。石灰岩ブロックの下位に泥質岩が分布することは、既存の地質調査結果で推定されているような、石灰岩ブロックが深度 30～40m 程度まで連続しているのではなく、地表付近の石灰岩ブロックは、せいぜい地表から十数 m までしか分布していないことを示している。

5. おわりに

本論では、表面波探査と地中レーダ探査の複数の物理探査手法を適用し、地表付近の地質構造を詳細に調査した。その結果、既存の地質縦断図とは異なる石灰岩ブロックの分布状況が得られた。今後は、結果の精査とともに、別の岩種に対しての物理探査手法の適用性について検討したいと考えている。

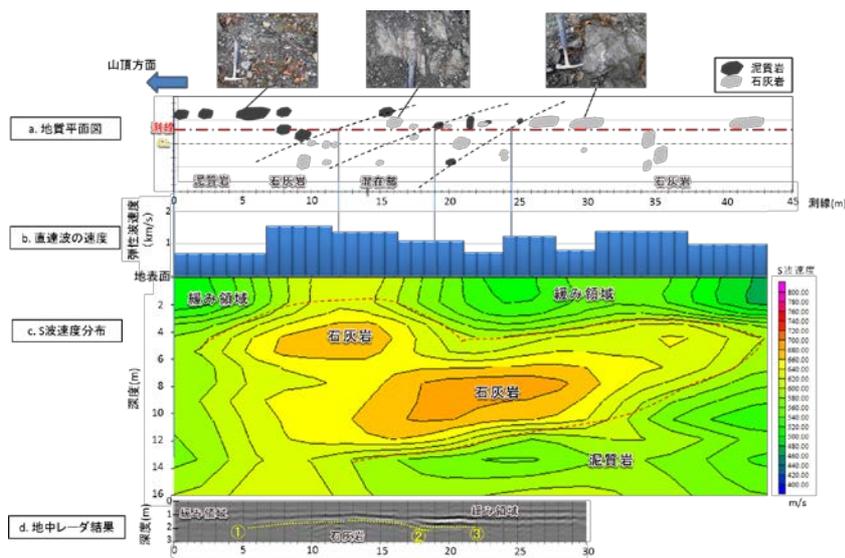


図-3 探査結果. a: 地質平面図, b: 直達波の速度, c: S 波速度分布, d: 地中レーダ結果

参考文献: 1) 松下ほか, TRT 探査による地上からの地質構造評価の適用, 土木学会第 70 回年次学術講演会, pp.255-256, 2015.

2) 林ほか, 人工振源を用いた表面波探査の開発とその土木地質調査への適用, 応用地質技術年報, pp.9-39, 2001.