

TRT 探査による地上からの地質構造評価の適用

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

地質構造を非破壊で評価することは、山岳トンネルにおいて、施工の合理化や安全性確保のために必要である。また近年では、高レベル放射性廃棄物の地層処分に際して、均質な岩体の分布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・高度化を行っていく必要がある。

これまで、山岳トンネルでの切羽前方の地質状況の評価するために、非破壊の物理探査手法が現場へ適用されており、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。非破壊の物理探査手法の中で、三次元反射法弾性波探査（以下、TRT 探査）は、切羽前方の地質境界や断層の分布を三次元的に評価することができるため、山岳トンネルにおいて数多くの実績がある¹⁾。今回、TRT 探査のトンネル以外での適用例として、石灰岩鉱山において、石灰岩ブロックの分布状況の評価することを目的に、TRT 探査を地上から実施した。こうした三次元的な広がりを持つ岩石ブロックに対しては、従来の反射法や表面波探査による二次元的な評価では不十分であり、TRT 探査は有効な手法と考えたからである。本稿では、その探査結果と適用性について報告する。

2. 調査地域の概要

調査地域とした石灰岩鉱山では、石灰岩ブロックが不均質に分布している。図-1に、鉱山斜面一部の地質縦断図(図 a, b)と地質平面図(図 c)を示す。A断面とB断面は平行で、50 m 離れている。これまでの地盤調査(地表踏査とボーリング調査)から、石灰岩ブロックの地表面での出現位置や深度が推定されている。また A断面のボーリング①での速度検層結果から、均質な石灰岩ブロックの弾性波速度は最大で 4,000 m/s 程度であること、下位の石灰岩と泥質岩・凝灰岩の混在する箇所(以下、混在岩部)は、石灰岩ブロックよりも岩級が低く、弾性波速度も遅いことが報告されている。このように、均質な石灰岩ブロックと混在岩部では弾性波速度に差があるため、この境界が弾性波の反射面になる可能性がある。そこで今回の探査では、この境界をターゲットとした。

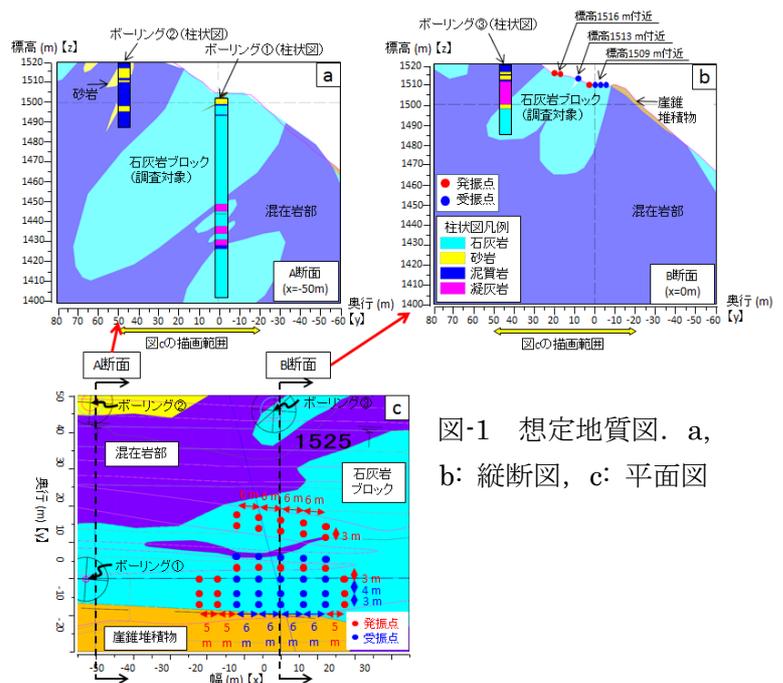


図-1 想定地質図. a, b: 縦断図, c: 平面図

3. TRT 探査方法

山岳トンネルにおける TRT 探査は、切羽付近で発振させた弾性波を切羽後方のトンネル壁面に三次元的に配置した受振器で計測する。今回の探査では、B断面を中心に、発受振点を地表面に三次元的に展開した(図-1c)。受振点は計 20 箇所、発振点は計 24 箇所であり、発受振間距離は水平方向に最大で 35 m 程度、鉛直方向に最大で 7m 程度である。受振器には速度計を使用し、地表面の土砂を取り除き、地盤に直接設置した。発振はカケヤによる打撃で行い、各発振点で 3 回の波形データを収録した。

キーワード 地質構造, 石灰岩鉱山, TRT 探査, 弾性波

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 TEL042-489-6659

4. 解析方法と結果

探査によって得られた波形データから、反射面の位置を計算する。解析の基本概念は、反射波の伝搬時間と発受振点の座標から、等走時面の楕円体を計算させることである。特に TRT 探査では、発受振点を三次元的に配置しているため、楕円体を三次元的に描くことができ、これらの楕円体が最も良く接する位置を反射面として画像化している。

解析結果として、図-2 に反射面の三次元分布を、図-3 に A 断面、B 断面、及び y=40m断面の反射係数のコンター図を示す。反射係数は、媒質 1 と媒質 2 の音響インピーダンス（密度と弾性波速度の積）で定義され、媒質 2 が媒質 1 より硬い場合、正となり、媒質 2 が媒質 1 より軟らかい場合、負となる。図-2 は、反射面の分布を視覚的にイメージしやすくするために、反射係数の絶対値が大きい箇所を画像化したものである。図中の反射面の黄と青は、反射係数の正負を表している。

次に図-3 のコンター図を見ると、A 断面では、標高 1450m から 1480m 付近に反射面が確認できる。ボーリング①の柱状図と合わせて考えると、これが石灰岩ブロックと混在岩部の境界と推定できる（図中の白色点線）。B 断面では、標高 1440m から 1480m 付近に石灰岩ブロックと混在岩部の境界と考えられる反射面が確認できる（図中、下の白色点線）。一方で y=40m 断面を見ると、これらの反射面は x 軸方向に連続しておらず (x=-40m~-20m 間で不連続)、別々の石灰岩ブロックの可能性も指摘される。また B 断面では、標高 1440m 以浅の位置にもいくつかの反射面が確認できる。特に標高 1470m から 1490m 付近の反射面は、ボーリング③の柱状図と合わせて考えると、混在岩部と石灰岩ブロックの境界の可能性もある（図中、上の白色点線）。なお A 断面において、ボーリング①で確認されている標高 1430m 以深の石灰岩ブロックの境界は、本探査では明瞭ではなかった。その原因として、地山の不均質性により、岩石境界で弾性波（反射波）が減衰したためと考えられる。

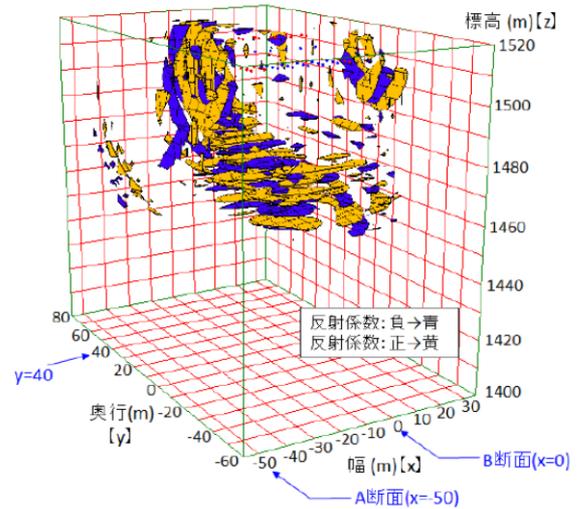


図-2 解析結果 1：反射面の三次元分布

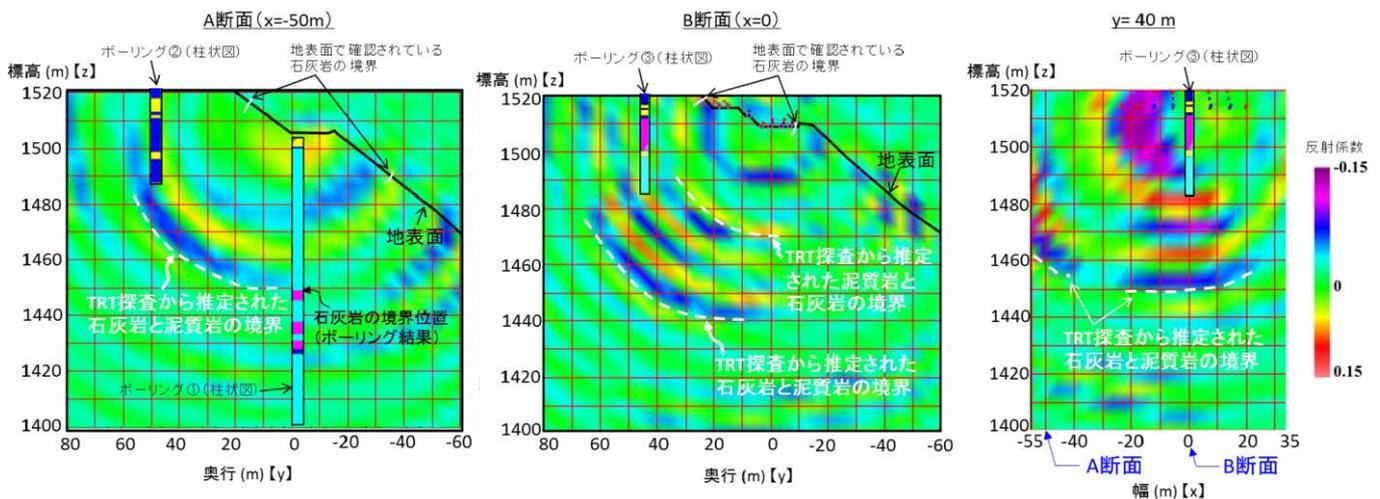


図-3 解析結果 2：反射係数のコンター図（左：B 断面，中：A 断面，右：y=40 m 断面）

5. まとめ

本研究では、石灰岩ブロックを対象とした地上からの TRT 探査を実施し、地下数十 m に位置する岩石境界を捉えられる可能性があることを示した。特に、本手法では地質構造を三次元的に探査することが可能である。今後、他の非破壊探査手法も合わせて実施し、精度の検証を実施していく予定である。

参考文献

1) 例えば、山本ほか、反射トモグラフィーによるトンネル切羽前方の地質探査，土と基礎，pp. 10-12, 2002.