

2 種類の物理探査法を組み合わせたトンネル切羽前方探査

大成建設（株）土木技術研究所	正会員	○城 まゆみ
大成建設（株）土木技術研究所	正会員	川上 純
関電興業（株）土木部	正会員	片山 辰雄
関電興業（株）土木部		高橋 厚志

1. 目的

トンネルの切羽前方の地山状況を推定する方法として、先進ボーリングや反射法弾性波探査などがあげられる。このうち反射法弾性波探査（以下、TSP 調査と呼ぶ）はトンネル坑内での作業時間が 2 時間弱、事務所での解析作業についても数時間で完了し、切羽前方の約 100m 先まで推定することができる。そのため、現在までに多くのトンネル現場で採用されてきた。しかし、TSP 調査は弾性波による探査のため、地下水の賦存状況を推定することができない。また、地山状況を推定する場合、地山の不良度合いを絶対値で評価することができないため、トンネルの施工にどの程度影響を及ぼすのかを判断することが難しい、などの欠点を持つ。一方、近年になりトンネル坑内において簡易に測定できる EM 探査装置が開発された。EM 法は電磁探査法のひとつであり、得られる結果は地盤の比抵抗分布である。電磁探査法は地盤の空隙率の空隙に含まれる水の状況を推定できる長所がある。しかし、現在の装置では発信できる周波数に制限があるため、探査深度は最大 50m と切羽から比較的近い区間しか推定できない短所を持つ。

今回、丹波帯に位置するトンネルにおいて、TSP 調査と EM 探査の 2 種類の探査法による調査を同一区間で実施する機会を得た。これにより、両者の結果を施工実績と比較し、トンネルの前方探査において異なる探査法を組み合わせることによる有効性を検討した。

2. 探査法の概要

(1) TSP 調査

TSP 調査は図-1 に示すように、トンネル側壁において発破を行い、発生した弾性波が切羽前方に存在する破碎帯等の地山状況の変化面（弾性波速度の変化面）で反射し、戻ってきた反射波を受振することにより、切羽前方を探査するものである。

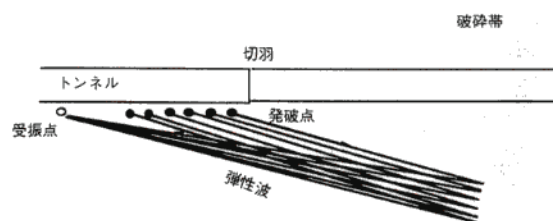


図-1 TSP 調査の概要

(2) EM 探査

EM 探査は送信コイルに交流電流を流すことによって 1 次磁場を発生させ、1 次磁場の变化から誘起された渦電流による 2 次磁場強度を測定し、1 次磁場強度と 2 次磁場強度の比により、比抵抗を求める探査法である。図-2 に測定状況を示した。測定は、EM 探査機を切羽面に設けた測線に沿って 1m ピッチで移動して行なう、非常に簡便な方法である。

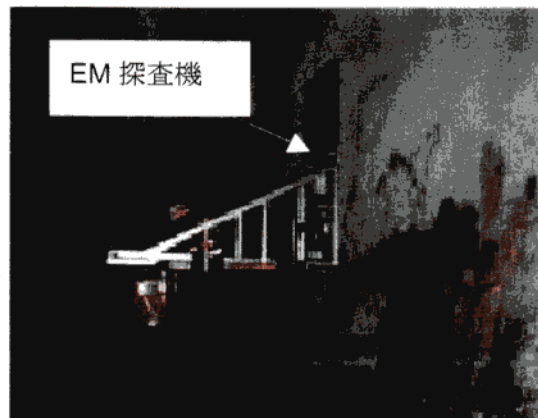


図-2 測定状況

3. 探査結果

図-3 に TSP 調査結果、EM 探査結果、トンネル施工時の切羽観察結果の一覧図を示す。なお、地山観察結果は、切羽観察項目の 1 つである岩石の硬さに関する項目、および総合評価点を

キーワード 反射法弾性波探査、電磁探査、前方探査、トンネル

連絡先 〒245-001 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設（株） TEL.045-814-7237 FAX.045-814-7253

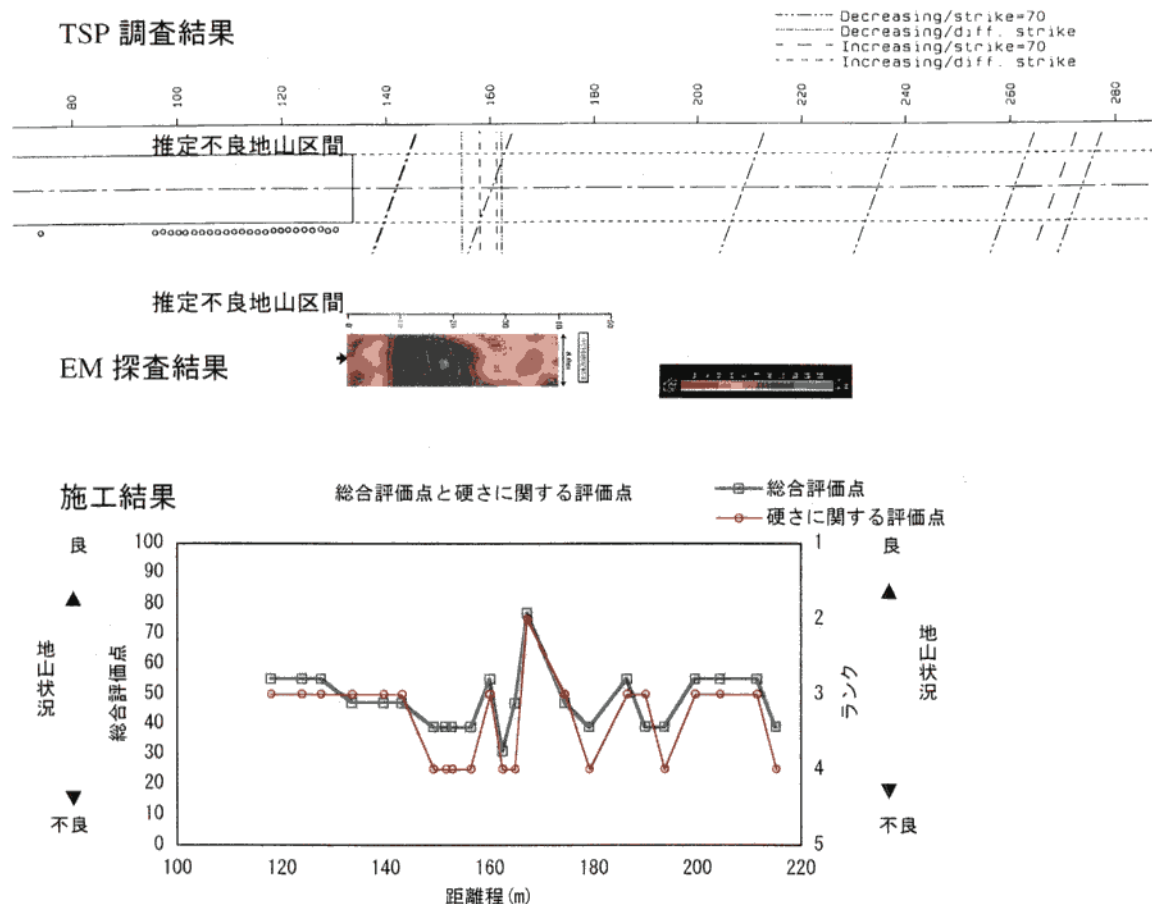


図-3 各調査結果と施工結果

検討の対象とした。図からわかるように、切羽状況の良・不良は岩石の硬さに関する項目と相関性が高い。これは、岩石が破碎状（粘土化、または各礫状）を呈し、強度が低下すると切羽の状況も不良になると解釈できる。

TSP 調査では、反射面の種類（「硬→軟」の反射面と「軟→硬」の反射面）にかかわらず、反射面が密集して検出された区間では不良地山である可能性が高いと推定した。これは、地山が破碎されている部分は粘土状または角礫状をしていることが多いため、反射面の種類が「硬→軟」の反射面だけ検出されるとは限らないからである。一方、EM 調査では比抵抗分布が $20\Omega\text{m}$ 以下の低比抵抗区間を不良地山区間と推定した。

TSP 調査と EM 調査の推定結果を比較すると、TSP 調査において反射面が検出された区間では EM 調査における比抵抗も周囲より低比抵抗を示しており、整合性のある結果となっている。この区間における施工実績は、岩石の硬さに関する項目が不良になり、切羽の状況も不良を示した区間であることがわかる。これは、不良地山区間の推定根拠とも矛盾しない。また、TSP 調査では反射面が検出されなかったが、EM 調査では低比抵抗を示した距離程 175m 付近についても、同様に不良地山区間であることが確認できた。

4. まとめ

比較結果から、以下のことがわかった。

TSP 調査は調査深度が 100m 程度と長い距離の調査が可能であるが、地山状況の細かい変化を推定することはできない。一方、EM 調査は調査深度が最大 50m（本調査では 40m）と切羽に近い区間しか調査できないが、地山状況の細かい変化を推定することができ、推定結果が可視化されているのでわかりやすい。

したがって、より精度の高い調査を実施するためには、異種の調査法を組み合わせる方法が望ましい。

参考文献

- 1) 片山辰雄, 他 新開発 EM 探査機による地盤調査 第 36 回地盤工学研究発表会講演論文集 2001 pp.2536-2564