

空中電磁探査について

平工 哲嗣* 宮西 昭宏*
Satoshi Hiraku Akihiro Miyanishi

1. はじめに

当工事は、愛知岐阜三重を環状に連絡する東海環状自動車道の一部として建設する延長 4.9 km の長大トンネルのうち、岐阜市側より北東方向に約 1,850 m (追加 750 m 予定) を施工するトンネル工事である。

本稿では、事前調査の一つとしてトンネル全線にわたる地質情報の取得が期待される「空中電磁探査」を実施し、3 次元的に得られた地山の比抵抗構造をトンネル掘削結果と比較して、その有用性について検討した。さらに今回、異なる手法の空中電磁探査（ヘリコプターを活用した空中発信空中受信型の「P-THEM」、ドローンを活用した地上発信空中受信型の「D-GREATEM」）を採用し、それらを精度比較・考察した。

2. 工事概要

工 事 名 平成 29 年度 東海環状岐阜山県第一トンネル工事
発 注 者 国土交通省 中部地方整備局 道路工事課
工 事 場 所 岐阜県岐阜市城田寺
工 期 平成 30 年 1 月 6 日～令和 3 年 3 月 30 日
延 長 1,849.915 m
内空代表断面 87.327 m²

3. 地形・地質概要

岐阜山県第一トンネル周辺の地形は、稜線が 2 列並列に延びており、比較的浸食され難いチャートで構成され、主稜線間には砂岩や泥岩が分布している。南北斜面は急崖地形となっており、山地斜面の裾部は、崖錐地形が発達している。

地質は、中部地方の西南日本内帯において領家帯の北側に位置する地質帯である。美濃帯堆積岩コンプレックス上麻生ユニットのチャートや砂岩が分布しており、山地の南斜面の袖部は、崖錐堆積物が堆積している。

4. 空中電磁探査について

(1) 概要

空中電磁探査は、人工的に発生させた磁場が地盤に透

入する際に生じる電磁誘導現象を利用して、地盤の電気的性質を調査する物理探査方法である。岩盤や土と水では電気的性質（比抵抗）が大きく異なるため、空中電磁探査によって地下水が流れる経路を推定することが可能である。また、同様に、粘土鉱物量・体積含水率等を推定することにより、脆弱箇所の特定が可能である。図-1 にこれらの関係性を示す。

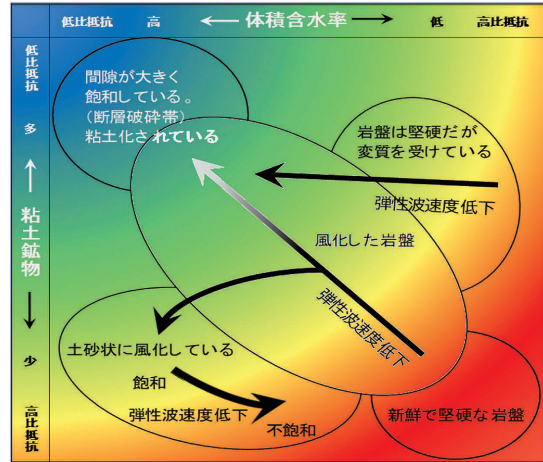


図-1 粘土含有率・体積含水率と比抵抗値の関係¹⁾

(2) P-THEM 及び D-GREATEM の特徴

当現場にて採用した 2 種類の空中電磁探査の特徴を表-1 に示す。

表-1 P-THEM 及び D-GREATEM 特徴

| | P-THEM | D-GREATEM |
|----------|--------------|--------------|
| 飛行機械 | ヘリコプター | ドローン |
| 電磁波種類 | タイムドメイン | |
| 電磁波送受信方法 | 空中発信 空中受信 | 地上発信 空中受信 |
| 可視深度 | 200-300m | 100-150m |
| 測定高度 | 100-150m | 50-100m |
| 飛行速度 | 50km/h | 10-20km/h |

5. 探査結果

トンネル周辺露頭の地質性状や既往の調査結果と空中電磁探査によって得られた比抵抗値を比較して、両者の関係より比抵抗値が 100~800 Ω・m 程度の場合：DⅢ等級、800~1600 Ω・m 程度の場合：DⅠ等級、1600~2000 Ω・m 程度の場合：CⅡ等級と想定した。また、探査で得られた比抵抗値の分布傾向（相対的な変化傾向）を考慮して地質想定を行った。

空中電磁探査によって想定した地山区分と施工結果（実施支保パターン、切羽評価点）の比較を図-2 に示す。図-2 より既往の調査結果（設計地山等級）と実際の地

* 西日本（支）岐阜山県トンネル（出）

山等級の整合性は 65.4%であり、空中電磁探査結果と実際の地山等級の整合性は 80.3%となり、空中電磁探査の有用性を確認できた。ただし、DⅢ・DⅡ等級については一般に設計地山等級は実際の地山等級よりも余裕をみることが多いため、評価対象から除外した。

空中電磁探査により、詳細な事前把握が可能となった例を下記に示す。

(1) TD440-TD510 (低土被り部)

既往の調査結果は、土砂流堆積物の出現により掘削補助工法を含む DⅢ等級を想定していた。空中電磁探査結果は比抵抗値が 400-800 Ω・m であり、同様の結果と評価され、実際にもトンネル上半部において土砂流堆積物が占め、掘削補助工法を行った。

(2) TD1050-TD1110

既往の調査結果は、堅硬なチャートの出現により CⅡ等級であった。空中電磁探査結果において比抵抗値が 800-1000 Ω・m であり、トンネル進行方向に対して高角度(垂直)に分布していることから、薄い泥岩層の介在を想定していた。実際にも薄い泥岩層の介在により、DⅠ等級と評価した。

(3) TD1430-TD1530

既往の調査結果は、砂岩層の出現により CⅠ等級であったが、空中電磁探査結果において比抵抗値が 600-800 Ω・m であり、泥岩主体の砂岩泥岩互層が出現を想定していた。実際にも泥岩主体の砂岩泥岩互層であり、泥岩部は非常に脆弱であったため DⅠ等級と評価した。

(4) TD440-TD510 (低土被り部 両探査比較)

P-THEM と D-GREATEM の探査結果を比較する。D-GREATEM による探査結果ではトンネル天端付近の

比抵抗値が 400-800 Ω・m であるため、掘削補助工法が必要であると想定されたのに対し、P-THEM による探査結果では比抵抗値は 800-1600 Ω・m であるため、全体的に地山等級が DⅠであると想定された。実際はトンネル上半部において土砂流堆積物が占め、掘削補助工法を行っており、D-GREATEM の探査結果の方が、実際の切羽評価に近い比抵抗値を示しているため、より精度が高いことが確認できた。

6. まとめ

- (1) 今回、空中電磁探査を実施した結果、支保パターンや地山区分を比較的精度よく予測できたため、最適な支保を選定するうえで重要な判断材料の一つとなった。
- (2) ヘリコプターによる手法 (P-THEM) に比べてドローンを用いた手法 (D-GREATEM) の方がより施工実績との整合性が高いという結果が得られ、ドローンを用いた手法 (D-GREATEM) の有用性を確認することができた。
- (3) 空中電磁探査の適用にあたっては、既往の調査(弾性波探査・既往ボーリング調査等)、水平ボーリング、DRISS、FDEM 探査等を用いて複合的に判断を行うことで最適な支保の選定において、さらに高精度な予測ができる。

参考文献

- 1) 松浦他：空中電磁探査による比抵抗分布に着目した高速道路危険斜面の抽出技術の開発，地盤工学会中国支部論文集，Vol.36，No.1，pp.17-30，2018。

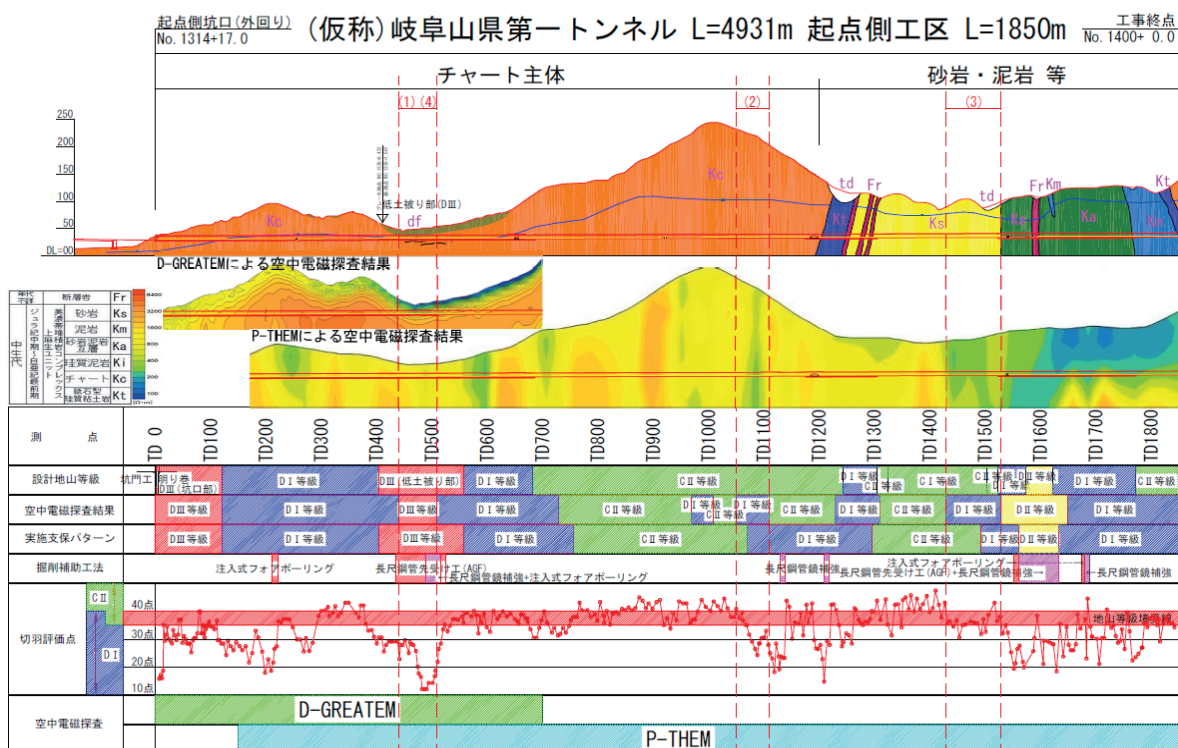


図-2 空中電磁探査結果および施工データ比較表