

## 空中電磁探査によるトンネル地質の評価事例

西松建設(株)西日本支社 正会員 ○平工 哲嗣  
西松建設(株)西日本支社 宮西 昭宏

### 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 4.9km の長大トンネルのうち、岐阜市側より北東方向に約 1850m 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」を実施した。また、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、その有用性について報告する。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、それらの精度比較についても報告する。

### 2. 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。

### 3. 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、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。関係性を図-1 に示す。

#### (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。

### 4. 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

キーワード 空中電磁探査, ドローン, トンネル, 地質

連絡先 〒540-8515 大阪府大阪市中央区釣鐘町 2-4-7 西松建設(株)西日本支社土木部 TEL06-6942-1190

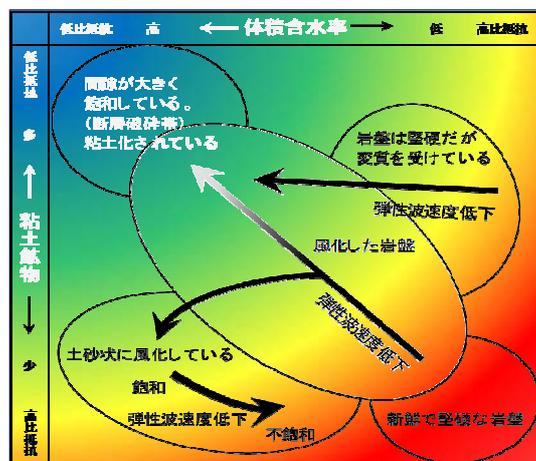


図-1 粘土含有率・体積含水率と比抵抗値の関係<sup>1)</sup>

表-1 P-THEM 及び D-GREATEM

	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

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400-800Ω・mであり、同様の結果と評価され、実際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800-1000Ω・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推定した。実際も薄い泥岩層の介在があり、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600-800Ω・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400-800Ω・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800-1600Ω・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。

5. 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)の有用性を確認できた。

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.

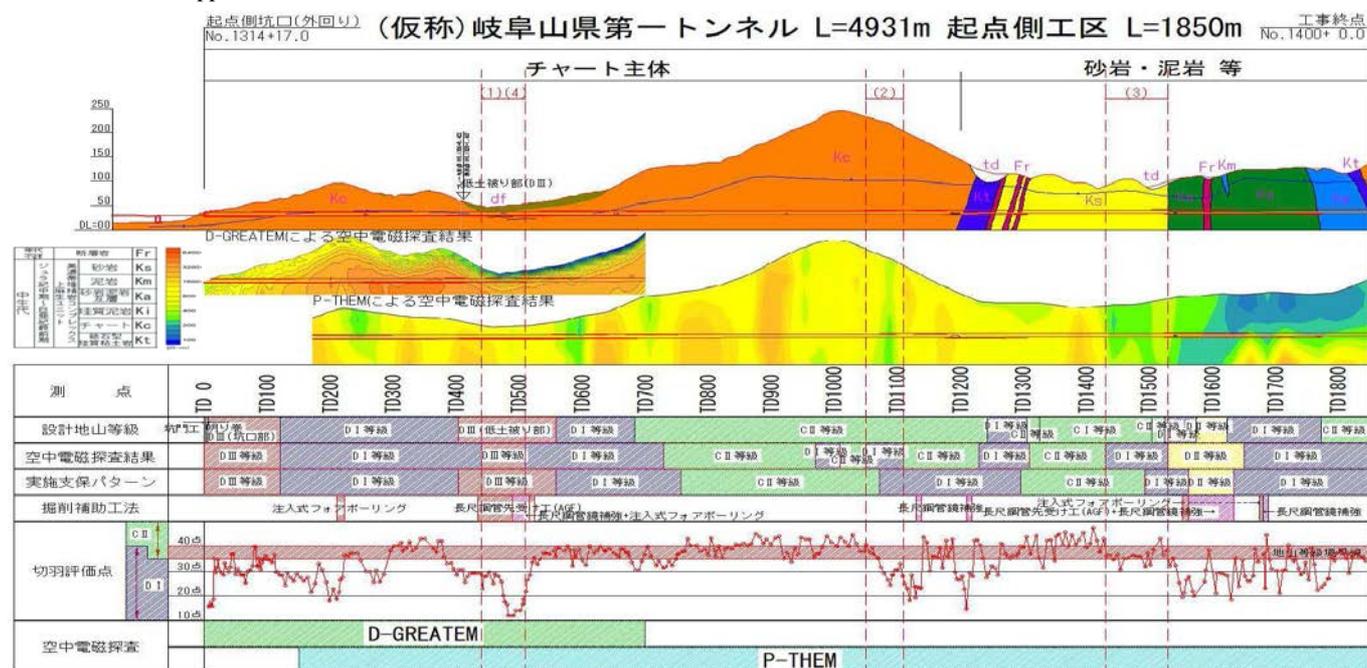


図-2 空中電磁探査結果および施工データ比較表