

ドローンを利用した空中電磁探査によるトンネルの地質調査

(株)熊谷組 正会員 ○金井 拓弥
 (株)熊谷組 成富 裕樹
 (株)熊谷組 有持フェルナンド

1. はじめに

山岳トンネルの施工に際しては、事前に地山の湧水分布や低速度帯を含む脆弱箇所の地質状況を把握して、支保パターンや補助工法の選定をおこなうことが重要である。

本報告は東海環状自動車道（仮称）広見トンネル（国土交通省中部地方整備局発注）においてドローンを利用した地表ソース型空中電磁探査法により地質調査を実施した結果をまとめたものである。

2. 地形地質概要

東海環状自動車道（仮称）広見トンネルは、岐阜県関市に位置する延長 220m、最大土被り約 60m のトンネルである。地形は美濃山地の南端に位置し、なだらかな山地形状である。基盤地質は中世代ジュラ紀～白亜紀の美濃帯の層状チャートが主体で、南側に砂岩及び珪質粘土岩が分布する。走向傾斜は西北西-東南東方向で、傾斜は垂直～高角度で北傾斜をなす。

3. 調査方法

ドローン空中電磁探査法は、調査地から離れて地上送信源を設置し、送信源から電流を急激に変化させて発生する誘導電磁場の過渡応答を空中のドローンで曳航するセンサーで測定する（図-1）。可探深度は 100～200m である。有人のヘリコプターで実用化した地表ソース型空中電磁探査法を小型軽量化して、ドローンに搭載できるシステムとした。

図-2 に調査エリアをカバーする地上送信源の配置とドローン飛行測線を示す。東西方向に 5 本の主測線、主測線に直交する南北方向に 7 本の交差測線、累計 1,772m の測定及び精度向上を目的として起終点で地上電磁探査も併せて実施した。

4. 調査結果

(1) 比抵抗断面図

探査により求められる物理量は、比抵抗であり地盤の電流の流れにくさを示す。チャートは比抵抗が高く泥岩は比較的lowく、低速度帯など脆弱箇所や地下水位以深は抵抗値が低くなる。鉛直磁場から地盤の比抵抗構造を解析する地表ソース型空中電磁探査では、探査深度は送信源からの距離に比例する。今回の送信ケーブル配置の距離は 200～300m 程度であり、解析断面は深度

150m までとした。トンネル軸方向の比抵抗断面図を図-3 に示す。表層では低比抵抗値 $500 \Omega \cdot \text{m}$ （黄緑～黄色）

キーワード 山岳トンネル、地質調査、空中電磁探査法、ドローン



図-1 測定状況



図-2 地上送信源配置と飛行測線

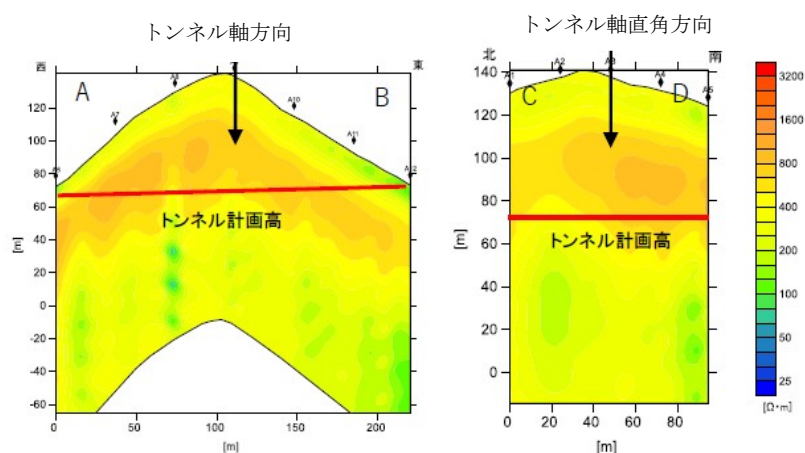


図-3 比抵抗断面図と計画測線

以下で層厚 10~20m、中間の $500 \Omega \cdot \text{m}$ 以上の高比抵抗値層（オレンジ色）は 40~60m の層厚で調査地域全域に分布していることを示している。

解析結果より三次元のグリッドデータを計算し、図 - 4 の三次元比抵抗分布図を作成した。

（2）既往調査と先進ボーリング調査との関係

既往調査に加えて今回トンネル全線の先進ボーリング調査（重金属類調査目的）を実施し、柱状図・岩級区分・粘土状コア分布を見直し比抵抗分布と比較した。

図-5 の粘土状・土砂状コア（太赤矢印：幅 1m 以上、細赤矢印：幅 0.1m~1m）の出現位置は概ね同一箇所と考えられる。地層（低速度帯）は高角度北傾斜であるため、測線が南北にわずかに振れると断層等の出現位置は大きく変わるため正確には一致していない。

比抵抗値が低い東側の終点側坑口部は粘土状コアが見られ弱層の位置と対比できている。

比抵抗値が小さい深部は地下水位が想定された。

5. まとめ

①トンネル工事の事前調査にドローンを利用した地表ソース型空中電磁探査を実施した結果、トンネル周辺地域の三次元の地山状況と地下水状況が概ね把握できた。

②調査地は全体的に高比抵抗（ $1000 \Omega \cdot \text{m}$ 程度）の層状チャートが分布するが、比抵抗値の低い粘土状・土砂状の低速度帯の存在も先進ボーリング情報と比較して把握できた。

③ドローン空中電磁探査法は小型軽量で短時間に高精度測定が可能であり、今後の利用が望まれる。

④解析結果の三次元の評価が可能であり、CIMへの積極的な適用ができる。

⑤ドローンはプログラムされた飛行ルートを移動して調査するため、同じ位置条件（飛行コース・飛行高度）が再現できるので、継続的な繰り返しの比較調査が可能である。

参考文献

- 1) 地表ソース型空中電磁法（GREATEM）による探査, 2011/1 地質ニュース 677 号
- 2) ドローンを利用した地表ソース型空中電磁探査法によるトンネル調査, 2018. 秋季物理探査学会

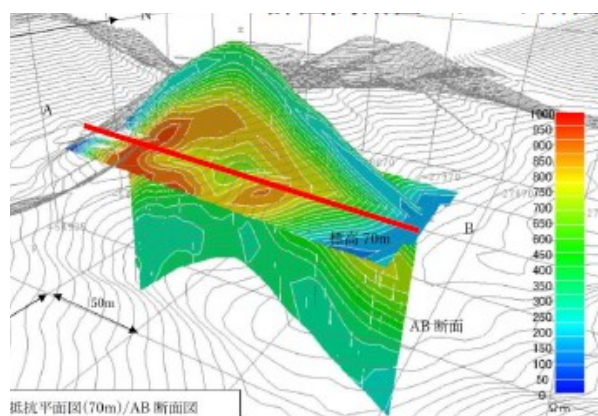


図-4 三次元比抵抗分布図

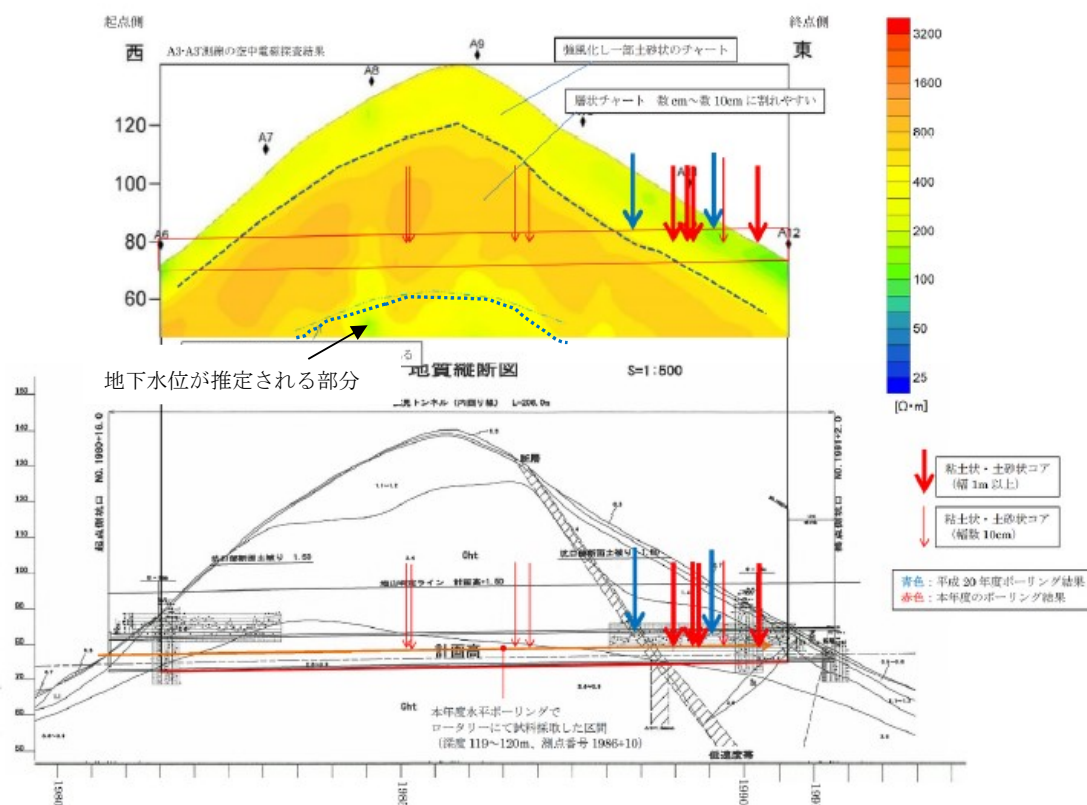


図-5 既往調査と先進ボーリング結果との比較図