

2 時期の空中電磁探査による比抵抗と地質・地下水との関係分析

国立研究開発法人土木研究所 ○奥山悠木, 北村和輝¹⁾, 今江健太²⁾, 杉本宏之
大日本コンサルタント株式会社 奥村稔, 金山健太郎

1) 現・株式会社エイト日本技術開発 2) 現・日本基礎技術株式会社

1. はじめに

地すべり対策において、地すべり機構に基づいて効果的な施設配置を検討するためには、地下構造や地下水の空間的な分布の把握が重要である。地下構造等の調査にはボーリング調査が一般的に用いられるが、得られるのは局所的な情報である。一方、空間的な情報を得る手法の1つとして空中電磁探査があるが、得られる比抵抗分布と地すべり地の地下構造や地下水分布との対応関係は必ずしも明らかではない。

本検討では、地すべり地において実施した空中電磁探査による比抵抗とボーリング調査による地質・地下水等との関係について、それぞれ2時期のデータを用いて予察的な分析を行った。

2. 調査方法

長野市の小松原地すべりを対象として、2022年2月と2022年8月の2時期にUAV空中電磁探査を実施した。探査方式は地上送信型の時間領域空中電磁探査で、対地高度50～80m、測線間隔25m、縦断10測線+横断2測線の計12測線で計測を行った。測定データは測線上で深度5mごとに比抵抗解析し、分析のために平面・深度方向に補間した(深度間隔1m)。1mごとの比抵抗値と長野県実施の12地点のボーリング調査結果より整理した地質や地下水位との関係进行分析した。

当地区の地質は主に新第三紀中新世の凝灰岩で、これを粘性土・砂礫が覆う。なお、当地区では2022年2月計測と2022年8月計測の間に長野県による排土工事が行われており、鉛直方向に最大8mの地形変化が生じている。

3. 調査結果

3.1 比抵抗平面分布と地下水の関係

同一深度における比抵抗の平面分布と地下水位との関係を見るため、2時期の計測による深度別の比抵抗平面図に、各ボーリング地点において当該深度が地下水位より上に位置するか下に位置するかをプロットした結果を図-1に示す。比抵抗の平面分布は、2時期のいずれにおいても北西方向(斜面下方)に向かって低くなるとともに、北東側に北西から南東にかけて帯状の低比

抵抗帯が見られる。比抵抗分布と地下水位との関係を見ると、深度20mにおいて、相対的に比抵抗が高い斜面中央から南西側に地下水位が深度20mより低い孔(図-1赤丸)が分布しており、この傾向は2時期に共通して見られた。その他の深度においては、2時期のいずれにおいても両者に明瞭な関係は見られなかった。

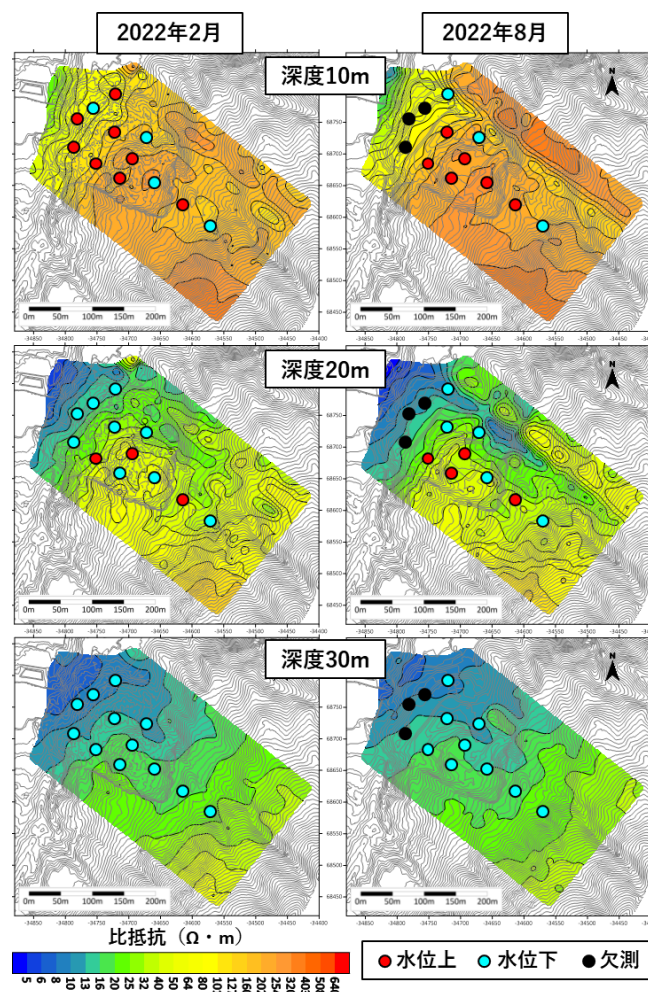


図-1 比抵抗平面分布と地下水位の関係

3.2 比抵抗と地質・地下水の関係

各ボーリング地点における地質区分、地下水の有無と比抵抗値との関係进行分析するため、深度1mごとに「地質区分」と「地下水位より上に位置するか下に位置するか」で分類し、この分類ごとに比抵抗値の分布を整理した結果を図-2に示す。

図より、2時期のいずれにおいても、地下水位より上の深度においては凝灰岩～強風化凝灰岩より粘性土と

砂礫の方が比抵抗が高い傾向が見られる。具体的には、粘性土と砂礫の比抵抗平均値は $291 \sim 389 \ \Omega \cdot m$ と、凝灰岩の $40 \sim 69 \ \Omega \cdot m$ と比較して $200 \sim 300 \ \Omega \cdot m$ 程度高くなっている。なお、粘性土と砂礫の比抵抗平均値は、2022 年 2 月がそれぞれ $309 \ \Omega \cdot m$ と $291 \ \Omega \cdot m$ であるのに対し、2022 年 8 月では $363 \ \Omega \cdot m$ と $389 \ \Omega \cdot m$ と、2022 年 8 月の方が $50 \sim 100 \ \Omega \cdot m$ 程度高くなっている。

一方、2 時期のいずれにおいても、砂礫と凝灰岩～強風化凝灰岩では地下水位より下の深度になると比抵抗が低くなる傾向が見られ、この傾向は砂礫で特に顕著である。例えば、凝灰岩の比抵抗平均値は水位より上の深度で $40 \sim 69 \ \Omega \cdot m$ に対し水位より下の深度では $9 \sim 22 \ \Omega \cdot m$ と、水位より下の深度の方が $30 \sim 50 \ \Omega \cdot m$ 程度低い。一方砂礫では、水位より上の深度で $291 \sim 389 \ \Omega \cdot m$ に対し水位より下の深度では $75 \sim 79 \ \Omega \cdot m$ と、水位より下の深度の方が $200 \sim 300 \ \Omega \cdot m$ 程度低くなっている。なお、水位の上下における砂礫の比抵抗平均値の差は、2022 年 2 月が $216 \ \Omega \cdot m$ に対し、2022 年 8 月が $310 \ \Omega \cdot m$ と、2022 年 8 月の方が $100 \ \Omega \cdot m$ 程度差が大きくなっている。

さらに、2 時期のいずれにおいても、凝灰岩、風化凝灰岩、強風化凝灰岩それぞれについて地下水位より上、下の深度同士の比抵抗を比較すると、凝灰岩→風化凝灰岩→強風化凝灰岩の順で比抵抗平均値が高くなり、同時に比抵抗の分布範囲が広がる傾向が見られた（図-2：①地下水位より上、②地下水位より下）。具体的には、凝灰岩、風化凝灰岩、強風化凝灰岩の比抵抗平均値はそれぞれ $40 \sim 69 \ \Omega \cdot m$ 、 $85 \ \Omega \cdot m$ 、 $192 \sim 220 \ \Omega \cdot m$ と、風化の程度が高いほど比抵抗が高い傾向が見られる。なお、凝灰岩と強風化凝灰岩の比抵抗平均値の差は、2022 年 2 月が $123 \ \Omega \cdot m$ に対し 2022 年 8 月が $180 \ \Omega \cdot m$ と、2022 年 8 月の方が $60 \ \Omega \cdot m$ 程度差が大きくなっている。

また、比抵抗分布範囲の広さを表わす四分位範囲（中央値を中心に上下 25% のデータが存在する区間＝箱ひげ図の箱で表現される範囲）の幅は、2 時期のいずれも凝灰岩→風化凝灰岩→強風化凝灰岩の順で大きくなる。具体的には、水位より上の深度の四分位範囲の幅は順に、 $22 \sim 30 \ \Omega \cdot m$ 、 $40 \sim 62 \ \Omega \cdot m$ 、 $146 \sim 150 \ \Omega \cdot m$ 、水位より下の深度では $1 \sim 20 \ \Omega \cdot m$ 、 $68 \sim 89 \ \Omega \cdot m$ 、 $228 \sim 239 \ \Omega \cdot m$ と、いずれも風化の程度が高くなるほど比抵抗のばらつきが大きくなる傾向が見られる。

以上をまとめると、2 時期のいずれでも見られた特徴として、凝灰岩～強風化凝灰岩よりも粘性土と砂礫の方が比抵抗が高い一方で、砂礫と凝灰岩～強風化凝灰岩では地下水位より下になると比抵抗が低くなり、こ

の傾向は砂礫で特に顕著であった。この要因としては、凝灰岩～強風化凝灰岩よりも砂礫の方が空隙率が高く、地下水位より下では体積含水率がより高くなることにより、砂礫の方が相対的に比抵抗が低くなる可能性が考えられる。

また、凝灰岩～強風化凝灰岩の中では、風化の程度が高くなるほど比抵抗平均値が高くなると同時に、比抵抗分布のばらつきが大きくなる傾向が見られた。

一方、2 時期で異なる点としては、2022 年 2 月と比較して 2022 年 8 月の方が粘性土と砂礫の比抵抗平均値が高く、砂礫における水位の上下における比抵抗平均値の差が大きかった。これらの要因については今後さらなる分析が必要である。

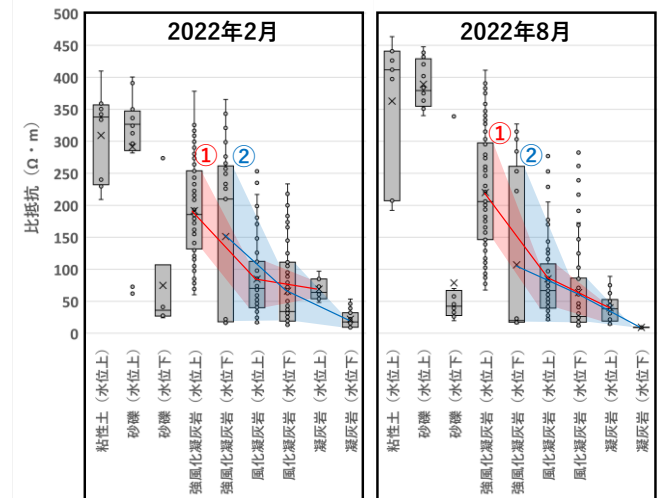


図-2 地質・地下水位と比抵抗の関係

4. まとめ

長野市の小松原地すべりを対象として 2 時期の空中電磁探査による比抵抗と地質・地下水の関係について分析した結果、以下の結果が得られた。

- ・深度 20m 平面においては、比抵抗が相対的に高い範囲に地下水位の低い孔が 2 時期に共通して見られた
- ・凝灰岩～強風化凝灰岩よりも粘性土と砂礫の方が比抵抗が高い傾向が 2 時期に共通して見られた一方で、粘性土と砂礫の比抵抗は 2022 年 2 月より 2022 年 8 月の方が $50 \sim 100 \ \Omega \cdot m$ 程度高かった
- ・特に砂礫では地下水位より下では比抵抗が顕著に低い傾向が 2 時期に共通して見られた

当地区では、本稿で示した 2 時期を含め計 3 時期の空中電磁探査を実施しており、今後はそれらのデータに基づきさらなる分析を実施する予定である。

最後に、本研究にあたり資料提供等にご協力いただいた長野県様に感謝申し上げます。