

浅層電磁探査法を用いた土層厚推定手法の検討

パシフィックコンサルタンツ株式会社 ○野池耕平・松澤 真・南 智好・斉藤泰久

1. はじめに

表層崩壊の発生のおそれのある場所を推測する上で、崩壊のおそれのある土層（以下、土層厚と呼ぶ）の分布を把握することは重要であり、「表層崩壊に起因する土石流の発生危険度評価マニュアル（案）」¹⁾において、土層厚は表層崩壊危険度評価を行う上で重要なパラメータのひとつとして位置づけられている。

土層厚の推定手法として簡易貫入試験がよく用いられており、SH型簡易貫入試験から得られたNd値の変化や平面縦横断的な土層分布と地形との対比から表層崩壊のおそれのある範囲の設定を試みた事例もある²⁾。しかし、簡易貫入試験は先端部（ビット）が土層中の礫に当たることによって誤差が生じることが懸念される。そこで近年では物理探査を用いた検証が行われた事例がある。たとえば広島市八木地区の泥岩（ホルンフェルス）分布域では電気探査によって把握された比抵抗急変部がNd値10の深度と良い相関を持っていることが確認されており³⁾電気探査を用いることにより間接的に土層厚の分布を推定できると考えられる。しかし、作業効率は必ずしも良いとはいえず、効率の良い調査手法の検討が望まれる。そこで本検討では、容易に比抵抗分布を把握することができる浅層電磁探査法（以下、電磁探査と呼ぶ）に注目し、土層厚調査を実施した。

2. 調査地

下記に示す2箇所において調査を実施した。調査地一覧を表-1、調査位置図を図-1に示す。

・調査地A（東京都）

碎石場内で岩盤上に掘削ずりが盛土され、締め固められている範囲で電磁探査を実施した。地質は中生代ジュラ紀の付加体（砂岩泥岩互層）が分布する地域である。

・調査地B（福井県）

既往調査において電気探査・ボーリング調査が実施されている自然斜面において電磁探査を実施した。地質は第三系安山岩・角礫岩が分布する地域であり、表層部には崩積土が分布する。

表-1 調査地一覧表

調査地	測線の長さ	地質		備考
		時代	岩石名	
調査地A	測線A 100m	ジュラ紀	砂岩泥岩 互層	・同測線で電気探査も実施
調査地B	測線B-1 110m	第三紀	安山岩 ・角礫岩	・既往調査で同測線において電気探査、ボーリング(1箇所)を実施
	測線B-2 100m			

3. 調査方法

3.1 概要

電磁探査とは、地中の誘導電磁場からの応答から導電率や磁化率を測定する手法であり、電磁探査装置を携行して測定を行うものである。データ取得方法としては測線上を一定速度で歩行する連続測定と、測点における定点測定を行う方法があるが、ここでは後者の手法で実施した。測定間隔は1mとし、測線の長さは表-1のとおりを設定した。電磁探査機は、Geophex社のGSM-2システムを使用した。

3.2 比抵抗エッジ抽出手法

広島市八木地区の泥岩（ホルンフェルス）分布域における事例³⁾では、土層厚に相当する深度は比抵抗が急変する深度と良い相関を持つことが明らかとなっている。そこで、本検討においても比抵抗の分布に着目して調査を実施し、一部で比抵抗急変部の分布についても検討を行った。比抵抗が急変する深度は比抵抗エッジ抽出法⁴⁾によって抽出した。この手法は比抵抗グリッドの上下値の差分計算を2回繰り返すものであり、結果は2次微分値として表される。

4. 調査結果

4.1 調査地A

図-2に碎石場管理者からのヒアリングに基づいた断面形状、電気探査結果を示す。ヒアリングでは「起点側は深度2~4m程度に掘削面が出現し、終点側で深度が深く掘削されている」とされた。電磁探査結果では、地表部には低比抵抗ゾーンが分布し、深部に向かって比抵抗が高く変化し、起点側では深度4mほどで比抵抗が300Ω・mから1,000Ω・mへ急変する領域が見受けられた。また、終点側では、比抵抗急変部が更に4mほど深い位置に分布している様子が見られた。



図-1 調査位置図

この比抵抗急変部の分布は、ヒアリングによって把握された盛土・地山境界の分布と概ね一致し、電磁探査によって盛土の分布を推定することができると考えられる。

4.2 調査地 B

電気探査、電磁探査、および電磁探査による比抵抗分布から作成した 2 次微分結果を図-3、2 次微分結果の鉛直分布を図-4 に示す。

電気探査結果では、地表から 1~2m 程度の範囲に高比抵抗帯が帯状に分布し、深部に低比抵抗帯が分布する傾向が見受けられる。ボーリング調査結果からは、地表から 1.15m までが N 値 2 の崖錐堆積物、それ以深では凝灰角礫岩が分布しており、この高比抵抗部が土層厚に相当する崖錐堆積物であると考えられる。

電磁探査結果でも同様に地表から深部にかけて比抵抗が低くなる傾向がある。また、2 次微分結果では地表部にプラスのゾーンが分布しており、「比抵抗が急変する深度」と考えられるプラスからマイナスへの変換点（ゼロ・クロッシング深度）が深度 1~2m 程度に出現する。図-4 から地表部から 1~2m 程度で 2 次微分結果が 0 となる位置が見受けられる。このゼロ・クロッシング深度は、電気探査結果から明らかとなった地表部で見られる高比抵抗部の分布と概ね一致し、ボーリング調査結果によると N 値が 2 と締めりが緩い領域であることから、表層崩壊のおそれのある土層厚に相当する領域として考えることができる。

5. まとめ

従来、電気探査で捉えることができる物性の変化は、電磁探査においても 2 次微分を併用することによって、電気探査と同程度に認識することができ、表層崩壊のおそれのある土層厚の分布を概略的に把握することができた。また、電気探査であれば測線

100m に対して 1 日弱程度の時間を要するのに対し、電磁探査は 1 時間強で実施することが可能であり、作業効率の向上に繋がり、面的な調査を実施することで表層崩壊危険度評価等の検討・調査計画が立てやすくなると考えられる。

ただし、電気探査と同様に本技術は物理探査による間接的な探査手法であるため、簡易貫入試験など別の試験と併用して実施する必要がある。また、現在のところデータの蓄積が十分とはいえず、他の地質帯においても同様のデータを蓄積していく必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム：表層崩壊に起因する土石流の発生危険度評価マニュアル（案），土木研究所資料，第 4129 号，2009.
- 2) 松澤ら：簡易貫入試験を用いた崩壊土砂量の推定に向けた考察，平成 27 年度砂防学会研究発表会概要集，B-94-95，2015.
- 3) 野池ら：電気探査による比抵抗分布および微分フィルタを用いた土層厚推定手法の検討，平成 29 年度砂防学会研究発表会概要集，A-614-615，2017.
- 4) デジタル画像処理[改訂新版]編集委員会：デジタル画像処理[改訂新版]，公益財団法人画像情報教育振興協会（CG-ARTS 協会），p100-112，2015.

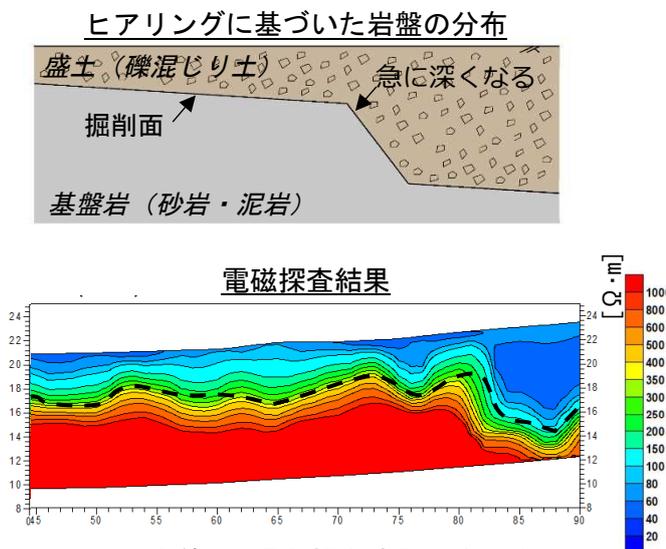


図-2 測線 A の電気探査結果 (一部抜粋)

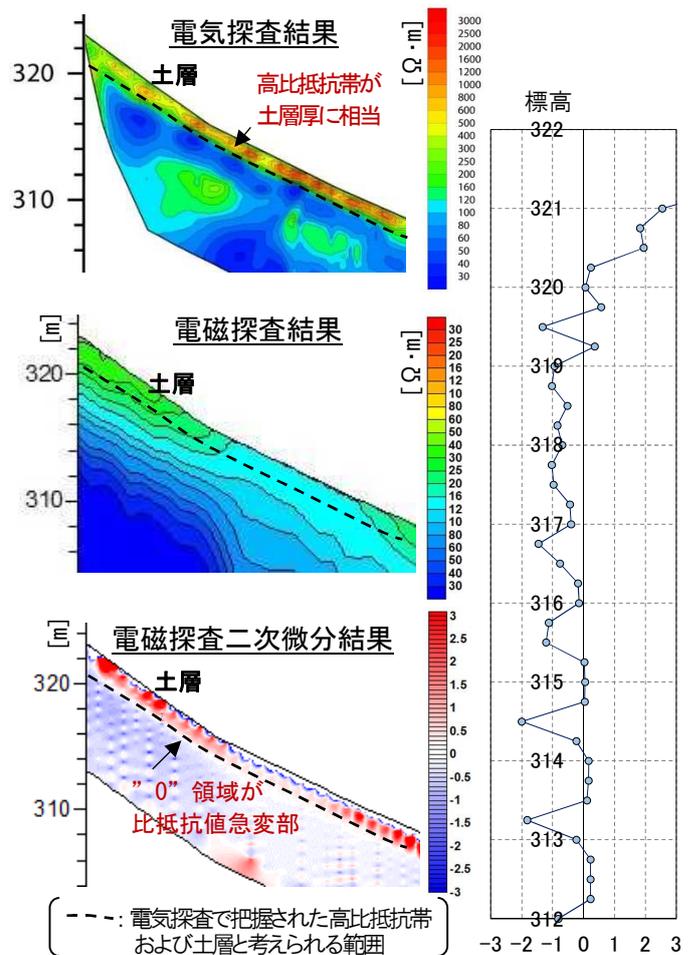


図-3 測線 B-1 の電気探査・電磁探査結果 (一部抜粋)

図-4 2 次微分結果の鉛直分布