

高速道路切土法面の予防保全管理への空中電磁法 (HEM) の適用性の検証

西日本高速道路エンジニアリング関西(株) 正会員 ○上出 定幸
 西日本高速道路(株) 正会員 殿垣内正人
 西日本高速道路エンジニアリング関西(株) 正会員 小西 貴士
 (一財) 災害科学研究所 名誉会員 松井 保

1. まえがき

空中電磁法 (HEM) を供用路線の切土法面に適用する調査実験を行い、高速道路の切土法面に対する予防保全管理への適用性について、検討してきた¹⁾。その結果、空中電磁法による比抵抗分布から、崩壊要因の1つである低比抵抗分布域($181\Omega\text{m}$ 以下)などの地盤情報を有効に把握できることを確認し、高速道路切土法面に対する予防保全管理への適用性のあることを明らかにした。本研究はその結果を踏まえ、切土法面の比抵抗分布と地盤特性や崩壊特性の関係を見出し、切土法面の予防保全管理への適用性の検証を行ったものである。

2. 空中電磁法による比抵抗分布

2.1 空中電磁法の概要

空中電磁法は、ヘリコプターに曳航された送受信コイルを用いて連続的にある周波数が発信される1次磁場とそれによって地盤中に誘導される2次磁場の強度比を同相と離相成分に分離して測定することにより、地盤比抵抗を求めるものである。複数の周波数を用いることによって、幅広い深度の探査を行うことが可能である。探査におけるバード(筒型容器: $L=10\text{m}$, $\phi 0.6\text{m}$ で、5周波数電磁波の送受信コイル搭載)は、実験結果から対地高度を50m、測線間隔を種々の法面規模から25mとし、飛行速度30km/hで実施している。なお、空中電磁法の理論と測定の詳細は、文献²⁾を参照されたい。

2.2 空中電磁法による比抵抗分布

地層の比抵抗を規定するパラメーターは図1に示すように、地層の体積含水率 θ (飽和度 $S \times$ 間隙率 n)、細粒分含有率、間隙水の電気伝導度($EC=1/\Omega$)などであることから、地盤内部の比抵抗を把握することによって、切土法面の表層や内部の地盤情報(地盤劣化、地下水変動など)をマクロ的に捉えることができる。崩壊箇所や崩壊危険箇所と比抵抗異常との関係を事前に把握できれば、地盤や土構造物が破壊する前に、予め適切な補修対策を行う予防保全対応へと進展させることが可能となる。空中電磁法による低比抵抗分布から抽出される崩壊危険箇所を、図2に示す。

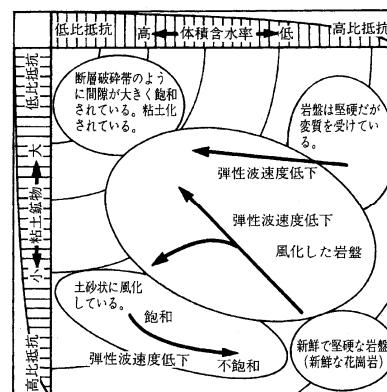


図1 比抵抗を決定する条件

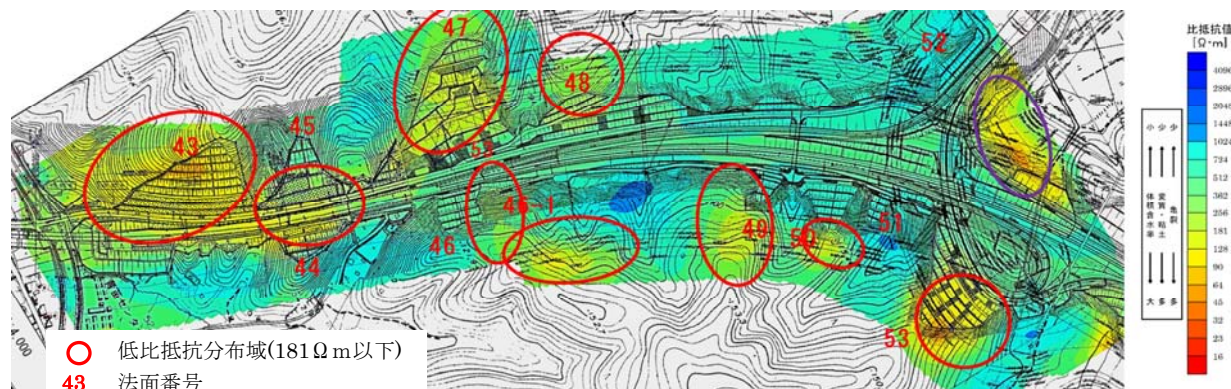


図2 空中電磁法による比抵抗分布と崩壊危険箇所の法面番号

キーワード 空中電磁法 (HEM) 法面 比抵抗分布 対策工 崩壊危険箇所 予防保全管理
 連絡先 〒567-0032 大阪府茨木市西駅前町 5-26 西日本高速道路エンジニアリング関西(株) TEL072-658-2420

3. 対象区間の切土法面の性状と比抵抗の関係

対象区間 1.3km には、11 箇所の切土法面が存在する。その法面性状を表 1 に、地形判読結果と保護工を図 3 に示す。建設時に崩壊や亀裂の発生、及び崩壊の発生が予測された切土法面は、ロックボルト付き法枠を主体に、種々の法面対策工が採られている。これらの法面は低比抵抗（評価基準 $181 \Omega m$ 以下¹⁾）を示し、地形的には、リニアメントや背面鞍部が接近し、崩壊跡地や遷急線が明瞭である。地質は中古生層舞鶴層群で、強風化帯の D 級(赤色化土砂)が厚く分布し、湧水を伴う断層破碎帯や肌落ち・落石が多く見られる。なお、供用後における法面崩壊は 3 箇所あるが、いずれの箇所も湧水のある法尻で、崩壊地形を伴う自然斜面に接する低比抵抗帯である。植生工のみの切土法面は比抵抗が高く、破碎帯や湧水は見られない。しかし、それらの法面背後は赤色化土砂からなり低比抵抗を示し、崩壊跡地や明瞭な遷急線が分布し、崩壊を起こす可能性が大きい。

表 1 法面の比抵抗分布と地形地質性状

のり面番号	のり面比抵抗分布		地形			地層状況				
	比抵抗 $181 \Omega m$ 以下	要注意箇所	崩壊跡地 /遷急線明瞭	リニアメント /背面鞍部	尾根先端部	D級赤色化 /D~CL級	断層破碎 帯	肌落ち	風化速い	湧水多量 /水抜き工
43	○	○	○/○	×/○		○/×	○	○	○	○/○
44	○	○	×/○	○/○		○/×	○	○	○	
45	○	○	○/○	○/○		○/×	○	○	○	○/○
46	○	側方部	×/○	×/○		○/○			○	
47	○	○	○/○	○/○		○/×	○	○	○	○/○
48	○	○	○/○	○/×	○	○/○	○		○	○/○
49		尾根頂部		○/×	○	○/○			○	
50		尾根頂部	×/○	×/×	○	○/○		○	○	
51			×/×	×/×	○	○/×			○	
52			×/○	×/○	○	○/○			○	
53	○	○	○/○	×/○	○	○/×	○	○	○	○/○

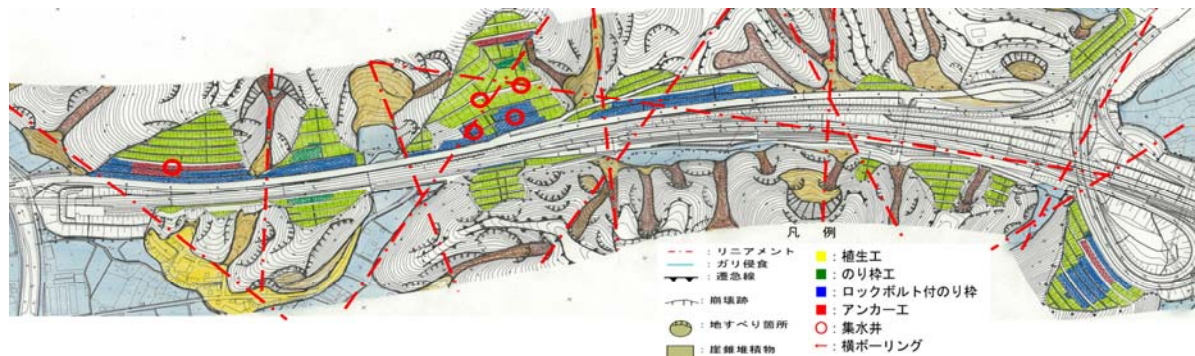


図 3 地形判読結果と法面保護工

4. 空中電磁法の予防保全への適用

空中電磁法による比抵抗分布は、地盤の劣化や地下水状況が把握できる。また、法面背後の尾根部や自然斜面の低比抵抗分布は、遷急線や崩壊跡地のある 0 次谷と尾根部であり、遷急線を頂点とした崩壊が発生する可能性が大きいことが分かった。このことから空中電磁法による比抵抗分布は、建設時に潜在化していた地盤の劣化部や地下水が帯水する断層破碎帯の脆弱部を捕捉することができ、建設・供用時における「法面カルテ」「崩壊履歴」と比較することによって、予防保全対象法面の抽出への適用が可能となる。

5. まとめ

空中電磁法によって切土法面や自然斜面の比抵抗分布を把握し、断層破碎帯や風化帯などの潜在的な地盤の脆弱部、風化残積土、崩壊跡地などの崩壊要因箇所が抽出でき、その結果から予防保全対象法面を選定し、詳細点検、ボーリング調査や物理探査等の詳細調査計画の効率化と経済性を図るなど、切土法面の予防保全に資することができる。

参考文献

- 1) 上出定幸, 牧浦信一, 渡邊善義, 梶原三永, 松井保: 高速道路法面に対する予防保全管理への空中電磁法探査手法の適用性, 地盤工学ジャーナル, Vol.6, No.1, pp57-68, 2011.3
- 2) 例えば, 物理探査学会: 物理探査ハンドブック, 第 6 章電磁探査, 創立 50 周年記念 物理探査学会, 1998