

TDEM法による第三紀層膨潤性地山の探査

戸田建設(株) 正会員 ○原敏昭^{*1}
早稲田大学 磯真一郎^{*2} 斉藤章^{*2}

1. 目的

山岳トンネルの事前調査は、地表踏査、ボーリング調査、弾性波探査等が主体に行われている。これらは、トンネルが線形構造物という特殊性から、調査量が不十分なことが多い。特に膨潤性を示す地山は変位が大きく、難工事となることから、施工開始前に膨潤性地山の分布が把握できれば、効率的にトンネル施工を進めることができる。しかし、膨潤性が起こる第三紀層の泥岩や凝灰岩等では、同じ岩種でも膨潤性を示す岩盤と示さない岩盤があり、事前調査で実施されている地表踏査、弾性波探査だけでは、対策区間を想定することは困難である。そこで本論文では、膨潤性の指標として使われている陽イオン交換容量(CEC値)に着目した。CEC値が低下すると膨潤性を示すことが多いが、同時に比抵抗値が小さくなる¹⁾とされていることから、第三紀層の泥岩地山トンネルで、膨潤性の無い地山と有る地山をTDEM法探査によって得られた比抵抗構造で判別できるかを現場での探査結果とトンネル掘削結果とを対比することで検証した。

2. 膨潤性地山での岩盤特性及び、弾性波探査結果

トンネルで問題となる地山の膨潤性は、スメクタイトの含有量、CEC値等の岩石の膨潤性と、一軸圧縮強度・単位体積重量・土被りによって求められる地山強度比等を総合的に判断し、その膨潤性の可能性を評価する。トンネル施工管理の際に、CEC値が大きい地層を、TDEM法を用いた比抵抗探査により事前に捉えることができれば、非常に有意義である。図-1に探査対象としたAトンネルの事前調査結果(地表踏査及び弾性波探査結果)を示す。事前調査からは、第三紀層の軟岩層の分布が予想されていたが、先に掘削を終えた北側工区境(574.5km)付近は、変位量300mmを超える膨潤性があったが、その時点で南側工区は573.6km地点を掘削しており、膨潤性は無かった。そこで、各地点で採取した岩石により、室内試験を実施したところ、CEC値は膨潤性のなかった573.6km地点は5.5 meq/100g、膨潤性を示した工区境の574.5km地点では74.5 meq/100gであった。

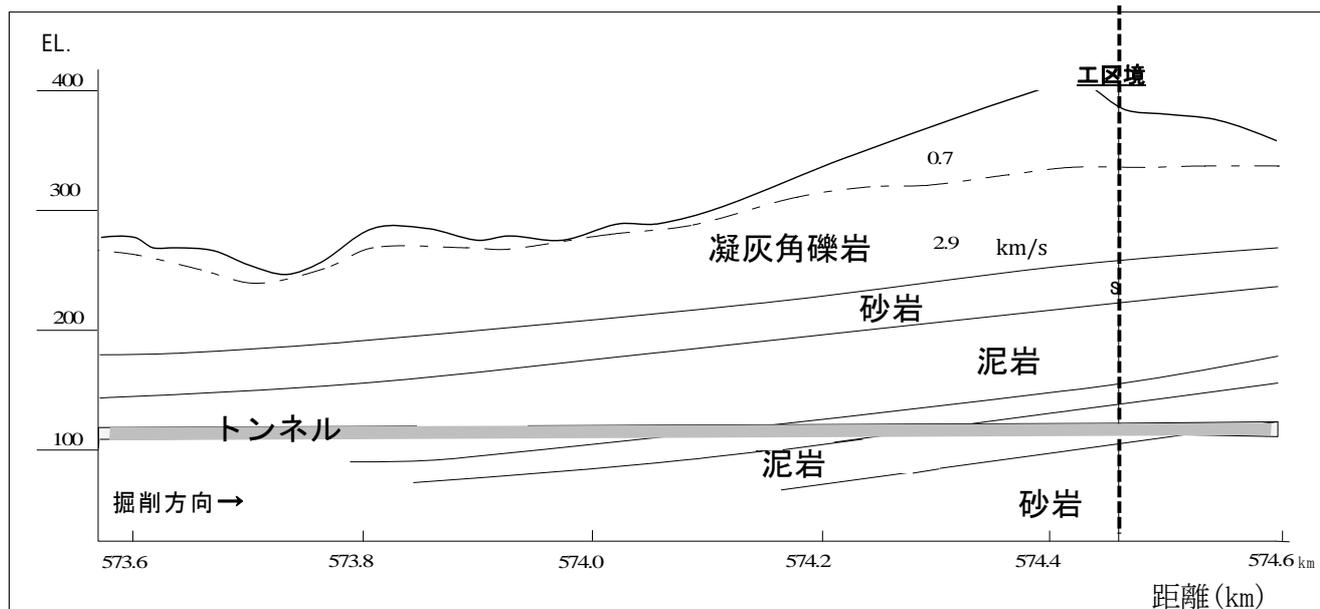


図-1 Aトンネルでの事前探査結果

キーワード トンネル, 膨潤性地山, TDEM, 比抵抗値

連絡先 〒104-8388 東京都中央区京橋 1-7-1 戸田建設(株)土木工事技術部 TEL03-3535-1614
〒471-0831 東京都新宿区大久保 早稲田大学創造理工学部環境資源工学科 TEL: 0565-35-7787

3. TDEM法探査結果

図-2にTDEM法による比抵抗構造図を示す。TDEM法の現場データの解析は2種類の1次元インバージョンを各測定点でおこない、総合的に判定する。まず、15層を仮定したスムーズインバージョンにより対象地域全体の比抵抗構造の傾向を求め、さらに地層境界を明確にするために3～5層モデルを初期値とした水平多層インバージョンを行う。図-2にスムーズインバージョン結果はカラーにより示し、水平多層インバージョン結果は図中に示した黒点線により層構造を表した。また、表-1に水平多層インバージョン結果を示す。図-2から、探査地域は地表から全体的に低比抵抗値を示す地域であり、水平多層インバージョンによる比抵抗構造解析結果は表-1に示す通り3層構造となった。北側工区で地山が膨潤性を示した区間はトンネル掘削高さ近辺で1 Ωm以下を示す極低比抵抗値層となり、南側施工区間の574k300m～574k460m(工区境)区間にも分布していた。

表-1 水平多層インバージョンによる地層モデル

	比抵抗値(Ωm)	層厚(m)
第1層	24.5	84.3
第2層	5.6	104.8
第3層	0.5	

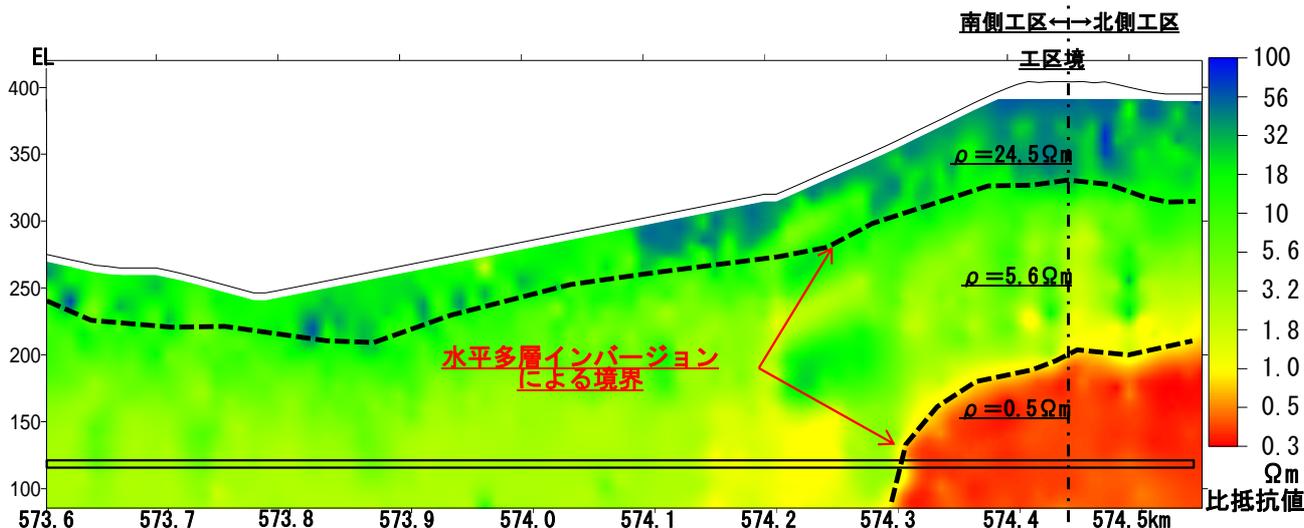


図-2 TDEM法による比抵抗構造図(事前探査結果)

4. 弾性波探査、TDEM法探査結果とトンネル掘削結果の対比

南工区でのトンネル掘削時における膨潤性泥岩の出現位置は574k330mで工区境から約130m地点であり、TDEM法により赤色で示されている約0.5 Ωmの極低比抵抗の探査結果とほぼ整合している。すなわち、574k330m～574k460m区間は膨潤性泥岩が出現し、当初の内空変位は小さいがその後のインバート部の掘削時までに160 mmを超える内空変位が発生し、対策を必要とした。一方弾性波探査結果では、573.6～574.6 km間のトンネル掘削高さでは、すべての区間で $V_p=2.9$ km/sであり、574.1～574.5間で地表踏査の結果から泥岩分布が予想されていたが、膨潤性地山の出現位置は示されていなかった。膨潤性泥岩出現区間に対しては、鋼製支保工を上下半H-200、H-200インバートストラットを採用し、補助工法として増し吹付コンクリート、増しボルト、鏡ボルトを施工した。

5. まとめ

トンネル掘削時に問題となる膨潤性地山に対し、低比抵抗層中で膨潤性の無い低比抵抗層と、膨潤性のある極めて低い比抵抗層を分離して探査することができた。この結果により、TDEM法は低比抵抗層に対する感度が高く、5.6 Ωmという低比抵抗層の下位に存在する膨潤性の有るさらに低比抵抗の0.5 Ωm層が精度良く探査できることがわかった。本論文では、TDEM法を用いることにより、膨潤性地山の評価指標の一つとして低比抵抗値を加えることができる可能性が示された。今後は、膨潤性と比抵抗値の関係をさらに把握するとともに、数値シミュレーションを用いてTDEM法の感度を検証したいと考える。

【引用文献】

- 1) 高倉伸一:高密度電気・電磁探査法による比抵抗構造の調査と解釈に関する研究, 博士論文, 京都大学工学部, 第5章, 2004, p97