

逆転層でのTDEM法探査の適用事例

戸田建設(株) 正会員 ○原 敏昭^{*1}、西牧 均^{*2}
早稲田大学 香村 一夫^{*3}、斎藤 章^{*3}

1. 目的

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く、未確認の地山弱部で突発的な切羽崩落を招くこともある。トンネル調査時に問題となる逆転層とは、上層が硬岩、下層が軟岩である地質構造(ブラインドレイヤー)であり、弾性波探査はざり法では探査不可能である。また、このような地質構造の地山に建設するトンネルは、土被りが150mを超える場合が多く、ボーリング調査で捉えきれない地層境界での地山崩壊、突発的湧水等により、施工上の問題となる事が多い。本論文では、逆転層かつ、土被りが200mを超える地質条件に対し、TDEM法による比抵抗値調査¹⁾を適用し、硬軟岩層の地層境界を捉えるとともに、大量湧水を含んでいた未固結層を低比抵抗値層として確認した結果を述べる。

2. トンネル事前調査

Aトンネルは最大土被りが208mの道路トンネルで、調査地域の地表は標高800~850mの比較的起伏の少ない台地状の地形である。これは、基盤層である新第三紀中新世の膨潤性を有する泥岩層を覆って分布する第四紀更新世の溶結凝灰岩が形成した火砕流台地である。この溶結凝灰岩(弾性波速度 $V_p=2.6\sim 4.3\text{km/s}$ 、一軸圧縮強度 90MPa)がキャップロックとして、基盤層である軟質な泥岩層(一軸圧縮強度 10MPa以下)と、これを貫く貫入岩類および未固結堆積物を覆っており、弾性波探査はざり法では原理上探査不可能な地質構造である逆転層(上層が硬岩、下層が軟岩)であるため、下層の泥岩層の弾性波速度及び、地層境界が明確に得られていなかった。図-1に事前調査結果(弾性波探査および地表からのボーリング結果)を示す。

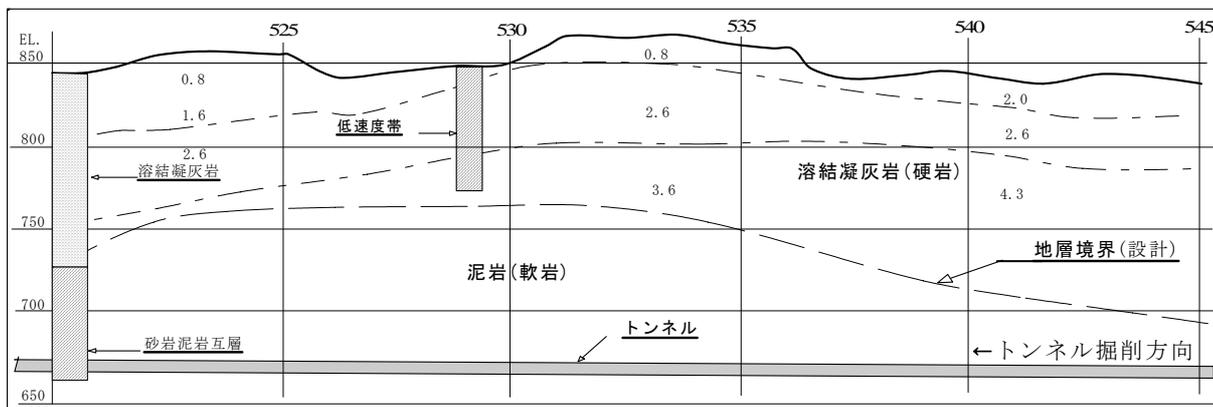


図-1 Aトンネル事前調査結果

3. TDEM法探査

図-2にAトンネルでの測定点配置を、図-3にTDEM法によって得られた比抵抗構造図、表-1に室内岩石試験結果を示す。図-3より、調査地域は複雑な比抵抗構造であるが、No535~No523間では地表から上層部が2,000~5,000Ωmの高比抵抗、下層部が15Ωm以下の低比抵抗を示している。さらに、No540、No543付近においてトンネル掘削高(EL655付近)で低比抵抗部を示していた。また、表-1に示す室内試験結果では、溶結凝灰岩、泥岩のそれぞれの比抵抗値は約2,000Ωm、約15Ωmであり、さらに泥岩は膨潤性を示す可能性があることが判明した²⁾。

キーワード トンネル, TDEM, 比抵抗値, 補助工法, 逆転層
 連絡先 ^{*1}: 〒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 TEL 03-3535-1614
^{*2}: 〒104-8388 東京都中央区京橋 1-7-1 戸田建設(株)首都圏土木支店 TEL 03-3535-1426
^{*3}: 〒169-855 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学術院創造理工学部環境資源工学科 TEL: 03-5286-2488

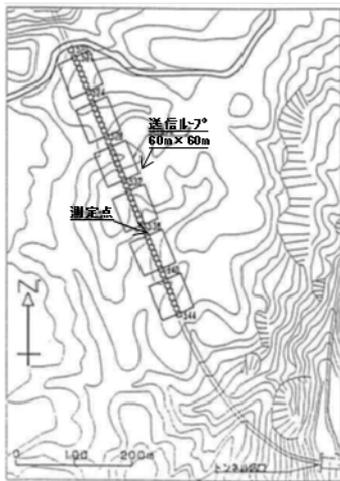


図-2 AトンネルでのTDEM法測定点配置図

表-1 Aトンネル岩石試験結果

試験項目		溶結凝灰岩 No.542	泥岩 No. 533	膨潤性判定基準 ²⁾
一軸圧縮強度	MPa	90.0	2.7	≦ 40
地山強度比 ^{**}		26.30	0.79	≦ 2
比抵抗値	Ω m	2,000	15	—
X線定量試験	%	—	29.0	≧ 20
C E C	meq/100g	—	75.1	≧ 35
液性限界	%	5	151.2	≧ 100
塑性指数	%	—	114.3	≧ 70
浸水崩壊度		—	4	≧ 4

試験試料は、水平ボーリングコア。試験値は、3試料の平均値

4. トンネル掘削結果とTDEM法探索結果の対比

TDEM法による比抵抗構造と事前調査ボーリングを対比すると、No535～No523間では上層の約2,000Ωmの高比抵抗値部は溶結凝灰岩、下層の約15Ωm低比抵抗値部は泥岩であることが推定された。トンネル掘削結果では、比抵抗構造の境界であるNo534+10でトンネル切羽に硬質溶結凝灰岩に代わって軟質泥岩が出現した。

一方、調査地域南側(図-3の右側)でも約10Ωm以下の低比抵抗値区間が不規則にトンネル基面で交差しているが、これは未固結層が滞水している可能性があると考え、トンネル切羽からの先進水抜きボーリングを実施したところ、大量湧水を伴う地質脆弱部(礫・粘土層)であり、補助工法を適用して無事通過することができた。

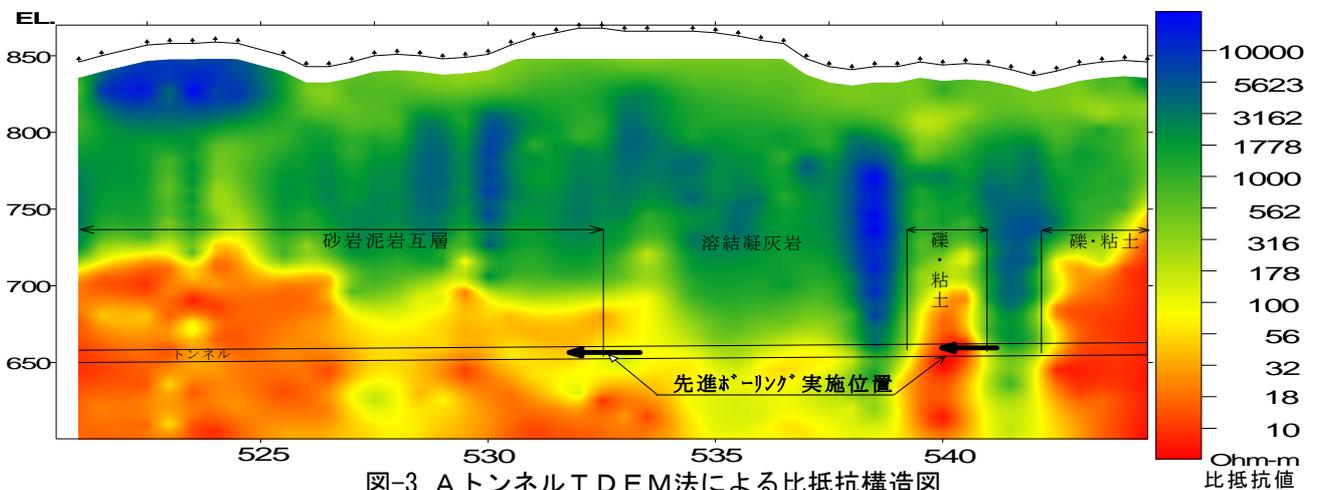


図-3 AトンネルTDEM法による比抵抗構造図

5. まとめ

本地域は、土被りが200mを超える大土被りトンネルではあるが、高比抵抗値を示す硬質溶結凝灰岩と低比抵抗値を示す軟質泥岩の比抵抗コントラストが大きく、スムーズインバージョンおよび水平多層インバージョンの両解析法において、逆転層であったその地層境界を明確に捉えることができた。また、大量湧水を有する地質脆弱部を低比抵抗部として捉え、水抜き工・補助工法の対策を的確に施工することができた。

【引用文献】

- 1) 原敏昭, 杉内仁志, 西脇明彦, 香川直輝: 低土被り部での事前地山調査と補助工法, 第70回土木学会年次学術講演会講演概要集VI, 2014. 9
- 2) 土木学会: トンネル標準示方書山岳工法・同解説, 2006, p37