

Ⅲ-49

TDEM法によるトンネル調査(その2)

戸田建設(株)

正会員 原 敏昭、西牧 均

正会員 関根 一郎、

三井金属資源開発(株)

斎藤 章、和田 一成

1. まえがき

筆者らは、トンネル調査におけるTDEM法(時間領域電磁探査法)の適用性を把握するため、試験探査を継続して行っている^{1)、2)}。前報ではTDEM法による地表からのトンネル調査と、坑内からの切羽前方探査の基礎実験について述べた。本報では、TDEM法による地山の比抵抗分布と、トンネル坑内での切羽観察結果との関係を、数量化理論に基づいて検討した結果について述べる。

2. 現地調査

探査したトンネルは、延長約260m、最大土被り約45mの比較的短い道路トンネルで、地山はトンネル西側(坑口側)が凝灰角礫岩(弾性波速度:約2.8km)、東側が安山岩(弾性波速度:約3.4km)である。本地においてトンネル測線に沿って鉛直成分TDEM法調査(測定間隔5m)を行い、水平多層とオッカム・インバージョンにより解析を行った。図-1にTDEM法によるイメージング結果²⁾と掘削結果(地山総合評価点)を示す。

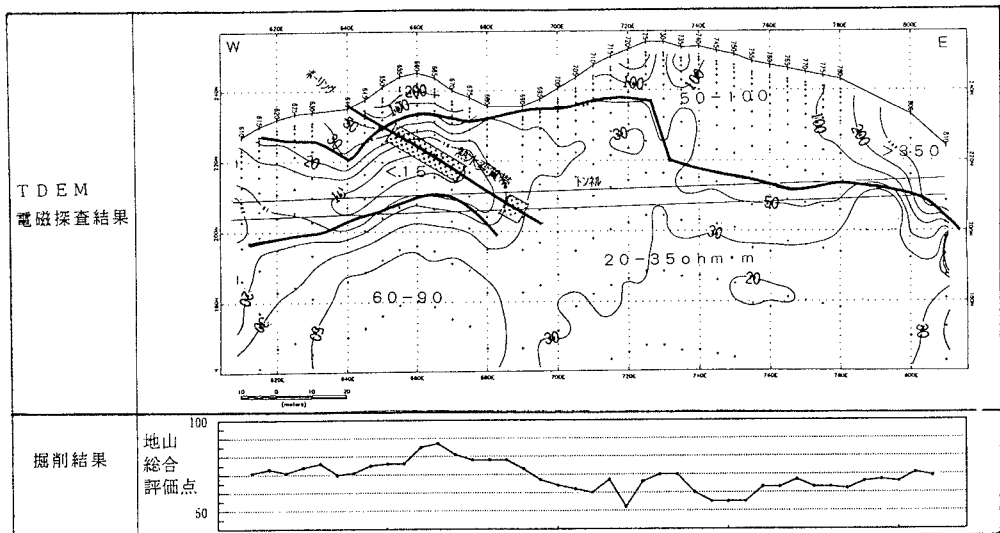


図-1 TDEM電磁探査法によるイメージング結果と、掘削結果

3. 多変量解析による比抵抗値と地山総合評価の検討

TDEM法による比抵抗値を設計・施工に反映させるには、①断層・破碎帯等の地質構造の探査、②地質(風化帯・岩種等)の判別、③地山総合評価との対照等が考えられる。ここでは、切羽観察結果による地山総合評価と比抵抗値の対照を多変量解析によって検討する。トンネル施工中に行われる切羽観察は、地質性状の把握を行い、設計・施工にフィード・バックさせるものである。本トンネルでは、切羽毎に切羽観察記録(9項目による地山評価を行い、また比抵抗値は地表のトンネル測線上でTDEM法により5m毎に測定したものである。この両者の関連を数量化理論Ⅰ類により解析した。数量化理論Ⅰ類を適用するにあたり、切羽観察要因をもとに説

明要因としては全項目を取り上げ、外的基準としてTDEM法による比抵抗値を用いた。なお解析の対象となった切羽断面はNO.610～NO.780の合計35断面である。表-1に外的基準・アイテム・カテゴリー分類、表-2に解析結果を示す。カテゴリー分類については、各アイテム中で切羽観察記録に出

表-1 外的基準・アイテム・カテゴリー

外的基準	アイテム	カテゴリー
比抵抗値	切羽の状態	1 鏡面から岩塊が抜落ちる
		2 鏡面の押出しが生じる
		3 鏡面は自立せず崩れ或いは流出
	素堀面の状態	1 時間がたつと緩み層落ちする
		2 自立困難、掘削後早急に支保する
		3 掘削に先行して山を受けておく必要
	圧縮強度	1 $200 > \delta \geq 50 (\text{kgf/cm}^2)$
		2 $50 > \delta (\text{kgf/cm}^2)$
	風化変質	1 岩目に沿って変色、強度やや低下
		2 全体に変色、強度相当に低下
		3 土砂状態、粘土状破碎、当初より未固結
	割れ目の頻度	1 間隔 $20 > d \geq 5 (\text{cm})$
		2 間隔 $5 > d (\text{cm})$
	割れ目の状態	1 部分的に開口
		2 開口
		3 粘土を挟む、当初より未固結
	割れ目の状態	1 層状片状・板状
		2 土砂状、細片、当初より未固結
	湧水	1 滴水程度
		2 集中湧水
	水による劣化	1 緩みを有無
		2 崩壊流出

表-2 解析結果

アイテム	カテゴリ	カテゴリスコア	レンジ	偏相関係数
切羽の状態	1	0.0968	0.3421	0.3248
	2	-0.0721		
	3	-0.2452		
素堀面の状態	1	0.1493	0.2895	0.6623
	2	-0.1401		
	3	0.0319		
圧縮強度	1	0.0213	0.0497	0.0823
	2	-0.0283		
風化変質	1	-0.2168	0.2378	0.4200
	2	0.0210		
	3	0.0195		
割れ目の頻度	1	-0.0202	0.0645	0.2143
	2	0.0442		
割れ目の状態	1	0.2436	0.4223	0.5513
	2	0.0751		
	3	-0.1787		
割れ目の状態	1	0.0034	0.0299	0.0576
	2	-0.0264		
湧水	1	0.0003	0.0011	0.0035
	2	-0.0008		
水による劣化	1	-0.0148	0.0473	0.1554
	2	0.0325		

定数項:1.4112 重相関係数:0.9282

てこないランクは分類から除外した。なお、データに欠損値がある場合は各アイテム相互の関係から補完を行った。この方法によると比抵抗値を説明するのに効果のあるアイテムは、偏相関係数やレンジの大きな値として表され、関係式の精度は重相関係数で表される。表-2より重相関係数は0.9282と比較的高く、比抵抗値と切羽観察結果はよい相関性を示している。また、偏相関係数をみると、素堀面の状態、風化変質、割れ目の状態（割目幅・挟み物質の有無）の項目が比較的高い値を示している。この結果は、比抵抗値が風化変質や粘土化と密接な関係があり、岩盤における比抵抗値の特性をよく表していると考えられる。また、図-2に比抵抗値の実測値と計算値の比較を示す。この図-2から計算比抵抗値は実測値とよく整合している。

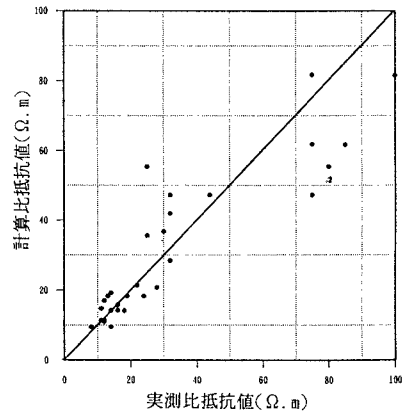


図-2 比抵抗値の実測値と計算値の比較

4. あとがき

本報では、TDEM法による比抵抗値と切羽観察結果を数量化理論Ⅰ類を用い、両者の関係を見いだそうと試みた。その結果、本トンネルにおいては今後の検討の余地が多いが比較的良好な結果が得られた。また、電気・電磁探査法を土木分野へ適用する場合、その探査特性に応じた調査法・解析法を用い、その結果をいかに設計・施工にフィードバックさせるか、今後さらに綿密な検討を積み重ねていく必要があると考えられる。

【参考文献】

- 1) 原、斎藤他：TDEM電磁探査法によるトンネル調査. 土木学会第49回年次学術講演会講演概要集第3部(A) pp36-37, 1994. 9
- 2) 原、斎藤他：TDEM電磁探査法の土木分野への適用. 第26回岩盤力学に関するシンポジウム. 講演論文集 pp. 510-514, 1995. 1