

TDEM 法のトンネル調査への有効性の検証(その 3)

戸田建設(株) 正会員 ○原敏昭^{※1}

早稲田大学

斉藤章^{※2}

1. 目的

トンネル調査の精度・効率を上げるために行った 25 本の TDEM 法によるトンネル探査の結果、得られた比抵抗値と実際にトンネル掘削によるトンネル切羽観察簿を 25 本のトンネルで対照し、数量化理論 I 類を用いた解析によりまとめた(表-1 参照)。外的要因(目的変数)は TDEM 法による比抵抗値と弾性波探査による弾性波速度を、説明要因としては切羽観察記録の観察項目で直接岩盤性状を評価していると考えられる 5 項目(一軸圧縮強度、風化変質、割れ目間隔、割れ目状態、湧水)を用いた。

本論文(その 1)では TDEM 法によるトンネル探査の有効性を、(その 2)では、解析の結果得られた偏相関係数に関して、同一現場で実施した TDEM 法・弾性波探査・電気探査の結果を比較対照した結果を述べた。本論文(その 3)では、トンネルの土被り、岩石グループに着目し、屈折法弾性波探査、電気探査(二次元比抵抗探査法)、TDEM 法の 3 方法を比較する。

表-1 切羽観察簿での比抵抗・弾性波速度に対する決定係数、偏相関係数

トンネル No.	岩 質	岩石グループ	湧水	TDEM法比抵抗値			弾性波速度		
				決定係数	カテゴリ	偏相関係数	決定係数	カテゴリ	偏相関係数
1	泥質片岩 ④層状岩盤-L	d	○	0.856	F	0.836	0.751	B	0.535
					C	0.801		C	0.463
					A	0.764		A	0.378
2	砂質片岩 ④層状岩盤-L	d	○	0.644	B	0.611	0.934	A	0.956
					C	0.553		F	0.772
					F	0.516		B	0.771
3	未固結堆積物 ④層状岩盤-L	d	○	0.871	C	0.823	0.915	D	0.846
					B	0.773		C	0.813
					A	0.761		A	0.766
24	砂質・泥質片麻岩 ①塊状岩盤-H	a	○	0.775	F	0.457	0.251	D	0.428
					C	0.406		F	0.316
					B	0.031		A	0.168
25	砂岩泥岩互層 ④層状岩盤-L	d	○	0.973	C	0.525	0.328	D	0.424
					A	0.436		A	0.352
					D	0.364		C	0.239

観察項目：A:圧縮強度(N/mm²) B:風化変質 C:割れ目間隔 D:割目状態 E:湧水 * :No.4と No.9トンネルは逆転層のため、弾性波速度は求められていない。

2. 土被り

No.11 トンネルの弾性波探査結果を図 1 に、同じく図 2 に二次元比抵抗探査結果、図-2 に TDEM 法探査結果をそれぞれ示す。各探査結果とトンネル掘削結果を分析し、表 3 に、屈折法弾性波探査、二次元比抵抗探査、TDEM 法の 3 探査を実施した 3 トンネルでの決定係数を示す。No.11 トンネルについては、各探査結果とも決定係数は、0.800 以上を示した。No.11 トンネルについて、図-1 に TDEM 法、図-2 に弾性波探査、図-3 に電気探査法の 3 探査法の探査結果をそれぞれ示す。No.24 トンネルについては、TDEM 法探査は決定係数が 0.880 と良い精度であった。しかし、屈折法弾性波探査は上層が硬岩、下層が軟岩である逆転層の存在と 150 m 以上ある大土被りの影響により決定係数が 0.501 と低い値を示した。二次元比抵抗探査では土被りが 150 m を超えていることにより決定係数が 0.705 と低くなった。No.25 トンネルについては、TDEM 法探査は決定係数が 0.986 と良い精度であった。しかし、屈折法弾性波探査及び二次元比抵抗探査は大土被りの影響により決定係数が 0.573、0.501 と低い値を示し、探査精度の違いの要因は、土被り考えられる。土被りが 100 m 未満であれば、3 探査法とも非常によい精度でトンネル掘削結果と対応していた。しかし、土被りが 100 m 以上では、屈折法弾性波探査、比抵抗二次元探査とも探査精度が低下した。この結果は、屈折法弾性波探査探査深度が 150 m 以下とされることに一致した。また逆転層の存在した No.24 トンネルには、屈折法弾性波探査は著しく精度が低下していたが、TDEM 法及び二次元比抵抗探査は、

表-2 各探査結果と切羽観察結果との対照(決定係数)

No	岩 質	最大土被り(m)	TDEM法(比抵抗値)	弾性波探査(弾性波速度)	電気探査(比抵抗値)	備考
11	花崗閃緑岩 ①塊状岩盤-H	95.4	0.842	0.854	0.818	
24	砂質・泥質片麻岩 ①塊状岩盤-H	151.9	0.880	0.501	0.705	逆転層
25	砂岩泥岩互層 ④層状岩盤-L	128.8	0.986	0.573	0.631	
	平均	125.4	0.903	0.643	0.718	

キーワード トンネル, TDEM, 比抵抗値, 土被り, 岩石グループ

連絡先 ^{※1}: 〒104-0032 東京都中央区八丁堀 2-8-5 戸田建設(株)土木技術部 TEL 050-3818-3504

^{※2}: 〒169-8555 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

決定係数が0.7以上を示し、よい精度であった。一方、探査の効率性という観点から考察すると、山岳トンネルの探査においてはその探査対象が山岳地にあり、さらに急峻地形も存在することから、比抵抗二次元探査のように遠電極の配置及び探査精度の2～3倍の測線長を要する探査は、非効率的である。また、重い電極棒・電線は作業性を低下させ、危険な場合もある。TDEM法は送信源で60×60mループを用いれば、センサが軽量で比較的、効率的な探査ができる。以上より、土被りが150m以上の場合は、屈折法弾性波探査や二次元比抵抗探査よりもTDEM法の方が探査精度がよく、効率的かつ安全であると考えられる。

5. まとめ

TDEM法は、土被りが150m超でもその探査精度は低下せず、またTDEM法、電気探査法の比抵抗探査は、逆転層でも有効である。一方、弾性波探査は土被りが100m以下で逆転層が無い場合、その有効性が高い。

【参考文献】

1)Toshiaki Hara, Shinichiro Iso and Akira Saito : Applicability of the Time Domain Electro-Magnetic methods to investigation of ground classification along tunnel routes, International Journal of the JSRM, pp1-8,2018.7

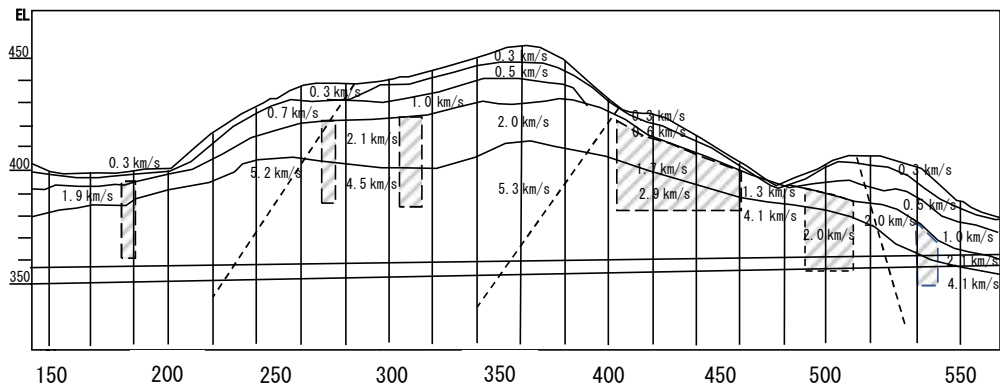


図-1 No. 11 トンネルでの弾性波探査結果

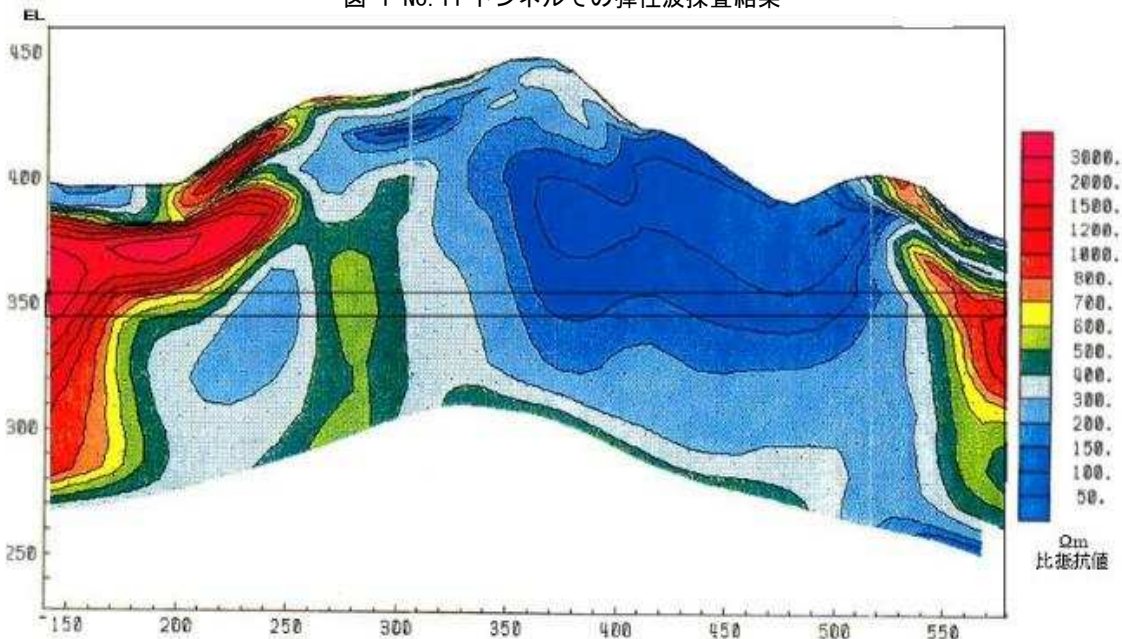


図-2 No.11 トンネルでの電気探査結果

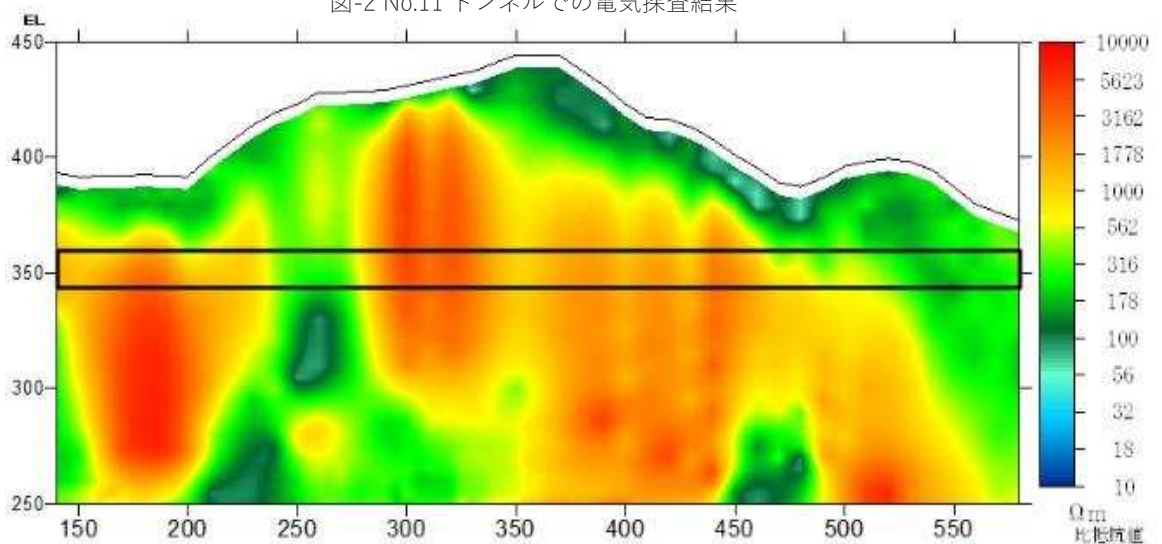


図-3 No. 11 トンネルでのTDEM法探査結果