

III-41

高密度電気探査によるトンネル地山の評価

大阪府鳳土木事務所 荒木保登志、鳥井良一

中央開発株式会社 正会員 石川浩次、○田中英幸、西 隆

1. はじめに

弾性波探査による地山の弾性波速度は、面的情報として地山の性状をかなり反映しトンネル地山分類の代表的な要素として用いられる。しかし、当探査の限界から地山深部での断面2次元的な速度値の分布（岩相・岩質の違い）が検出できず、地下水位などの情報も得られない。

高密度電気探査は、高密度の比抵抗データに基づき、地下構造の比抵抗分布を逆解析により求める手法であり、上記の弾性波探査の短所である岩相・岩質の違いや地下水位など、特に施工基面付近の地山深部の情報を断面2次元的に把握できる。これにより、従来までのトンネル評価手法に比抵抗による地山性状評価を加えれば、より精度の良い地山等級評価が可能になると考える。

さらに、電気検層で得られた R_{25} 、 R_{50} 、 R_{100} およびSchlumbergerのデパーチャートカーブから、真の比抵抗（ R_t ）を求め、 R_t と R_{50} の関係から、ボーリングコア1m毎の $R_{50} \times 0.8$ に対する岩級区分、 V_p （音波検層）、 RQD および亀裂本数（コア1m当り）などの相関を求めた。また、 $R_{50} \times 0.8$ と地山比抵抗（ R_j ）の関係から、トンネル施工基面の地山の等級評価を行った一事例について報告する。

2. 地質状況および比抵抗分布

対象になるトンネルは、一般国道480号の大阪府と和歌山県を結ぶ府県界トンネル大阪府側（2.0km）である。

今回の地山比抵抗に対応する地山性状を考慮して、トンネル施工基面の地山の等級区分を行った区間は、ボーリング（B-1～B-2）を実施した図-2の区間である。

地質は、白亜紀後期に形成された和泉層群の砂岩・礫岩互層より構成され、南に25°～30°程度傾斜した単斜構造となる。

高密度電気探査は2極法により測定し、FEM解析から比抵抗断面を求めた。トンネル施工基面付近の比抵抗分布は、地山の弾性波速度が4.0～4.2km/secに一括されているのに対して、400～1000Ω-mと変化し、巨礫が主体の礫岩層および断層（破碎帯幅約3m）通過区間で200Ω-m以下の低比抵抗部が検出された。

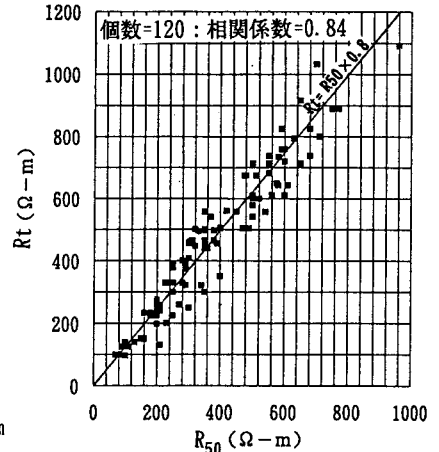


図-1 R_t と R_{50} の相関図

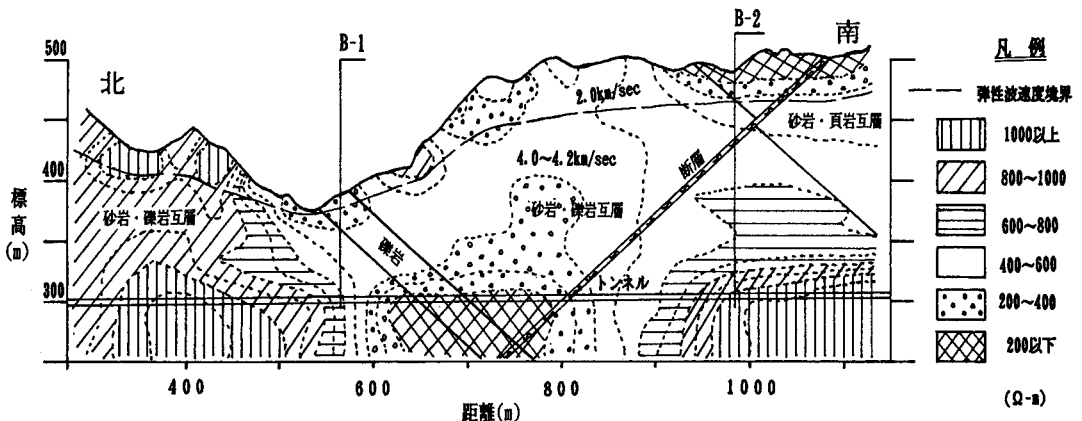


図-2 地質・比抵抗分布断面図

3. 地山比抵抗 (R_j) に対応する工学的性質

トンネル掘削対象岩の地山比抵抗 (R_j) に対応する工学的性質は、図-3～図-5の $R_{50} \times 0.8$ とコア状況や検層データとの相関および図-6の $R_{50} \times 0.8$ と地山比抵抗の相関から、表-1の状況と考えられる。

表-1 地山比抵抗 (R_j) に対応する工学的性質

地山比抵抗 (Ω -m)	$R_{50} \times 0.8$ (Ω -m)	P波速度 (km/sec)	亀裂本数 (本)	岩級区分
200以下	100以下	3.6以下	3.5以上	D
200～400	100～150	3.6～4.2	2.5～3.5	CL
400～600	150～400	4.2～4.5	1.5～2.5	CM
600～800	400～1000	4.5～4.9	1.5以下	CH
800以上	1000以上	5.0以上	5以下	CH以上

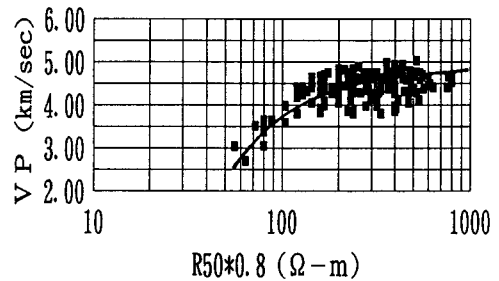


図-3 $R_{50} \times 0.8$ とP波速度との相関図

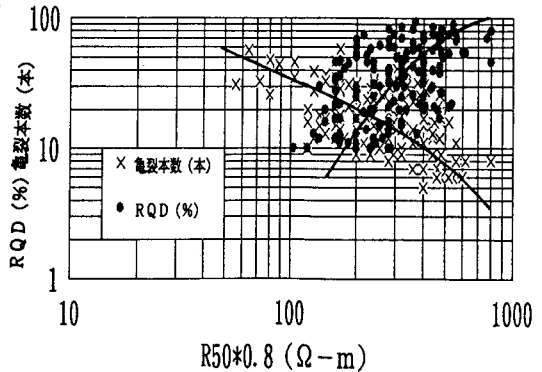


図-4 $R_{50} \times 0.8$ とRQD・亀裂本数との相関図

4. 地山の等級評価

トンネル地山（図-2）の等級評価は、パラメータを地山の弾性波速度および地山の比抵抗に区分して行った。当評価結果を表-2にまとめる。なお、距離1000m付近（図-2）の高比抵抗帯について、B-2より亀裂が多いCL～CM級岩盤が確認され、トンネル施工基面では 10^{-9} オーダーの難透水性（JFT）が確認できた。これより、地山の等級評価はこれらデータを考慮し、総合評価を加えた。

表-2 トンネル地山の等級評価

距離(m)	400	500	600	700	800	900	1000
地山弾性波速度 値 (km/sec)	4.0～4.2						
での評価	CI～B						
地山の比抵抗による評価	800以上	400～800 200～400	200以下	200～400	400～800	800以上	
地山等級	B	CI	DI	CI	CI	B	
総合評価	CI	CI	DI～DII	CI	CI	CI	

5. おわりに

トンネル地山の評価について、地山比抵抗をパラメーターに加えて地山等級評価を行った。弾性波探査では一括されているが、高密度電気探査による比抵抗断面では、地山性状の変化が断面2次的に表現され、調査段階での地山評価に当って、当探査は有効な調査手法と考える。また、問題点の抽出やこれに伴う、ボーリング地点の選定においても有効に活用できる。

ただし、岩盤内地下水の飽和状況の違いにより地山の比抵抗値は変化する。今回の $R_{50} \times 0.8$ と R_j の相関において、特に高比抵抗部でのバラツキが多かった。今後は、温度検層やルジオンテストなどにより、岩盤内地下水の情報を加えて、 $R_{50} \times 0.8$ などに補正を加えた評価が必要と考える。

最後に、トンネル調査における高密度電気探査の適用について、土木学会関西支部 トンネル地盤調査、特に高密度電気探査に関する研究会（委員長 大阪大学工学部 松井保教授）委員の方々に御指導頂き、ここに厚くお礼申し上げます。

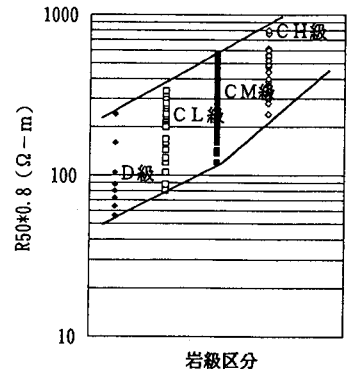


図-5 $R_{50} \times 0.8$ と岩級区分との相関図

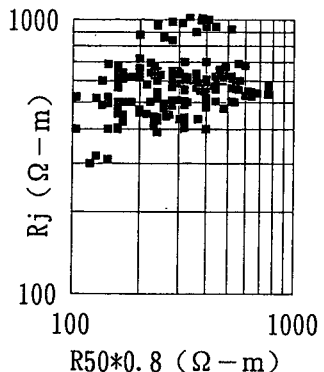


図-6 $R_{50} \times 0.8$ と地山比抵抗との相関図