

(Ⅲ－83) 比抵抗トモグラフィによる岩盤の帯水状況評価について

鹿島技術研究所 ○正会員 戸井田 克
 鹿島技術研究所 正会員 升元 一彦
 鹿島技術研究所 正会員 日比谷 啓介

1. はじめに

将来的な岩盤空洞利用の大規模化や大深度化に際しては、建設対象となる岩盤の詳細構造の把握が必要となる。また、高レベル放射性廃棄物地層処分等では地下水挙動に係わる情報の重要性が高い。ジオトモグラフィ（比抵抗、弾性波、電磁波）は、これらのニーズに応えることのできる探査技術として注目されており、筆者らは、特に比較的広い範囲の岩盤を対象とした水理地質構造評価に比抵抗トモグラフィが有効と考えて研究を進めている。今回は、原位置測定結果から推定した岩盤の水理地質構造¹⁾の妥当性を室内試験結果に基づいて評価した。具体的には、トンネル内での比抵抗・弾性波トモグラフィ測定結果並びに坑壁の湧水状況から導かれた2つの岩種（流紋岩、溶結凝灰岩）ごとの水理地質構造評価（図－1参照）が適切であったことをコアの比抵抗測定結果等から確認することができたので以下に報告する。

2. 室内試験方法

室内での岩石コアを用いた比抵抗測定は以下の点に留意して実施した。

①2つの岩種（流紋岩、溶結凝灰岩）ごとに原位置から採取した試料を直径約5cm、長さ約5cmのコアに複数個整形し比抵抗を測定した。コアの比抵抗測定方法については標準的な手法が確立されておらず、今回の測定ではこれまでの実績が比較的豊富な2極法を採用した（式－(1)参照）。2極法での測定時に分極現象が測定値に与える影響については今後検討を行う予定である。

$$\rho = \frac{S}{\ell} \cdot \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

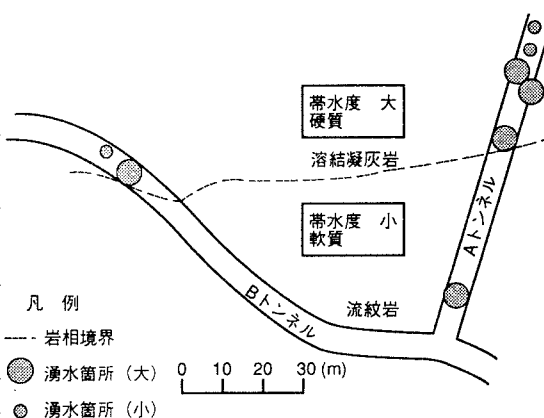
ここで、 ρ : コアの比抵抗 ΔV : 電位差
 S : コアの断面積 I : 電流
 ℓ : コアの長さ

②今回の測定では、分極現象を回避する目的で測定には電圧の正負を逆転させる交替直流を用いた（交替直流の周波数0.03Hz）。

③コアの比抵抗測定ではコア表面に膜状に付着した溶液部分を流れる表面電流の影響も無視できないと言われている²⁾。したがって、今回の測定ではこれらの影響を除去するためにコアの中央部に銅線を巻きつけ、これと一方の電極を短絡させることによって表面電流の影響を取り除いた。

④本測定ではコアの飽和度と比抵抗の関係を調べるために、コアの乾燥時と湿潤時の両条件下で比抵抗測定を行なった。湿潤時測定には原位置から採取した地下水をコアの浸水に用いたが、その電気伝導度（140 μ S/cm）は試験中ほぼ一定であった。

また、2つの岩種（流紋岩、溶結凝灰岩）の物理特性を調べるために別途、原位置から採取した試料を用いて弾性波速度及び単位体積重量・間隙率・吸水率を測定した。



	比抵抗 ($\Omega \cdot m$)	弾性波速度 (m/sec)
流紋岩	320～370	4,200～5,400
溶結凝灰岩	300～350	4,600～5,800

図－1 トモグラフィ（比抵抗・弾性波）測定結果から想定した水理地質構造

3. 試験結果及び考察

表－1は上記の室内試験結果を整理したものであり、これらより2つの岩種（流紋岩、溶結凝灰岩）共に飽和度の増加に伴って比抵抗値の低下が確認でき、その低下状況はほぼ同程度とみなすことができる。なお、室内での乾燥時試験結果の比抵抗が原位置での測定値（後述の表－2参照）よりも3桁程大きくなっているが、これは“岩石を構成する粒子自体の比抵抗値は飽和試料のそれよりも3～4桁大きい”という既往研究結果²⁾同様の傾向を示していると判断される。また、表－1中の弾性波速度や間隙率・吸水率等から岩石コアとしては流紋岩と溶結凝灰岩の物理特性に大きな差はないと判断された。

表－2は上記の室内試験結果（比抵抗、弾性波）を原位置測定結果と対比したものであり、これに基づいて図－1に示した岩盤の水理地質構造評価の妥当性を検討したのでその結果を以下に述べる。

①原位置測定時及び室内試験時（乾燥時、湿潤時）の比抵抗を2つの岩種ごとに対比すると、いずれの場合も流紋岩の方が溶結凝灰岩よりも大きく、この傾向は室内試験よりも原位置測定において顕著である。すなわち、比抵抗の比率（流紋岩：溶結凝灰岩）が室内試験時に乾燥時・湿潤時のいずれの試験条件下でも1：0.90～0.93と両者の差が比較的小さいのに対して、原位置での実測結果では1：0.86と両者の差が大きくなっている。従って、原位置岩盤では流紋岩よりも溶結凝灰岩の方が飽和度が大きいために溶結凝灰岩の比抵抗が小さくなったものと考えられ、図－1の比抵抗・弾性波トモグラフィ測定結果に基づいて評価した岩盤の帯水状況は適切であったと判断された。

②原位置での弾性波トモグラフィ並びに坑壁弾性波測定結果では流紋岩の方が溶結凝灰岩よりも弾性波速度が小さかったために、図－1に示すように流紋岩を“軟質”、溶結凝灰岩を“硬質”と判定した。今回実施した室内試験の結果では両岩種の物理特性に大きな差異はなかったが（表－1）、原位置及びコアの弾性波速度を比較すると溶結凝灰岩よりも流紋岩の方が亀裂係数が大きいことがわかった（表－2）。従って、原位置でのトモグラフィ測定結果から“軟質”と判定していた流紋岩は、溶結凝灰岩よりも亀裂が多い、または溶結凝灰岩よりも風化が進んでいると判断できる知見が得られた。

表－1 室内試験結果

		流紋岩	溶結凝灰岩
比抵抗 ($\Omega \cdot m$)	乾燥時	466,000	432,000
	湿潤時	2,900	2,600
弾性波速度 (m/sec)		5,570	5,800
単位体積重量 (gr/cm ³)		2.60	2.62
間隙率 (%)		2.42	2.32
吸水率 (%)		0.93	0.88

4. おわりに

比抵抗トモグラフィ測定結果を主体に推定した原位置岩盤の水理地質構造評価、すなわち岩盤の飽和度の違いを検出した結果が妥当であることをコアの比抵抗試験結果等から確認することができた。また、原位置測定及び室内試験の両者の結果を総合的に評価することによって、より具体的な水理地質構造を把握できることがわかった。

参考文献

- 1) 日比谷啓介、稲葉武史、稲生道裕、戸井田克、升元一彦：比抵抗トモグラフィによる岩盤の水理地質構造評価について、第9回岩の力学国内シンポジウム講演論文集、pp.331～336、1994
- 2) 千葉昭彦、熊田政宏：花崗岩及び凝灰岩試料の比抵抗測定、物理探査、Vol.47、No.3、pp.161～172、1994

表－2 原位置測定結果と室内試験結果の対比

		流紋岩	溶結凝灰岩
比抵抗 ($\Omega \cdot m$)	コア (乾燥時)	466,000	432,000
		1 : 0.93	
	コア (湿潤時)	2,900	2,600
		1 : 0.90	
	原位置	360	310
弾性波速度 (m/sec)		1 : 0.86	
	コア	5,570	5,800
	原位置	4,670	5,170
	亀裂係数	0.30	0.21