

III-42 ジオトモグラフィーによる岩盤の水理地質構造評価

○ 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

近年、岩盤空洞の利用が大規模化、大深度化の方向へ進むのに伴い、建設対象となる岩盤内部の地質状況や亀裂分布状況、さらに地下水の賦存状態に対するより詳細な情報が必要となっている。ジオトモグラフィー(比抵抗、弾性波、電磁波)は、このニーズに応える物理探査技術として注目されており、筆者らは複数のトモグラフィー手法の組み合わせによる水理地質構造評価が有効であるとの観点から研究を進めてきた。既報文¹⁾では、岩相境界の前後で湧水状況が顕著に異なっている溶結凝灰岩・流紋岩サイトにおいて比抵抗トモグラフィーと弾性波トモグラフィーを実施し、得られた情報に基づいて不透水層となっている岩相境界を検出すると共に、2種類の岩相で帯水状況が異なる点を評価した。今回は、上述の2つのトモグラフィー結果を岩相ごとに詳細分析し、併せて実施した弾性波屈折法解析結果を重ね合わせて検討することにより、各岩相内部の帯水状況や亀裂分布状況の違いを推定することができたので以下に報告する。

2. 原位置試験の概要

2.1 試験位置の地質

試験位置は図-1に示すAトンネルとBトンネルに囲まれた領域である。岩盤は全体的として堅硬で、試験領域の中央部に走向がほぼ南北で傾斜が鉛直に近い岩相境界があり、その東側に溶結凝灰岩、西側に流紋岩が分布していることがトンネル掘削時の地質観察結果及び図中に示した地質確認用水平ボーリング孔の削孔結果から判明している。また、図-1中に示したようにA、Bトンネルの坑壁湧水状況は、流紋岩部ではほとんど湧水がないのに対して溶結凝灰岩部では湧水量が多いことや、水平ボーリング孔削孔時に深度18m付近で初めて湧水が観測されたことから、溶結凝灰岩部の方が流紋岩部より帯水度が大きいと予測された。

2.2 原位置試験方法

比抵抗トモグラフィー測定は、電流、電位電極のそれぞれの一方を遠電極にとる2極法電極配置で行った。測定電極は、図-1のA、Bトンネル坑壁沿いに約5m間隔で34点配置した。また、比抵抗トモグラフィー測定とともに弾性波トモグラフィー測定を同一領域において実施した。発振点は21点で、受振点は比抵抗トモグラフィー電極位置と同じ34点とした。また、岩盤の坑壁沿いの力学的特性の変化を把握するために弾性波トモグラフィー測定データの一部を用いて、A、Bトンネル沿いの屈折法解析を行った。

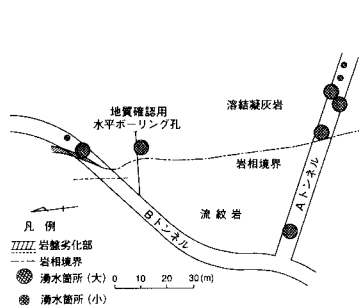


図-1 調査位置図

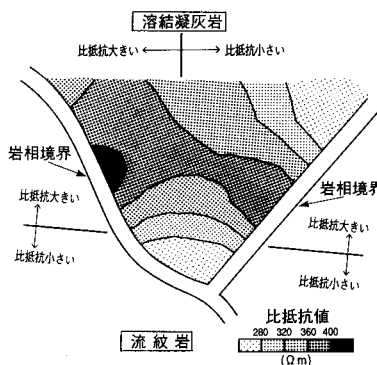


図-2 比抵抗トモグラフィー結果

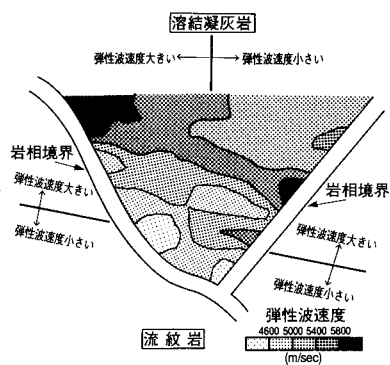


図-3 弾性波トモグラフィー結果

3. 試験・解析結果

比抵抗トモグラフィー及び弾性波トモグラフィーの解析結果を図-2～3に示す。これらの図から、領域全体を表-1に示すような4つのゾーンに区分できる。4つのゾーンの内、帯水度が大きく硬質なゾーン①、②は溶結凝灰岩部に対応し、帯水度が小さく軟質なゾーン③、④は流紋岩部に対応している。岩相区分を目的とした評価はこれまでの解析、分析から結論づけられているが、今回は各岩相ごとにさらに詳細な地下構造評価を行なった。2つのトモグラフィー解析結果から得られた知見は以下のとおりである。

- (1) 溶結凝灰岩部（ゾーン①、②）は流紋岩部（ゾーン③、④）よりも全体として弾性波速度値がかなり大きく、比抵抗値もやや大きい
- (2) 溶結凝灰岩内部ではゾーン②に比べてゾーン①の方が弾性波速度値が大きく比抵抗値はほぼ同じである
- (3) 流紋岩内部では、ゾーン④と比べてゾーン③では弾性波速度値がほぼ同じだが比抵抗値は大きい

以上の弾性波速度値と比抵抗値の大小関係は表-1中に示してあるが、以下にとりまとめる。

弾性波速度値	ゾーン①	>>	ゾーン②	>>	ゾーン③	=	ゾーン④
比抵抗値	ゾーン①	=	ゾーン②	=	ゾーン③	>>	ゾーン④

4. 水理地質構造の推定

以上のトモグラフィー結果の分析に基づき、比抵抗は岩盤の水理的特性を、弾性波速度は岩盤の力学的特性をそれぞれ反映すると考えて試験位置岩盤における岩相別の水理地質構造特性を推定する。

- (1) 堅硬で帯水度の大きい溶結凝灰岩部（ゾーン①、②）については、ゾーン②がゾーン①と比べて比抵抗値が同程度であるが弾性波速度値が小さいので、ゾーン②にはゾーン①よりも亀裂が多く存在していると判断される。

- (2) 軟質で帯水度の小さい流紋岩部（ゾーン③、④）では、ゾーン③に対してゾーン④が弾性波速度値は同程度であるが比抵抗値がかなり小さいので、ゾーン③よりもゾーン④の方が帯水度が大きいと考えられる。

これらのトモグラフィー分析結果は、表-1中に示すように原位置の坑壁湧水状況や弾性波探査屈折法解析結果と整合的であることがわかり、設計・施工管理に対して利用できるような水理地質構造評価（図-4）が可能と考えられる。

5. おわりに

比抵抗トモグラフィーと弾性波トモグラフィーの測定・解析を岩相境界の前後で湧水状況が顕著に異なる溶結凝灰岩・流紋岩サイトにおいて行い、併せて実施した坑道の湧水状況観察や弾性波探査屈折法の結果と対比することによって岩相内部の帯水状況や亀裂分布状況を評価できる見通しが得られた。

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ー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

表-1 トモグラフィー解析結果のまとめ

ゾーン		①	②	③	④
トモグラフィー評価	弾性波速度値(m/sec) (平均値)	5470	5130	4910	4890
	比抵抗値($\Omega \cdot m$) (平均値)	360	340	350	310
	推定される構造的特徴	帯水度大きく硬質 亀裂少ない		帯水度小さく軟質 帯水度小さい 帯水度やや大きい	
	坑壁湧水状況	中	大	なし	小
水理地質状況	弾性波屈折法 平均層速度(m/sec)	2500	1600	2100	2000
	平均基盤速度(m/sec)	5400	5200	4800	4400

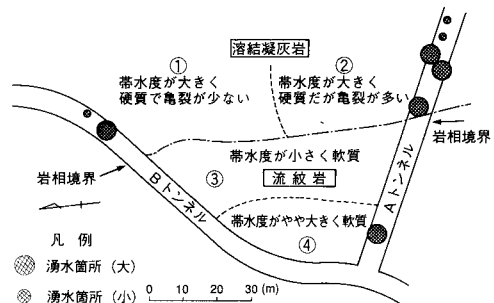


図-4 トモグラフィーによる水理地質構造評価