

トンネル切羽緩み領域の検出への比抵抗探査の適用

正会員 大林組 技術研究所 ○並木 和人 鈴木健一郎
丸山 誠 桑原 徹

1. はじめに

近年、山岳トンネルの施工において、トンネル切羽前方の地質・岩盤の予測手法が注目され、特に弾性波探査を応用した手法であるTSP¹⁾が信頼の高い手法としてよく用いられている。筆者らは、比抵抗探査の各種岩盤調査への適用²⁾を試みているが、今回は山岳トンネルの切羽前方予測への適用可能性を試みた。探査によって得られた比抵抗分布と切羽の岩盤性状とを比較して両者の対応関係を評価した結果、切羽前方の岩盤性状の予測手法としての利用可能性を確認した。

2. 実施手法及び適用岩盤

探査の実施状況を写真－1に示す。トンネル切羽面の中心付近の高度に、それぞれ8mの測線を高さ1m間隔に3列設定した。各測線には1m間隔に9点電極を接地し、それぞれの測線について2極法配置の比抵抗探査を実施した。遠電極はトンネル坑外に接地した。測定データはEWS上で有限要素法解析を実施して、各測線ごとに断面図として図化を行った。実施対象としたトンネルの岩盤は、中生代白亜紀の生成と推定されている凝灰角礫岩を基盤岩としており、花崗斑岩の貫入を伴っている。また、基盤岩の風化や貫入による破碎及び軟質（マサ）化が特徴的であり、調査・設計時における岩級区分においてもB～C_H級と岩質に大きな差異が存在しているため、路線掘削には小崩落や湧水の対策を要していた。本測定実施地点においては、切羽での湧水は少量であった。

3. 実施結果

比抵抗探査結果を図－1に示す。岩盤の比抵抗値は50～2000Ωmの範囲にあり、このうち1000Ωm以上（図中の青い部分）の、他の領域に比べ高い比抵抗部が全ての断面で切羽面から奥に向かって存在しているのが大きな特徴である。この範囲は奥行方向で比較すると、測線1においては切羽の奥4.5m程度まで及んでいるが、測線2及び測線3では2m程度と小さい。一方、幅については、測線2に最も広く分布が見られている。また、切羽の側方については、右側に比べ、左側の方が低比抵抗となっている。

4. 考察

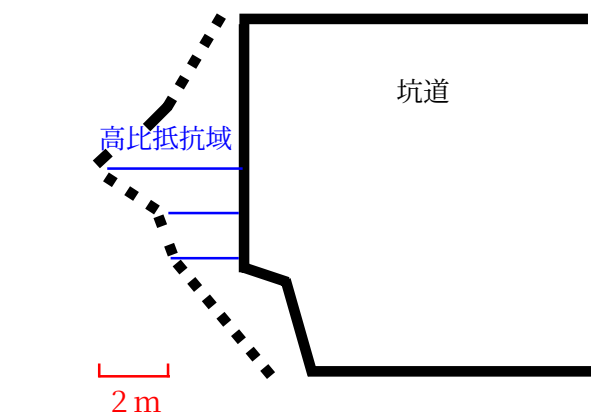
今回の計測においては、間隙の存在状態が比抵抗に反映されているものと判断できる。切羽表面付近に比べてより前方ではき裂の開口は少ないと考えられ、比較的低比抵抗な領域として現れるものと推定される。それに対し高比抵抗領域は、比較的間隙の大きいことを示唆している。この間隙は既存の岩石中の節理やマイクロクラックが発破等によって開口・進展したり新たに発生するなど、掘削による緩みに起因するものと考えられる。探査結果図では、切羽表面近くにおいては切羽の下部から上部にいくに従って、間隙の大きい領域が中心より奥行き方向に伸張しているという結果が現れている。これはトンネル掘削時に良くみられる、切羽前方地山の抜け落ち現象として確認される形状とよく整合している。写真－1に現れている探査実施時の切羽面の岩盤性状より、節理の存在状況に着目すると、左部分では上方に行くに従って節理の流れが顕著であることを確認できる。これは間隙が多く存在していることを示唆している。この節理が探査結果で上方（図－1の測線1）の高比抵抗領域が奥まで存在している原因、すなわち緩みの発生への寄与として考えられる。比抵抗探査結果にこれらの考察を加えて作成した切羽前方の緩み領域の想定断面図を図－2に示す。緩み域は図中の点線範囲程度まで及んでいるものと推定される。また、探査結果図で切羽左奥に存在している低比抵抗部は、探査時に確認された切羽面左側での湧水の存在と対応していることから、地下水の滞留を推定することができる。

キーワード：トンネル、切羽、緩み、比抵抗

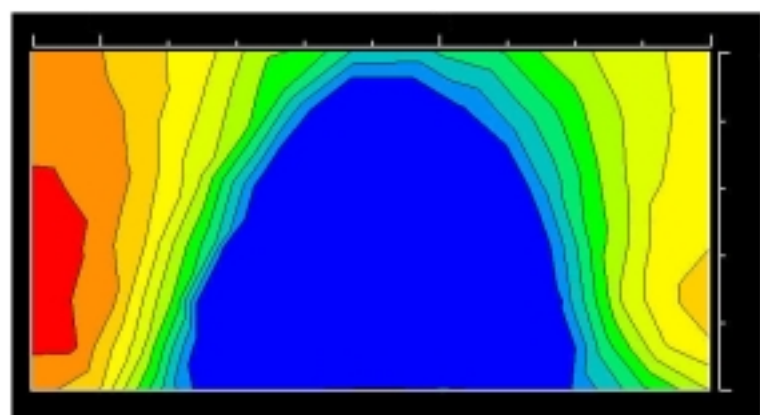
〒204－8558 東京都清瀬市下清戸4－640, 0424－95－0910（電話）, 0903（FAX）



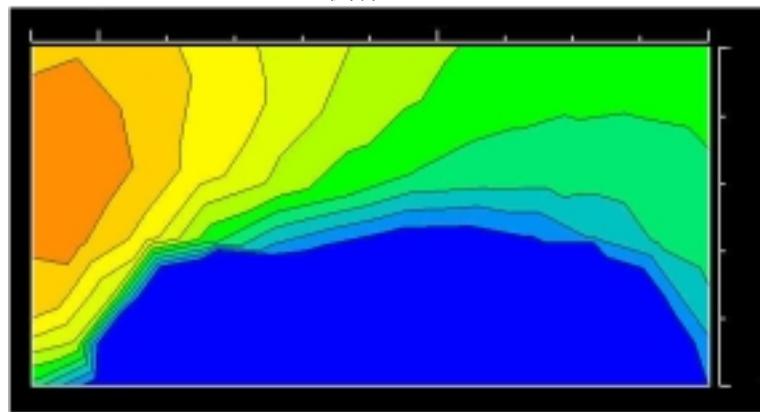
写真－1 比抵抗探査実施状況



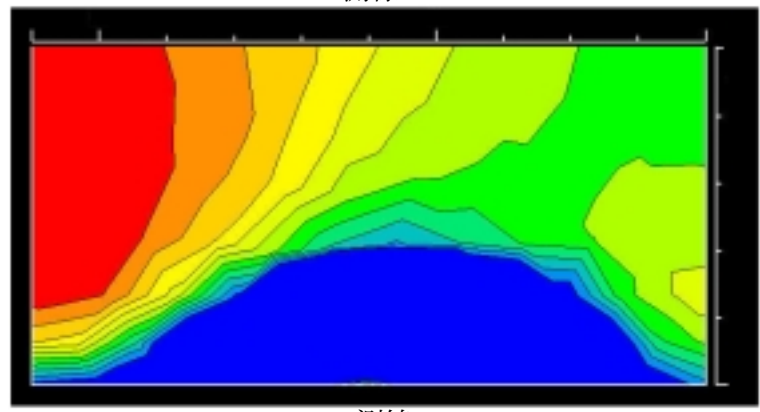
図－2 比抵抗分布より想定される緩み域の模式断面図



測線 1



測線 2



測線 3

図－1 比抵抗探査結果

※目盛は1m 間隔

5. おわりに

今回の探査結果から、トンネル切羽の掘削によって発生する緩み域の検出が比抵抗探査によって可能であることが明らかになった。なお、この測定と別に大量湧水部でも同様の探査を実施したが、前方の切羽近くまで低比抵抗領域がほぼ一面に存在する結果となり、掘削の緩みの検出を示すような結果は得られなかった。これは、緩み領域の間隙が水で満たされることによって、緩んでいない領域と同様、もしくはそれより低比抵抗となるため、この手法に適用限界があることを示している。また、今回は手法の検証という位置づけで、トンネル掘削工程中のわずかな時間を利用して行ったこともあり、探査後の掘削時における探査結果の検証は十分ではない。しかしながら、弾性波探査による切羽前方予測手法では得られない構造が把握できるという特長が存在しており、今後はこうした探査結果の検証や、適用条件の把握、適用範囲の拡張等、調査手法としての確立を図りたい。

参考文献

- 1)例えば、戸井田他、地下空間シンポジウム論文報告集，VOL.3，pp.113-122,1998
- 2)並木他、第10回岩の力学国内シンポジウム講演論文集，pp.743-748,1998

