

孔内センサ挿入前方調査技術 (DRi ログ) の開発と適用

戸田建設 (株) 正会員○関根一郎 正会員 若竹 亮
戸田建設 (株) 正会員 吉野尚人 正会員 湯北記代彦

1. はじめに

切羽前方の地質を把握することは、山岳トンネルの切羽崩壊などを回避し安全に掘削する上で重要である。当社は既に切羽前方の地質を直接観察できる内視鏡による切羽前方調査技術 (DRi スコープ¹⁾) を開発したが、地山の物理的性質が把握できないという課題があった。今回開発した孔内センサ挿入前方調査技術 (DRi ログ) は、油圧ジャンボ等で切羽から削孔した約 50m までの水平孔内に、弾性波と比抵抗が測定できる装置を挿入し、切羽前方の地山物性値を直接測定することにより、切羽前方の地山の評価に活用することができるものである。弾性波は割れ目の状況や地山の強度に敏感な指標であり、地山評価に普遍的に使用される。比抵抗は含水率や粘土化を反映し易い指標であり²⁾、地山評価に用いられるケースがある³⁾。本文では、本技術の概要、機能を紹介するとともに、再現性確認実験、現場での実証施工結果について報告する。

2. 孔内センサ挿入前方調査技術 (DRi ログ) の概要

図-1 に孔内センサ挿入前方調査技術 (DRi ログ) の概要図を示す。削孔検層等で切羽から削孔した水平孔に比抵抗測定センサ、弾性波受振器を装備した測定管を挿入し、比抵抗分布と弾性波速度分布を一回の挿入作業で測定する技術である。水平孔は長さ 50m まで対応可能である。測定管挿入後、切羽を大ハンマー等で打撃起振し、測定管内に 2m 間隔で設置してある弾性波受振器で弾性波速度分布を測定する。その後、測定管を引き抜きながら、測定管の先端付近に装備した電極で比抵抗を連続的に測定する。これにより切羽前方地山の物性情報を得ることができる。

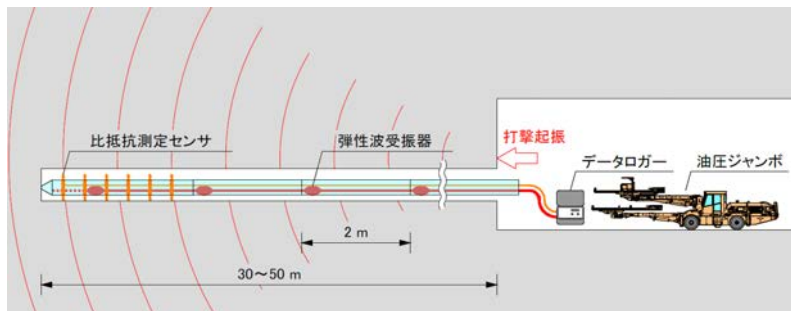


図-1 孔内センサ挿入前方調査技術 (DRi ログ) の概要図

3. DRi ログの特徴と予備実験

1) DRi ログの特徴

写真-1 に DRi ログの先端部分の写真を示す。測定管は塩ビパイプでできており、20cm 間隔で電極が設けられている。電極はブラシ状に突出しており地山との接触状態を保つようになっている。また、比抵抗測定は 4 電極法によって測定するが、測定管に電極は 6 電極設けられており、電極と地山の接触不良や断線等のトラブル時に補完できるように工夫されている。



写真-1 DRi ログ先端部

写真-2 に測定管内部の弾性波受振器とそのケーブルを取り出した状態で示した。弾性波受振器は測定管の中に保護され、測定管が孔壁崩壊により捕捉され引き抜き不能になった場合でも弾性波受振器ケーブル先端と測定管先端の接続部分が外れ、弾性波受振器はケーブルごと回収可能な構造になっている。



写真-2 DRi ログ内部 (弾性波受振器)

写真-3 は、比抵抗測定用データロガーで、測定する電極の

弾性波、比抵抗、切羽前方、削孔、地山評価

連絡先 〒104-0031 東京都中央区京橋 1-18-1 戸田建設 (株) 技術開発センター TEL 050-3818-6433

選択が可能な設計になっている。比抵抗は連続測定可能で、電流、電圧測定値から電極の配置に応じて比抵抗値を換算可能になっている。なお、弾性波速度測定には McSEIS-SW を用いた。



写真-3 比抵抗データロガー

2) 比抵抗測定センサの予備実験

電極を装備した測定管を用いて水平孔内で比抵抗測定が連続的に可能か実験した。測定管を挿入して引き戻しながら 3 回繰り返し測定を行った結果を図-2 に示した。この孔の地質は部分的に粘土を混在する緑色片岩で、比抵抗測定結果は良好な再現性が得られた。地質の詳細な変化に対応した比抵抗分布が得られたと考える。

4. 現場実証試験

国土交通省中部地方整備局発注の設楽ダム設楽根羽線 1 号トンネル工事において現場実証実験を行った。地質は新第三紀設楽層群川角累層の砂岩で、比較的一様な地質である。切羽から約 30m の水平孔を削孔し、DRi ログを挿入、約 30m 区間の比抵抗分布、弾性波速度分布を測定した。

図-3 に比抵抗の測定結果を示す。測定結果は概ね $100 \Omega m$ 程度の結果が得られた。大きな比抵抗の値が出ている箇所があるが、これは、工業用内視鏡による孔内観察結果から、孔荒れしている場所で電極の接触不良を起こしたことが考えられる。

図-4 に弾性波の測定結果を示す。切羽近傍では $1.38 km/s$ と低い値になったが、概ね $2.55 km/s$ との結果が得られた。

削孔検層に併用して現場で実施するためにはサイクルタイムへの影響が軽微である必要があるが、約 30m の水平孔の測定に要した時間は、測定管挿入開始から、30 分程度であった。

5. まとめ

孔内で直接物性を測定するにより、十分な精度で切羽前方地山の情報を得ることができる。今回、弾性波速度と比抵抗を一回の測定管挿入で同時に測定可能とした。今後、適用実績を増やし、地質の急変する場所での合理的な施工に寄与したいと考える。

参考文献

- 1) 法橋 亮・関根一郎・小林由委・石垣和明：工業用内視鏡を利用した新たな切羽前方地山調査手法の開発、第 44 回岩盤力学に関するシンポジウム、2016
- 2) 西牧均・関根一郎・斎藤章・吉中龍之進：岩石・岩盤の比抵抗とその工学的性質との関係について、物理探査、第 52 巻、第 2 号、pp. 161-171、1999 年
- 3) 松井保監修・（一財）災害科学研究所トンネル調査研究会編：トンネル技術者のための地盤調査と地山評価、鹿島出版会、2017

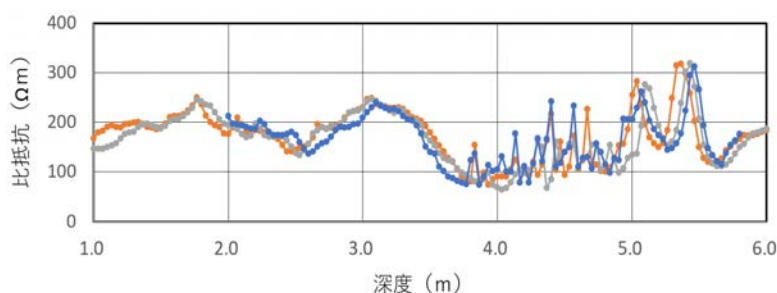


図-2 比抵抗測定試験結果（3 回繰り返し）

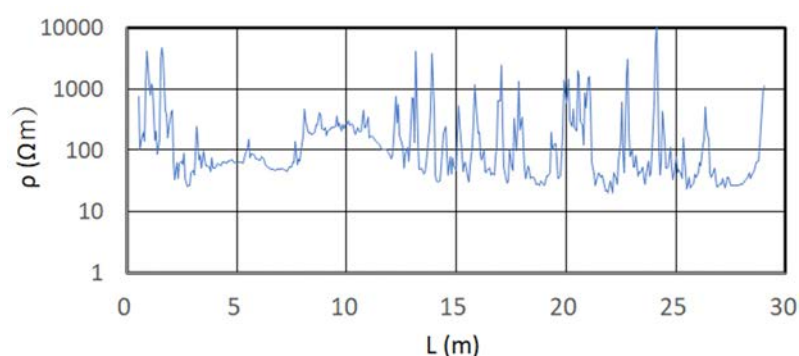


図-3 比抵抗測定試験結果

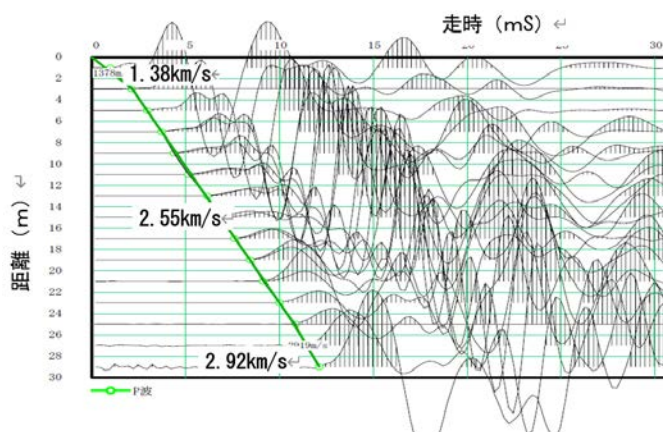


図-4 弾性波測定試験結果