DRi スコープによるトンネル切羽前方地山調査の適用

戸田建設(株)　正会員　○法橋　亮、関根一郎
石垣和明、奥村正樹

１．はじめに

トンネル切羽前方の孔内地山観察システム「DRi スコープ」を開発し、様々なトンネル現場で適用を開始しつつある[(1)]。従来の切羽前方探査技術では、穿孔エネルギー値や弾性波速度等による相対的かつ間接的な地山評価しかできなかったが、これらの調査に孔内観察システムを組み合わせることで、孔壁地山の岩質・割れ目の状態が直接的に把握できるようになり、これと物理量とを直接的に結び付けることで調査の高精度化が実現した。本稿では、軟岩および中硬岩の分布するトンネル（L≒500m）のほぼ全延長で DRi スコープによる調査を適用した事例を紹介し、その有効性について報告するものである。

２．技術の概要

「DRi スコープ」は、通常の油圧ジャンボを使用し、ロッドを連結して所定の深さまで削孔した後、ロッドの送水孔にこれをケーシング代わりとして内視鏡（φ8.5mm）を挿入し、孔先端と孔壁周面の地山を画像として観察する技術である（**図-1**）。これにより、破砕帯や未固結土砂等孔壁の自立性が確保できない崩落性の強い地質条件でも調査・観察を行なえる点が特徴である。また、ロッドを引抜きながら観察することで、延長方向に連続的な動画像が得られ、前方地山の状態ならびに岩種等の変化の状況が把握できる。

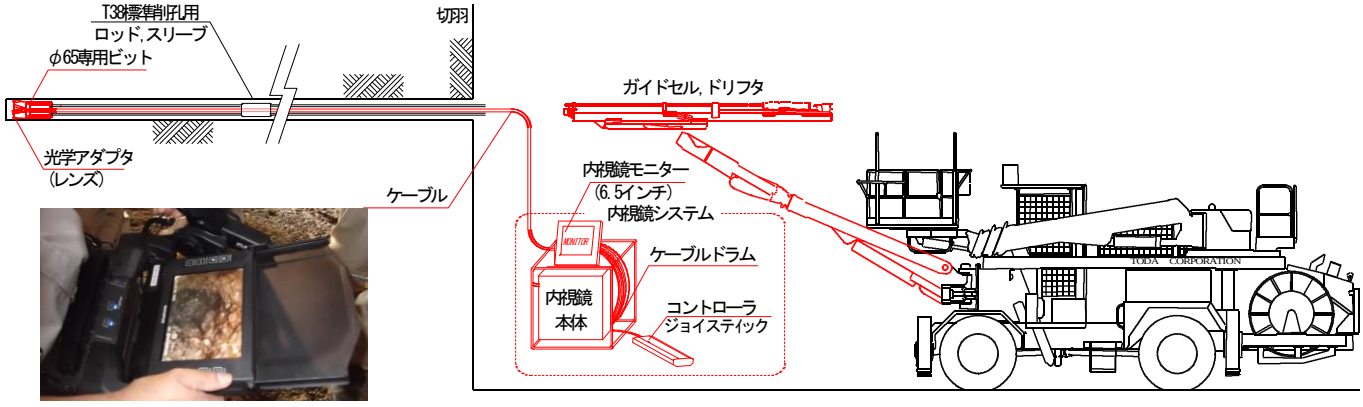

図-1　DRi スコープ概要図

３．現場適用事例

L≒500m の道路トンネルのほぼ全延長に渡って、DRi スコープによる孔内観察調査を実施した。トンネルを構成する地質は、新第三紀鮮新世～第四紀更新世の凝灰角礫岩および安山岩である。

第 1 回目調査の実施状況を鑑み、1 回当たりの調査延長を 21～27m、DRISS と併せた調査時間を 2 時間以内と取り決め、2 週間に 2～3 回の頻度で調査を実施し、計 21 回の適用を行った。トンネル施工への影響を最小限にできたことで協力会社からも高評価であった。以下に、調査結果を示す。

１）岩種判別

凝灰角礫岩は、灰色を呈し、還元環境下で堆積したと思われる低固結度泥流堆積物と、淡灰褐色ないし淡黄褐色等を呈し酸化環境下で堆積したと思われる火砕流堆積物等、多種多様な岩相で構成される。基質部は数 MPa 程度以下の軟岩～一部土砂相当の強度を示し、最大径 1m（平均径 20～40cm）に達する、主として安山岩の礫を様々な割合で含んでいる（**図-2**、**図-3**）。孔壁面は粗く全体としてザラついた印象である。一方、安山岩は暗灰色の石基の中に白色の斜長石結晶が目立つ中硬岩（～軟岩相当）であり、孔壁面は全体に平滑である（**図-4**）。これらの特徴に基づき、一部類似する岩相以外は、孔内観察で明確に岩種判別を行うことができた。

キーワード　切羽前方地山調査，孔内観察，工業用内視鏡，DRi スコープ
連絡先　〒104-8388　東京都中央区京橋 1-7-1　戸田建設株式会社 土木工事技術部　ＴＥＬ03-3535-1614

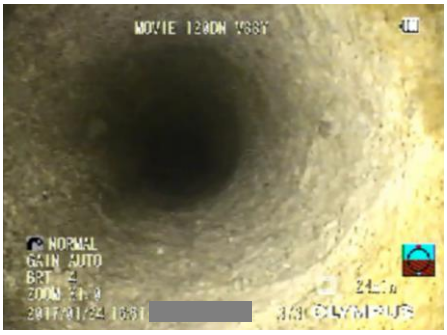

図 2. 凝灰角礫岩（基質主体部）

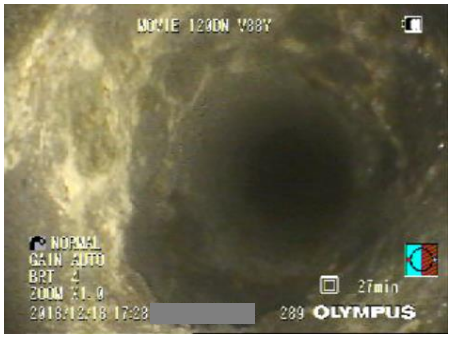

図 3. 凝灰角礫岩（角礫主体部）

図-4. 安山岩

２）地山の状態（風化度、割れ目の頻度・状態）

孔内画像に加えて、並行して実施する DRISS 削孔時のリターン水の色やくり粉の状態、さらには穿孔エネルギー値等により、地山の状態を定量的に評価しつつ、岩種判別の裏づけも行うことができる。

凝灰角礫岩は概ね、穿孔エネルギー値 100J/cm³ 以下、安山岩は 300J/cm³ 以上で推移しており、孔内画像のみで岩種判別できない場合には有効な指標であった（**図-5**）。これら一般値より相対的に値の小さいところでは風化の影響や亀裂の影響が大きく、局部的な孔壁崩壊が確認される等脆弱な地山状況を呈していた。全調査延長を通じ、孔内画像、穿孔エネルギー、掘削実績に基づく地質境界は良い一致を示した（**図-6**）。

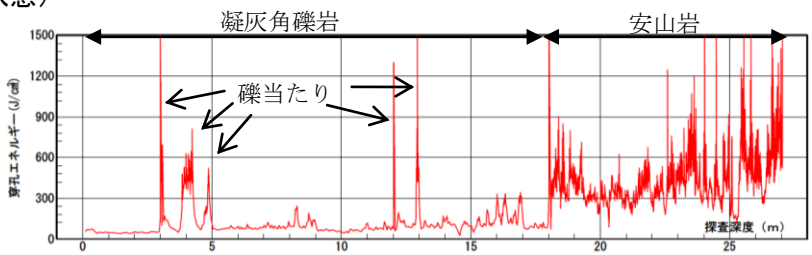

図-5. DRISS による穿孔エネルギー値（第 19 回目）

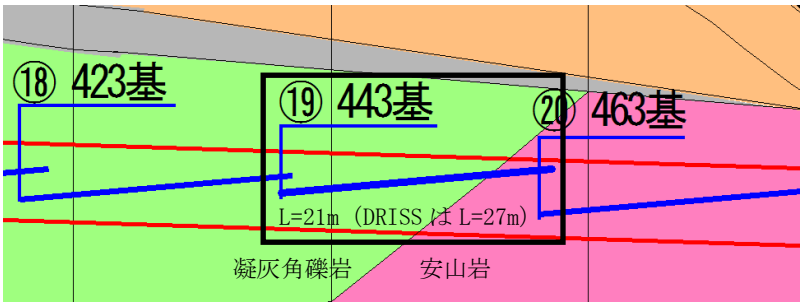

図-6. 掘削実績による地質縦断図

（□で囲った範囲が**図-5** の DRI スコープ・DRISS 調査位置）

３）割れ目幅の測定

DRi スコープではオプション機能としてステレオレンズを備えており、二点間の距離を測定することが可能である。今回、割れ目の卓越する安山岩が分布する区間の一部で、直視レンズからステレオレンズに切替え、割れ目幅の測定を試みた。

図-7. 節理の開口幅：0.62mm

図-8. 節理沿いシームの幅：0.9mm

図-7 は、系統的な節理の一部が開口している状況を撮影したものであり、その幅は 0.62mm であった。**図-8** は、同系統の節理沿いに褐色のシームが充填しているもので、その厚さは 0.9mm であった。この機能は、切羽の安定性に影響を与える地山因子が、割れ目の多寡あるいは状態である場合に有効な調査として期待できる。

４．まとめ

DRi スコープ全線調査の適用により、前方地山の状態ならびに事前の岩種判別が可能となり、合理的かつ安全なトンネル掘削に寄与することができた。とくに、支保パターンの設計根拠が岩種境界となっている区間では有効な事前調査となった。今後様々な地山条件のトンネルにおいて、実績を積み重ねていきたい。

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.