

削孔速度解析システムによる花崗岩地山でのトンネル切羽前方探査

(株)大林組 技術研究所 正会員 ○桑原 徹, 畑 浩二
 (株)大林組 石樽工事事務所 非会員 林下敏則, 小野寺 仁
 国土交通省 近畿地方整備局 滋賀国道事務所 非会員 田中幸一

1. はじめに

前方探査技術としては、切羽を止めずに常時使用できるという観点から、油圧ジャンボのドリフターを利用したノンコア削孔調査（削孔検層、穿孔検層、穿孔探査などとも呼ばれる）に大きな期待が寄せられている。しかし、削孔速度や打撃エネルギーでは変動が大きく、波形のピークも多数現れ、どの変化が実際の地山の変化に対応しているのか、判断が難しい場合が多い。筆者らは、大型岩石供試体を利用した削孔実験¹⁾、現場での削孔実験、既往ノンコア削孔データの詳細な分析を行い、特にフィード圧の影響を考慮した削孔速度の変換解析システムを開発した²⁾。ノンコア削孔測定ではフィード圧は常に変動しているが、仮にフィード圧を一定に出来た場合、それに対応する仮想の削孔速度（換算削孔速度と呼ぶ）により、フィード圧の変動影響を除去した条件で地山の評価が可能となるはずである。このシステムでは、現場での削孔データから削孔速度～フィード圧の相関を抽出し、換算削孔速度を求め、換算削孔速度を正規化・無次元化した新しいパラメーター「正規化削孔速度比」を定義した。ここでは、従来の削孔速度や打撃エネルギーに代えて、この「正規化削孔速度比」を利用して地山評価を行った。

2. トンネル地山の概要と地質状況

検討対象は、国道 421 号線石樽峠道路石樽トンネル (L=4,157m) である。トンネル地山は、鈴鹿山脈を構成する、鈴鹿花崗岩と呼ばれる白亜紀後期の黒雲母花崗岩からなる。顕著な弱層としては、断層破碎帯・カタクラサイト（固結断層帯）・割れ目卓越帯がある。前方探査は、主に DI などの弱層区間を対象に、1 回あたりの前方探査距離を約 30m とし、合計 18 回実施した。主な前方探査結果ならびに検証結果を以下に述べる。

3. 正規化削孔速度比による前方探査と地山評価

(1) 小土被り断層破碎帯の DI 区間の確認

該当区間における四回の前方探査結果を図-1 にまとめた。正規化削孔速度比が大きくなるほど地山は悪くなるので、図中の区間③、⑤をピークとして、区間②～⑦で地山が悪いと判断した。当初設計の支保パターンは、距離 307.0m で CII から DI へ、357.0m で DI から CII へと変更されている。この変更点は、前方探査における区間①/②の境界（距離 303.5m）および⑦/⑧の境界（距離 352.0m）にほぼ対応する。以上から、小土被り（18m）および断層破碎帯の DI 区間はほぼ当初設計通りと判断した。以上の前方探査を切羽観察結果により検証すると、

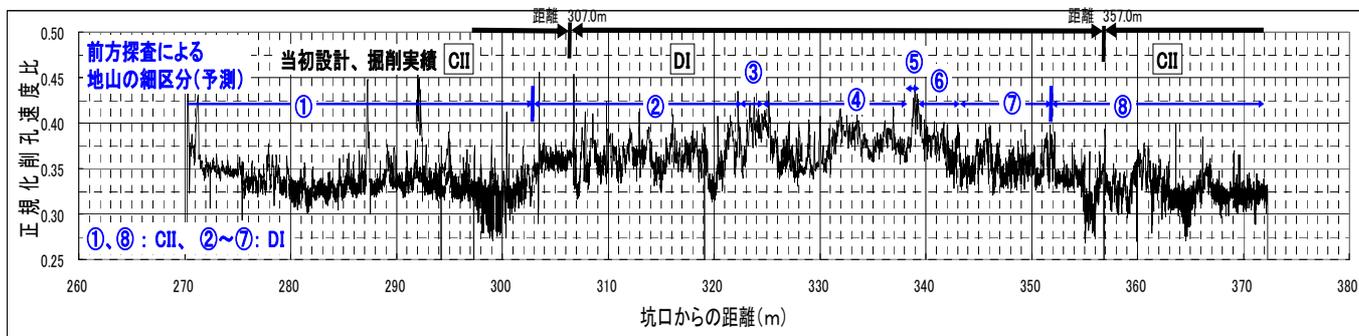


図-1 小土被り断層破碎帯の DI 区間における前方探査結果

キーワード：山岳トンネル, トンネル地山, 切羽前方探査, ノンコア削孔, 正規化削孔速度比, 花崗岩

〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所 地盤技術研究部 TEL 042-495-0915
 〒511-0263 三重県いなべ市大安町丹生川久下 1882 石樽トンネル工事 大林組・飛鳥建設共同企業体 TEL 0594-88-1555
 〒520-0803 滋賀県大津市竜が丘 4 番 5 号 国土交通省 近畿地方整備局 滋賀国道事務所 TEL 077-523-1741

1) 区間①では風化に伴う褐色化, 大きな割れ目間隔, 2) 区間②~⑦では風化に伴う著しい褐色化, 微小亀裂が非常に多く, 開口亀裂に沿った肌落ちが生じるために早期吹付けが不可欠, 3) 区間⑧では風化部減少, 硬質部分の増加, 亀裂減少が認められ, 正規化削孔速度比の増減と切羽地質状況は整合していることが確認できた.

(2) 断層破碎帯隣接区間の劣化予測と支保パターンの変更

当初設計では, 距離 682.0m から最も長い区間の断層破碎帯 (DI, 195m) が予想されていたが, 手前の区間は比較的良好な地山が想定されており, 622.5m で CII から CI へと変更されていた. しかし, 前方探査の結果によると当初設計とは逆に, 図-2 中の矢印で示すように正規化削孔速度比の増加が認められ, 地山が徐々に悪化していると判断し, 622.5m 以降も CII パターンを継続した. 切羽観察結果等から, 正規化削孔速度比の増加は, 1) 割れ目間隔が大きい, 2) 割れ目間隔が小さくなり, 亀裂面に粘土発達, 多数の微小亀裂の発達, 3) 粘土増加, 砂状土砂化, ハンマー打撃や発破により砂状に碎ける, 一軸圧縮強度が 5MPa, 切羽面の剥落等の, 地山の段階的变化に対応している. 区間①~③は 1),2)からなるので CII に, 区間④は 3)からなるので DI に相当すると判断出来る.

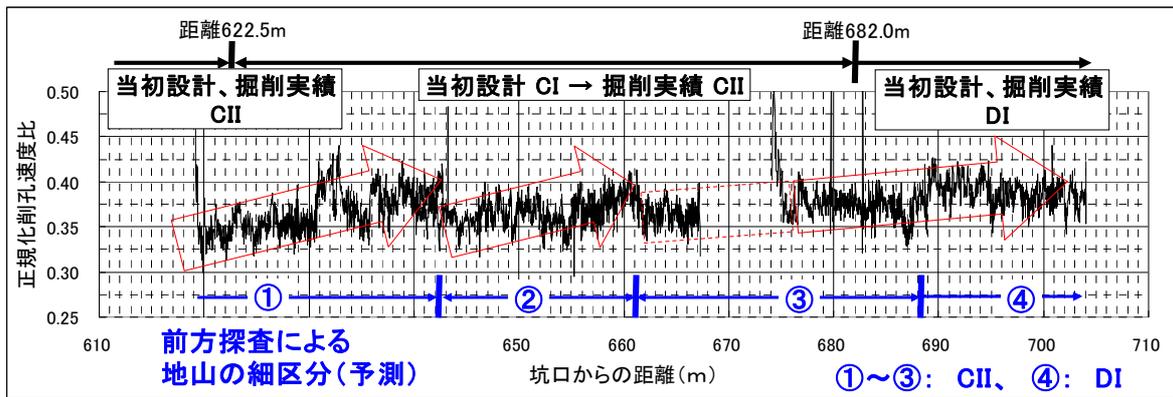


図-2 断層破碎帯隣接区間の前方探査結果

(3) 切羽 2 孔の前方探査による不良地山区間の確認

切羽の左右 2 箇所で行った削孔データから, 距離 1189m~1195m において不良地山 (破碎帯, 割れ目卓越帯) が予測された (図-3). 前方探査では, 全体としては CII であるが (区間①, ③), 1192m 付近 (区間②) は DI と予想した結果, 切羽観察でも顕著な弱層・湧水・小規模崩落が確認できた. 施工実績としては探査全区間を CII (当初 CI) としたが, 1181m~1197m では切羽天端の崩落を防止するためにフォアポーリングを施工した.

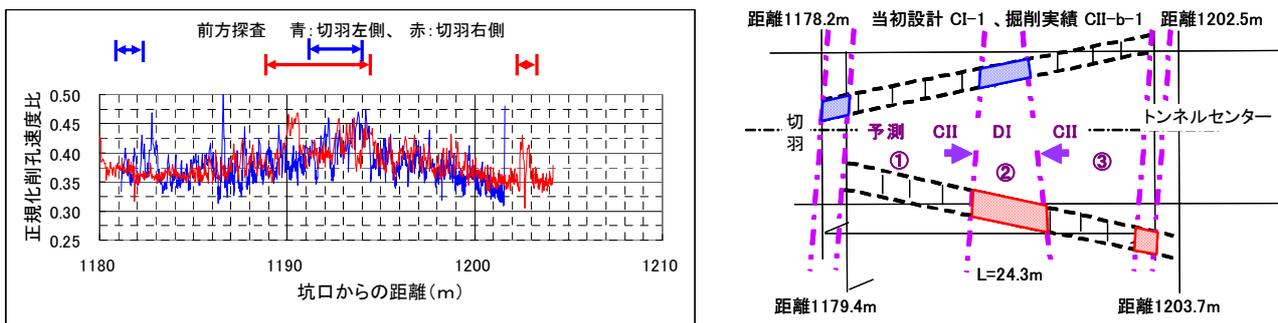


図-3 2 孔の削孔データによる前方探査結果と不良地山区間の地質平面図

4. まとめ

削孔速度を基本とした新しいパラメーター「正規化削孔速度比」を用いて切羽前方探査を行った. 探査結果は切羽観察結果とも整合し, 地山分類や支保パターン確認のための本解析システムの有効性を確認した.

参考文献 1) 稲川, 畑, 桑原, 中岡: 土木学会トンネル工学委員会, トンネル工学報告集第 16 巻, pp.107 - 112, 2006. 2) 桑原, 畑, 稲川, 平川: 土木学会トンネル工学委員会, トンネル工学論文集第 18 巻, pp.1 - 10, 2008.