

トンネル周辺削孔情報を利用した切羽前方探査の精度向上技術

清水建設（株）正会員 ○尾田 健太郎，金岡 幹，小島 英郷，藤野 晃
 （独）鉄道建設・運輸施設整備支援機構 福山 拓郎

1. はじめに

山岳トンネルの施工において切羽前方の地山状況を把握するために、油圧式削岩機を用いた削孔検層の適用事例が増えている。筆者らは、この調査手法を利用した施工中の日常情報を利用することによる、トンネル周辺の掘削影響領域と切羽前方の地山状況を簡易かつ定量的に推定・視覚確認すること、および切羽前方の地山状況把握の精度向上を目指している。今回は切羽前方の削孔検層とロックボルト削孔時に計測した削孔検層データ、さらに地質情報の相関性を調べた。その結果を報告する。

2. 削孔情報評価システム

本技術は、削孔検層装置とデータ取得確認システムから構成されている。油圧式削岩機から削孔データを取得する削孔検層装置には DRISS（Drilling Survey System）を使用している。これによる地質評価には、油圧式削岩機の打撃エネルギーと打撃数を乗じたものを削孔速度と削孔断面積で除した削孔エネルギーを用いている。一般にこの方法は、多数の適用事例により硬軟の違いが明瞭である地山に対しては、十分有効であることが認められている^{1), 2)}。

著者らは削孔情報と地質情報を一目で確認できるデータ取得確認システムを開発した。ロックボルト削孔時に得られた地山の削孔エネルギーはロックボルトの位置情報とともに、坑内無線 LAN を介してサーバーPC に自動転送される。これを切羽観察評価シートとおなじプラットフォーム上で情報表示し、切羽の地質状況とトンネル壁面の軸方向に連続な地質状況、削孔エネルギー分布状況が一目で確認できるシステムである。

3. 堆積岩層での事例

本システムを用いて、九州新幹線（西九州）、木場トンネル他工事（延長 3,188m）の武雄温泉起点 36k626.4m ～36k506.4m で検証を行った。対象となる掘削区間の地質は、火山円礫岩を含む粘性土層や砂礫層がほぼ水平に近い状態で積層構造を成し、事前調査での一軸圧縮強さは、基質 10MPa、礫 80MPa 程度である。システムの検証区間の地質は火山円礫岩が切羽全面に分布していたもの（図 1）が徐々に粘性土層の割合が増し、36k596.4m を境に粘性土層へと変化している。36k588.0m 地点以降は切羽全面が粘性土層となっている（図 2）。さらに 36k506.4m から天端部に再び火山円礫岩が現れ（図 3）、その後、火山円礫岩は SL 付近まで下がっている（図 4）。

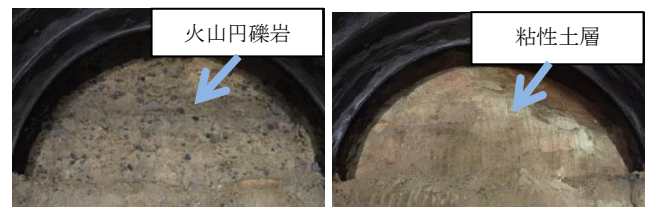


図 1 切羽写真(36km604.8m) 図 2 切羽写真(36km588.0m)



図 3 切羽写真(36km506.4m) 図 4 切羽写真(36km484.8m)

切羽前方の削孔検層とロックボルト削孔検層の削孔結果を比較したものを図 5 に示す。切羽前方の削孔検層は、径 $\phi 64\text{mm}$ のビットで 3m ロッドの繋ぎ合わせにより深度 36m までを削孔する。一方で、ロックボルト削孔については、径 $\phi 45\text{mm}$ のビットと 3m ロッドで削孔している。これら探査深度やビット径の違い、地山硬軟に対する削孔オペレーションのばらつきは、探査精度の低下につながるとの報告もあることから^{3), 4), 5)}、それぞれに補正を行った。

キーワード 削孔検層，削孔エネルギー，前方探査，ロックボルト削孔，定量的評価，視覚確認

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 16-1 TEL. 03-3561-3891 FAX. 03-3561-8672

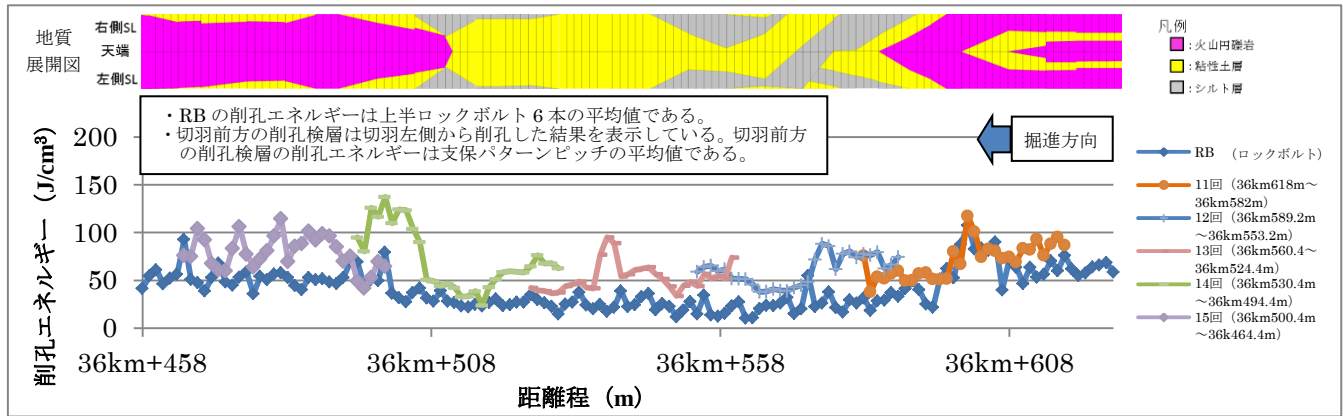


図5 削孔エネルギー分布

切羽前方の削孔検層は第11回～第15回(36k618m～36k464.4m)の5回分を表示している。第11回(36k618m～582m)の削孔検層時では、削孔深度が深くなるにつれ削孔エネルギー値が低下した。これは地質が火山円礫岩から粘性土層に変化したことによるものと考えられる。第12, 13回(36k589.2m～36k553.2m, 36k560.4m～36k524.4m)では削孔深度に関係なくエネルギー値が低く、ばらつきも小さかった。これは粘性土層が切羽全面に均質に分布していたためと考えられる。第14回(36k530.4m～36k494.4m)には削孔深度が36k506.4m以降から削孔エネルギーが急激に増加した。これは36k506.4m地点で天端部の地質が粘性土層から火山円礫岩に変化したことによるものと考えられる。このことから切羽前方の削孔検層の削孔エネルギー値は切羽前方の地質変化を把握できていることが分かった。

これに対し、ロックボルト削孔の削孔エネルギーは36k506.4m以降で徐々に増加しており、第14回で削孔エネルギーが急激に増加した切羽前方の削孔検層に比べ、削孔エネルギーの変化がより緩やかとなっている。この区間の地質は粘性土層から火山円礫岩に徐々に変化していることから、ロックボルト削孔の削孔エネルギーの方が、切羽の天端部からSL付近まで火山円礫岩が徐々に下がるという地質変化状況をより正確に把握できると考えている。

これらの削孔結果と地質展開図をデータ取得確認システムにおいて描画したものを図6に示す。このシステムを用いて切羽前方の地質を予測する削孔エネルギーと既掘削区間の地質状況を一目で確認することにより、より精度の高い地山予測や日常の施工管理に活用することができる。

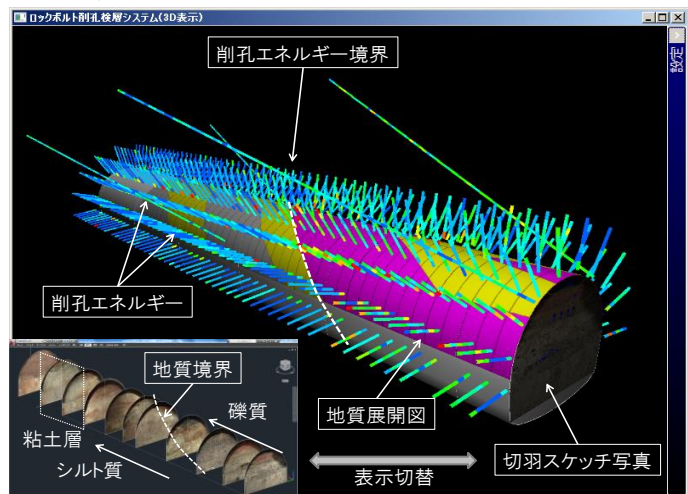


図6 データ取得確認システム

5. おわりに

従来、削孔検層を用いて支保パターンを定める場合、基本となる切羽観察結果に基づく評点にその断面での削孔検層結果を加えるのみで、削孔検層から得られるトンネル延長方向における地質の変化状況を反映することは困難であった。しかし本システムを用いてロックボルトから得られる削孔エネルギー分布を加えた削孔検層結果を三次元的に捉えることにより、トンネル周辺の地質状況を幾何学的および経時的に評価することができるため、切羽前方探査の簡易利用と精度向上につながると考えている。

参考文献

- 1) 井上, 山本, 楠本: 低強度帯水地山トンネルにおける先進ボーリング効果; 土木学会第69回年次学術講演会
- 2) 引間, 平野, 山下, 石山, 丹野, 真田, 佐藤: 掘削体積比エネルギーを用いた原位置岩盤物性評価に関する研究; JAEA-Research 2013-040
- 3) 山下, 石山, 福井, 大久保: さく孔探査における探査深度の影響除去に関する検討; 土木学会第65回年次学術講演会
- 4) 山下, 平野, 石井, 塚田, 福井, 大久保: 油圧さく岩機の体積比エネルギーを用いた坑道周辺岩盤の特性評価に関する研究; 土木学会第66回年次学術講演会
- 5) 玉井, 田湯, 浅岡, 桑高, 野田: 切羽前方探り削孔を用いた効率的なトンネル施工事例; 平成18年度土木学会中部支部研究発表会