

削孔検層システムを用いたトンネル周辺地山評価

三井住友建設 正会員 ○山田文孝 古賀隆三 山本信幸

1. はじめに

近年情報化施工技術の発展は目覚しく、山岳トンネル施工現場においても各種情報機器が導入されつつある。その一環として、油圧削岩機の作動状況から地質性状を推定する削孔検層装置が開発されている。

山岳トンネルでは切羽前方の地山性状を確認するために切羽前方探査を行なうことがあり、削孔検層装置も切羽前方探査に利用されている。いっぽう油圧削岩機はロックボルト孔や発破孔の削孔に日常的に利用されており、これらの削孔データを利用することができればトンネル周辺の地山性状をトータルに評価し設計・施工にフィードバックすることが可能となる。

筆者らは、あらゆる削孔データを用いて切羽前方のみならずトンネル周辺地山も含めた地山性状の評価が可能な削孔検層システムを開発、実トンネル施工に本格的に導入してシステムのその実用性と信頼性を検証した。

2. 削孔検層システムの概要

今回開発したシステムでは、切羽前方探査に加えてロックボルト孔・発破孔といった施工サイクルに組み込まれた削孔のデータ（以下日常削孔データと呼ぶ）を利用することで、切羽前方地山性状の定量的な予測、既施工区間の地山安定評価、支保パターン判定の支援を行なうこととする。

膨大な量の日常削孔データを効率的に処理するためには、システム全体の自動化を可能な限り進める必要がある。図-1に示すシステムを開発した。記録するデータは油圧削岩機の打撃圧・回転圧・フィード圧・フィード長で、ドリルジャンボ搭載のデータロガーで記録する。記録開始/停止のタイミングは搭載油圧モータのオン/オフに連動するため、作業員の操作は必要ない。記録データは無線 LAN アクセスポイントからトンネル坑内に構築した無線 LAN 網を通じて現場事務所のデータサーバーへ転送される。現場事務所では生データから必要部分を切り出し、削孔データベースへ登録する。切り出し・登録作業は一日 15 分程度の作業となる。

評価指標として、岩盤の硬軟の指標である削孔エネルギーと亀裂の発達度合いを表すトルク抵抗を用いた。

$$\text{削孔エネルギー} = \frac{\text{単位時間あたりの打撃エネルギー}}{\text{単位時間あたりの破壊体積}}$$

$$\text{トルク抵抗} = \frac{\text{回転圧}}{\text{フィード圧}}$$

3. ロックボルト孔削孔データによる周辺地山評価

当削孔検層システムを、東九州自動車道津久見トンネル工事（延長 1085m）に導入した。地質は秩父帯の付加体であり、砂岩・粘板岩・チャート・石灰岩から構成される。前半は数m～十数m大のチャート・砂岩・石灰岩ブロックを含む混在岩、後半は砂岩頁岩互層が主体であった。トンネル坑口付近では大規模な断層破碎帯に遭遇した。図-2はトンネル前半の 120m 区間におけるロックボルト孔削孔データより求めた削孔エネルギー分布である。破碎を受けた粘板岩（青）と硬質ブロック（緑～赤）の分布が明瞭に示されている。

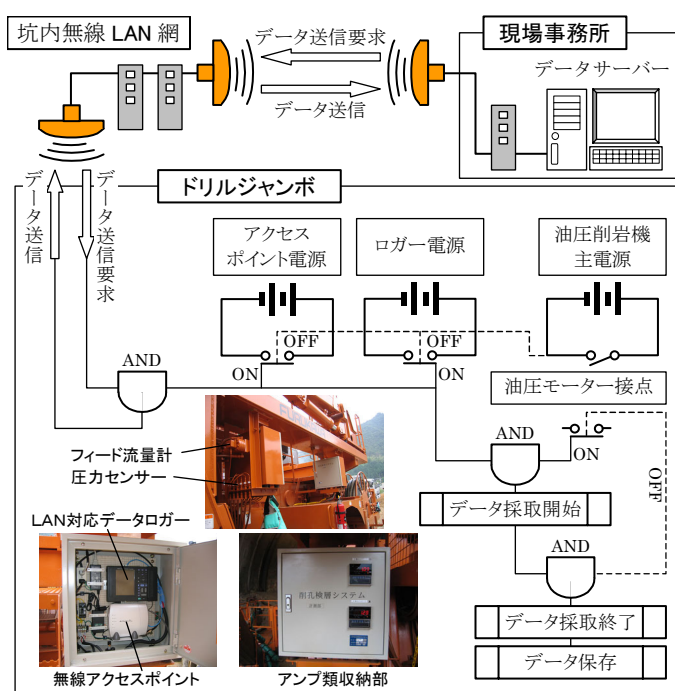


図-1 削孔検層システム構成図

キーワード 削孔検層、支保パターン、前方探査、自動化

連絡先 〒164-0011 東京都中野区中央 1-38-1 三井住友建設株式会社土木技術部 TEL 03-5337-2132

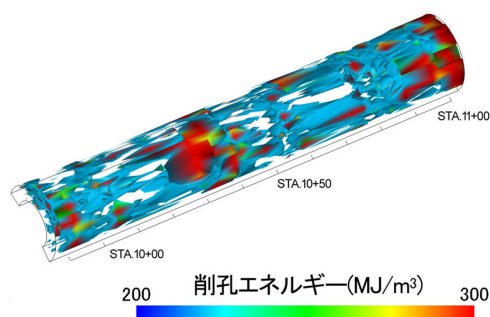


図-2 トンネル周辺地山の評価

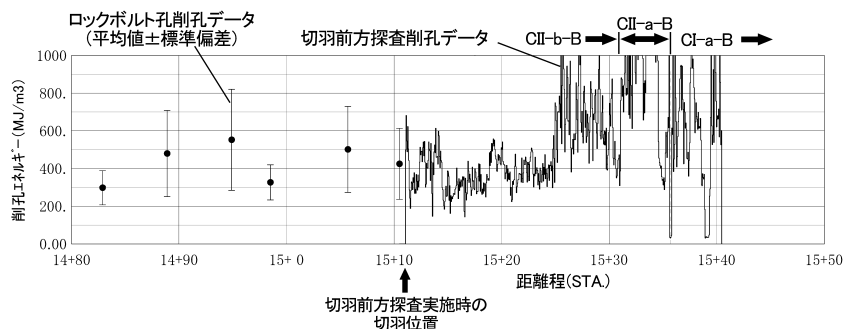


図-3 切羽前方探索の例

4. 切羽前方探索

図-3は、STA.15+10.5 において実施した前方探索結果である。STA.15+25 付近までは既施工区間と同等の削孔エネルギー（約 400MJ/m³）が続くが、以降で急激に増大し 400～800MJ/m³で大きく変動するようになる。この位置で地質が変化すると予想し、CII-b から CI-a へのパターン変更を計画した。実際の切羽状況も予想とほぼ一致したため、CII-a(STA.15+31～)、CI-a(STA.15+36～)とパターン変更を行なった。

5. 施工パターンとの対比

津久見トンネルでは全線で削孔検層を実施した。図-4に切羽評価点と削孔エネルギーの縦断分布を、図-5に両者の関係を示す。当該トンネルでは両者の間にきわめて強い相関関係が認められた。また施工パターンとの対応も良好であった。

①STA.11 付近までの断層破碎帯影響区間、②STA.15+50 付近までの混在岩分布域、③それ以降の砂岩頁岩互層分布域でそれぞれ特徴的なグラフ形状が得られている。①では削孔エネルギーが 200MJ/m³程度で一定している。パターンはDI。②では 400～500 MJ/m³で若干の上下変動がある。パターンはCII-b 主体。③では互層の影響と考えられる振幅 30m～50m の上下動が確認される。パターンはCII-b～CI-a。

削孔エネルギーは地山の硬軟を表すと考えられ、地山の総合的な評価指標である切羽評価点とは必ずしも一致しない。しかし両者の相関関係、施工パターンとの対応が良好であるという事実は重要であり、切羽前方探索の削孔エネルギーと対比して定量的かつ施工パターンと直結する前方地山評価が可能となる。

6. おわりに

日常の削孔データを利用することで、削孔検層の利用価値が増大することが確認できた。

現在他の3本のトンネルにおいて同様の削孔検層を実施している。今後は基礎データを蓄積するとともに、対象地質を拡大していきたい。

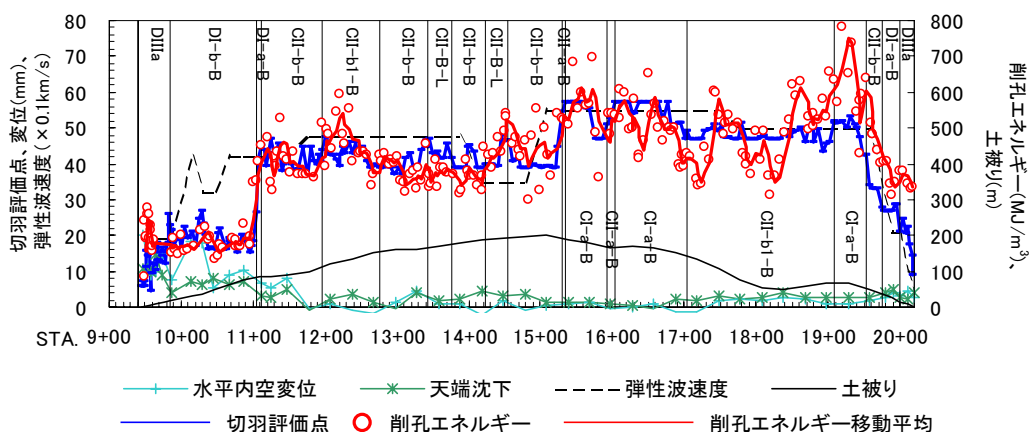


図-4 削孔エネルギーと実施パターンの関係

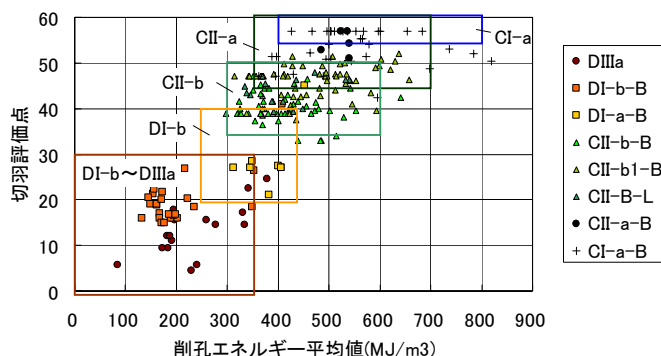


図-5 削孔エネルギーと実施パターンの関係