

コンピュータジャンボの削孔データと側壁展開写真による3次元地質構造評価

大成建設株式会社 東北支店 正会員 ○宮本真吾, 福原俊一
大成建設株式会社 技術センター 正会員 古賀快尚, 山上順民, 谷卓也

1. はじめに

山岳トンネルの施工では、作業中の安全確保や最適な支保選定のために、坑内変位計測の他、切羽近傍の地質構造を把握しながら掘削が進められる。切羽近傍の地質構造を把握する手法としては、人が目視でチェックする切羽観察があり、切羽の安定性や圧縮強度、亀裂の密度、湧水量などを観察項目としている。しかしながら、変状や崩落の原因となるトンネル背面の地質を直接評価できないことや、日々の観察結果を取りまとめて3次元的に図化することが少なく、掘削作業に関わる関係者が地質構造のイメージを共有することが難しい。そこで、筆者らは切羽近傍の3次元的な地質構造を迅速に評価し、作業員も含めた関係者間で可視化した地質構造を共有できる、施工支援システムの開発を進めてきた¹⁾。本稿ではこのシステムの概要と、掘削中の山岳トンネル現場で運用して、切羽近傍の3次元的な地質構造を把握した事例を報告する。

2. 施工支援システムの概要

図-1 に施工支援システムの概要を示す。本システムは、ドリルジャンボの削孔データを取得・分析する機能と、トンネル側壁画像の展開写真を作成する機能で構成される。削孔データは、ドリルジャンボの油圧経路の計測値(フィード圧, 打撃圧, 回転圧)と削孔速度を指し、装薬孔やロックボルト孔の削孔時に自動取得される。この削孔データをもとに算出される削孔エネルギーは、一軸圧縮強さと正の相関があるとされ²⁾、地質の硬軟の目安となる。このシステムでは、施工中に取得された削孔エネルギーについて岩級別に整理・分析を行って閾値を定め、トンネル背面や切羽前方の目視できない箇所の岩級を評価する。一方、トンネル側壁写真については、切羽から離れた箇所まで360°カメラを用いて撮影し、撮影した写真を掘削方向に並べて側壁展開写真を作成する。最後に、PC内でモデル化された3次元のトンネルに、切羽写真・側壁展開写真および削孔エネルギーを合わせて表示し、写真から判定できる地質状況と削孔エネルギーから得られる情報の整合性を確認し、掘削方向に補間することで3次元的に地質構造を評価する。(特許出願済)

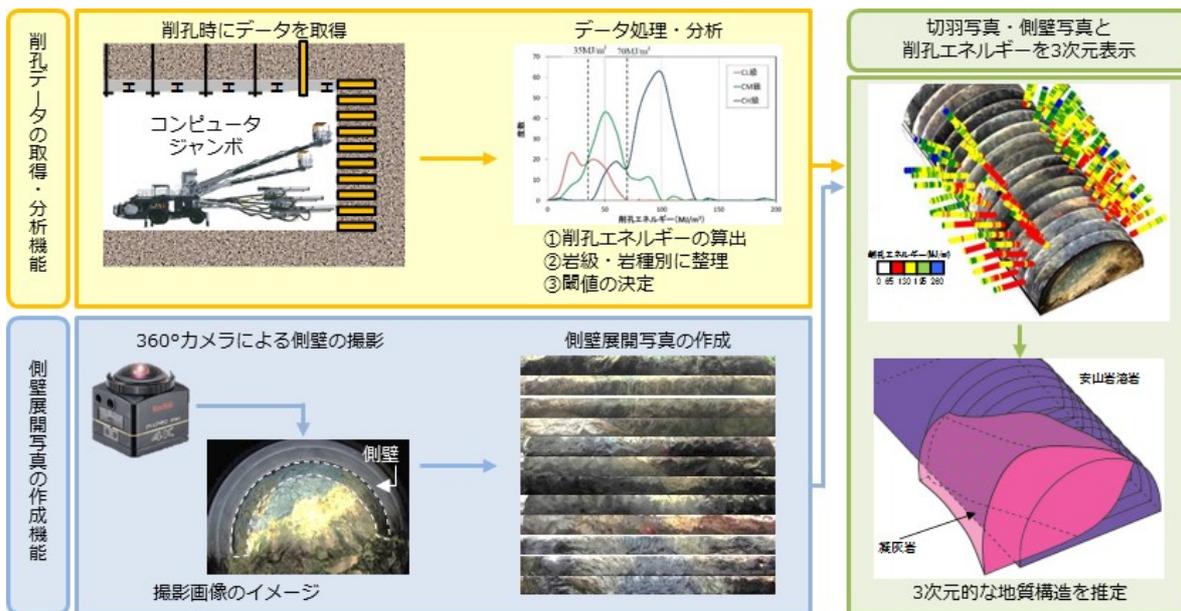


図-1 施工支援システムの概要¹⁾に加筆・修正

キーワード 山岳トンネル, コンピュータジャンボ, 地質構造, 情報化施工

連絡先 〒028-2304 岩手県宮古市箱石第6地割130番地1 TEL0193-77-5653

〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町344-1 TEL045-814-7217

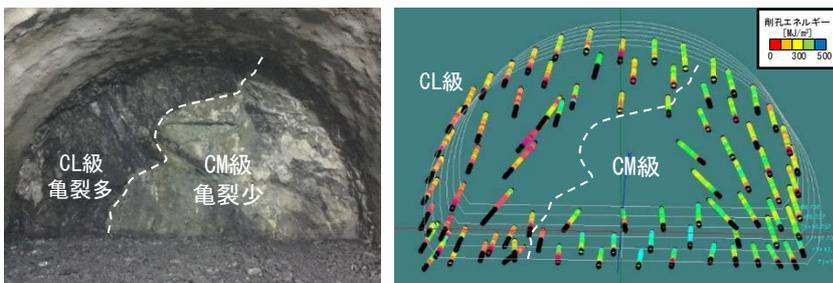


図-2 試験区間における切羽写真と削孔エネルギー分布 (TD:769.7m地点)

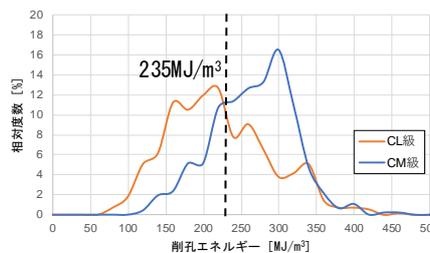


図-3 試験区間における削孔エネルギーの頻度分布

3. 試験運用の概要と地質構造評価結果

開発した施工支援システムを、掘削中の山岳トンネル現場にて試験運用した。試験運用を行ったトンネルの地質は、主として北部北上帯に属する中生代ジュラ紀の粘板岩で構成され、実験区間の掘削ずりの点載荷試験結果から推定した一軸圧縮強さは、破碎されて亀裂の多い箇所では20~30MPa、亀裂が少ない箇所では80MPa弱であった。

図-2 に試験区間における代表的な切羽写真と削孔エネルギー分布を示す。図-2 より破碎されて亀裂が多い箇所と亀裂が少ない箇所では削孔エネルギーに相対的に差が見られる。そこで前者を CL 級、後者を CM 級とし、岩級別に整理した。図-3 に試験区間の削孔エネルギー頻度分布を示す。その結果、CL 級は 160~220 MJ/m³、CM 級は 250~320 MJ/m³ 前後に多く分布していることが分かった。本稿では、この頻度分布が交差する 235 MJ/m³ を閾値として、トンネル背面の岩級判定を行った。図-4 に試験区間の側壁展開写真、図-5 に切羽写真・側壁写真と削孔エネルギーの3次元表示を示す。図中の水色が CL 級、赤色が CM 級に相当する。図-4 の側壁展開写真から TD747.9m~761.4m の区間において、天端から左肩にかけて亀裂が多い CL 級が分布していることが確認できる。また図-5 の削孔エネルギーの分布から、トンネル背面ではロックボルト孔の削孔長相当である 3m の範囲に分布していることが分かる。この場合、天端から左肩にかけて相対的に低い岩級が分布しており、この情報を活用することで対策工の選定や対策範囲を検討することができる。このように切羽写真・側壁写真・削孔エネルギーなど施工時に取得したデータを3次元のモデル上に表示することで、3次元的な地質構造を把握しやすくなり、作業員も含めた関係者間で共有した地質構造のイメージをもとに、安全かつ合理的な施工を行うことができる。

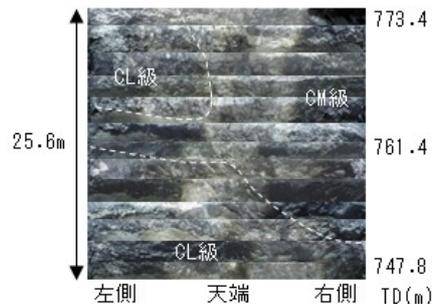


図-4 試験区間の側壁展開写真

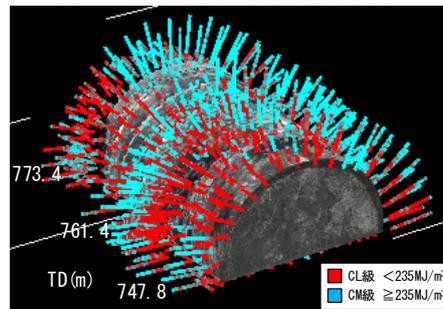


図-5 切羽写真・側壁写真と削孔エネルギーの3次元表示

4. まとめ

コンピュータジャンボの削孔データと切羽写真・側壁展開写真を組み合わせた施工支援システムを開発し、トンネル背面を含めた切羽近傍の地質構造を3次元的に評価できることを示した。本システムは削孔完了後、数分で結果を確認することが可能であり、現場では作業交代の申し送り時に、日々変化する切羽近傍の地質構造のイメージを共有するツールとして活用できる。また、トンネル供用後の維持管理時に変状が発生した場合、掘削中に評価した地質構造や取得データを確認できることから、対策工の検討に活用することができる。今後は、山岳トンネルにおける情報化施工の主要ツールの一つとして、普及展開していきたい。

参考文献

1)古賀快尚, 市来孝志, 山上順民, 谷卓也: 削孔データと地質展開写真の組合せによる簡易かつ高精度な3次元地山評価, 大成建設技術センター報, No.50, 2017.
 2)西松裕一: 掘削方法とその評価方法について, 日本鉱業会, 昭和47年度秋季大会分科講演会資料, 1972.