

# ドリルジャンボの削孔データを使用した 3 次元地山評価システムの開発

西松建設 正会員 ○山下 雅之

西松建設 正会員 三井 善孝

ジオマシンエンジニアリング

塚田 純一

## 1. はじめに

山岳トンネルの掘削では、切羽周辺やその前方の地山性状を定量的に把握することが最適支保を迅速に適用する上で非常に重要である。その手法の一つとしてドリルジャンボの削孔データの利用が古くから注目されており、主に切羽前方探査法（削孔検層）としての開発・適用が進んできた。しかし、削孔検層では1本もしくは数本の長尺削孔データを用いて切羽前方の地山性状を把握することに重点が置かれており、切羽およびその近傍の地山性状を詳細に評価するまでには至っていない。

近年、コンピュータ制御のドリルジャンボの普及が進んでおり、装薬孔・ロックボルト孔といった施工時の削孔位置・角度が容易に入手可能となってきた。今回このような技術を利用し、施工時に得られる大量の削孔データを処理・解析して切羽近傍の地山性状を定量的に3次元評価可能なシステム「DRISS-3D」を開発した。

## 2. システムの概要

本システムは、図-1に示すように坑内においてドリルジャンボのすべての削孔データを計測する『計測システム』、得られたデータを専用ソフトで処理する『解析・評価システム』で構成されている。

### (1) 計測システム

計測システムは、削孔位置・角度情報の取得が容易なコンピュータジャンボの使用を基本として構築されている。図-2のように計測装置はドリルジャンボ本体に常設され、施工時もしくは削孔検層時における各種作動油圧、削孔距離、孔口位置および削孔角度が収録される。また、同時に穿孔エネルギーも計算され、これらの削孔位置や値はリアルタイムで装置内のモニタに表示される（図-1上段、図-2参照）。

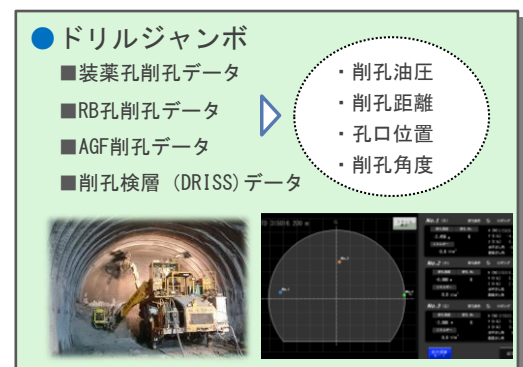
計測データはファイル転送システムにより坑外（現場詰所）の専用パソコンに送信され、リモートコントロールソフトを使用して技術研究所などの遠隔地にも送られる。また、本システムを用いてドリルジャンボの稼働状況を遠隔地においてリアルタイムにモニタリングすることも可能となっている。

### (2) 解析・評価システム

計測システムで得られたデータは専用ソフトで処理・解析され、最終的に図-3に示すような穿孔エネルギーや岩盤強度（独自式による算出）といった地山評価指標の3次元分布図が出力される。また、任意断面における2次元表示も可能であり、地質縦断面図や平面図、切羽観察記録（切羽写真）との比較も容易となっている。

データ処理・解析は次頁①～⑦に示すような手順で進められるが、1切羽分の施工データの3次元処理・解析に要する時間は概ね数分程度であり、施工サイクルの中で3次元地山評価を連続的に行うことができる。

### ★計測システム（トンネル坑内）



### ★解析・評価システム（現場事務所）

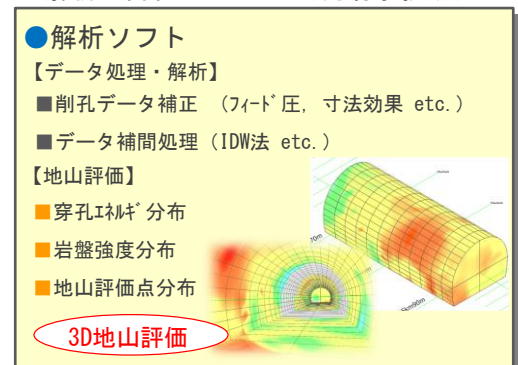


図-1 システムの概要

キーワード ドリルジャンボ、削孔データ、3次元、地山評価

連絡先 〒105-0004 東京都港区新橋6丁目17-21 西松建設(株) 技術研究所 TEL 03-3502-0279

- ① 計測データ読み込み（ドリルジャンボの全ブーム）
- ② 計測データから実削孔データを抽出
- ③ 地山評価指標（穿孔エネルギー、岩盤強度）算出
- ④ データ補正（フィード圧補正、寸法効果補正 etc.）
- ⑤ 削孔データ可視化（3次元 DRISS View 表示）
- ⑥ データ補間（IDW 法ほか）
- ⑦ 3次元（2次元）表示・評価

上記処理において、手順④でビット径の違い（寸法効果）やフィード圧の差が穿孔エネルギーに与える影響を補正することにより、様々な条件下で実施する施工時の装薬孔・ロックボルト孔削孔や AGF 鋼管打設、削孔検層等の削孔データを一括して解析・評価することが可能となっている。

### 3. 現場への試験適用

本システムの有用性を確認するため、コンピュータジャンボの導入トンネルにおいて試験適用を実施した。適用トンネルには凝灰質砂岩や凝灰角礫岩が分布しており、原位置試験で求めた一軸圧縮強さは 10～20MPa 程度であった。施工時に実施した切羽前方探査（削孔検層）で得られた穿孔エネルギーも、軟岩の目安である 100J/cm<sup>3</sup> 前後の値を示していた。

図-4 に装薬孔およびロックボルト孔の削孔データから求めた 20m 区間の穿孔エネルギー3次元分布図を例示する。図中でとくに赤色（暖色系）で示された領域がより脆弱な地山を示しているが、SL 平面や CL 縦断面上においてその分布域の方向性（走向・傾斜）を比較的良好に確認することができている。図-5 は切羽鏡面の穿孔エネルギー2次元分布を求めた例であるが、このように切羽で観察されたより脆弱な地山の分布域と穿孔エネルギーの低下領域（暖色領域）が概ね一致している状況も確認された。

また、システム導入当初には自動計測データの欠損やデータ転送の不具合等も発生したが、コンピュータジャンボも含めた計測システムの改良を重ねることにより、施工データの自動取得が安定して実施できるようになった。

### 4. おわりに

今回、施工時におけるドリルジャンボの削孔データを用いて、切羽およびその周辺の地山性状を連続的に3次元評価が可能な技術を開発した。さらに現在、通常のドリルジャンボでも本システムが使用可能となるよう、ステレオ撮影画像を用いた削孔位置・角度計測システム（削孔位置簡易計測システム）の開発も進めている。今後も現場適用を継続し、必要なシステム改良を適宜実施する予定である。

### 謝 辞

本システムの開発および現場適用にあたり、(株)地層科学研究所、古河ロックドリル(株)およびマック(株)の皆様に多大なご協力をいただいた。ここに、厚く御礼申し上げます。



図-2 計測システム

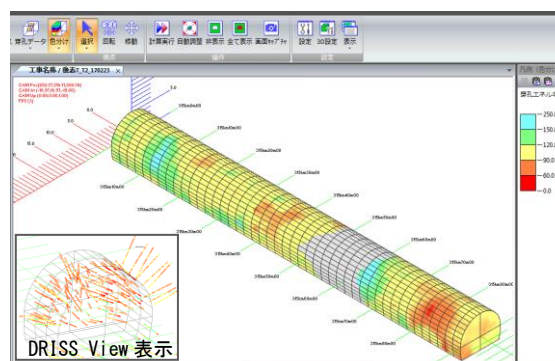


図-3 専用ソフトによる解析例

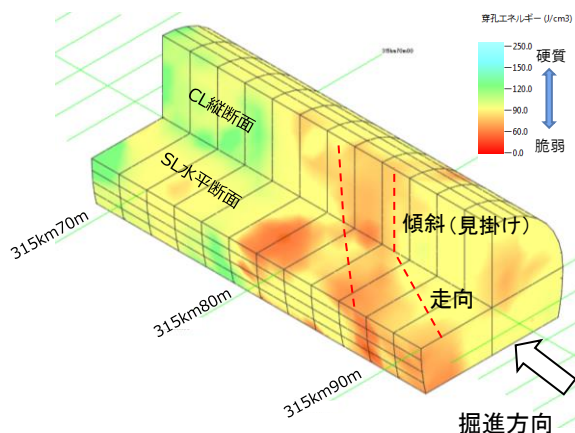


図-4 水平・縦断面による地山評価例

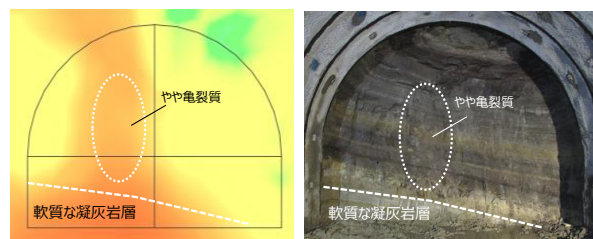


図-5 切羽観察結果と解析結果の比較例