

## 削孔データによる地山評価システムの試行

佐藤工業(株) 正○畑井遼太郎\*1, 石井誠\*1, 平山保彦\*1, 辻本剛士\*1

### 1. はじめに

尾鷲北トンネル工事は、三重県の紀勢自動車道尾鷲南 I C (インターチェンジ) から 5.4 キロ延長し、尾鷲北 I C とつなぐ計画の内、最初のトンネル工事である。トンネルの総延長は 718m で、災害に強い道路機能の確保、救急医療活動の支援等を目的として施工する。本工事では古河ロックドリル製の最新型ドリルジャンボを採用しており、この機種は、削孔支援システム(マシンガイダンス)と削孔エネルギーによる地山評価システムを搭載している。

本工事においてトンネル CIM 活用による施工の効率化および安全性向上を目的として、「削孔エネルギーによる地山評価システム」の試行を実施した。

### 2. 地山評価システム概要

地山評価システムを搭載したドリルジャンボで削孔を開始すると、ドリフトにかかる各動作圧や削孔速度などのパラメータを自動的に記録する。記録したパラメータを用いて図-3 に記載の式にて削孔エネルギーを算出する。式にある打撃エネルギーとはドリフトに発生したエネルギーである。通常、削岩機で発生したドリフトエネルギーはすべてが岩盤に伝達せず、損失が発生する。エネルギー損失は打撃力に見合うフィード(押付力)圧のバランスによって増減し、フィード圧が不足するとエネルギー損失分も増加する。従来のシステムでは、得られたドリフトエネルギーをそのまま削孔エネルギーとして評価していたが、今回用いた新しい地山評価システムでは、削岩機試験データをもとにした伝達効率を計算式に組み込むことにより正味に岩盤に伝わる削孔エネルギーを求めることができる。

算出した削孔エネルギーデータを専用ソフトで 3D 表示することにより、切羽直近の性状分析、前方探査データによる地山予測に加え、穿孔切羽の安全管理や発破パターンの改善に活用できる。さらに、これらのデータは無線 LAN により外部に送信し、共有化することができる。

実際に地山評価システムを使用する場合、ドリルジャンボに取り付けられたモニターにて削孔エネルギーをリアルタイムで確認できる(図-1)。また、その削孔エネルギーを元にした 3D 表示をノート PC を用いることでその場でも確認することができる(図-2)。



図-1 モニタリング状況



図-2 削孔エネルギーの3次元化

#### ■削孔エネルギー

$$\text{削孔エネルギー } E_d (\text{J/cm}^3) = \frac{\text{打撃エネルギー } E_p (\text{J}) \times \text{打撃数 } N_p (\text{bqm}) \times \text{伝達効率 } T (\%)}{\text{削孔速度 } V_d (\text{cm/min}) \times \text{孔断面積 } S (\text{cm}^2)}$$

#### 伝達効率 T (%)

$$= \text{フィード圧で決まるビット面の伝達効率 } T_b (\%) \times \text{ロッド, スリーブの継ぎ数で決まる伝達効率 } T_r (\%)$$

図-3 削孔エネルギー算出式

キーワード 地山評価システム, 削孔エネルギー, トンネル CIM, ドリルジャンボ

連絡先 \*1 〒541-0041 大阪府大阪市中央区北浜 1-1-6 TEL 06-6203-7221 FAX 06-6227-5891

### 3. 削孔エネルギーによる岩盤評価

CIIからCIへの変化点における岩判定の判断材料として活用した事例について示す。変化点の削孔エネルギーデータを専用ソフトで3D表示(図-4)して切羽におけるエネルギー分布状況を確認した。また、エネルギーデータを大きさごとに分類して、低エネルギー領域が占める割合について確認した(図-5)。その結果、削孔箇所約7割の削孔エネルギーが40J/cm<sup>2</sup>以下の脆弱地盤で占められていることがわかり、岩判定の判断材料として活用することができた。

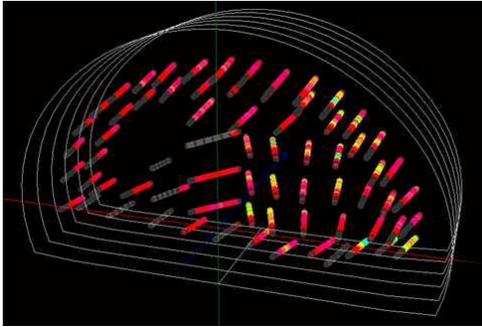


図-4 削孔エネルギーの3D表示

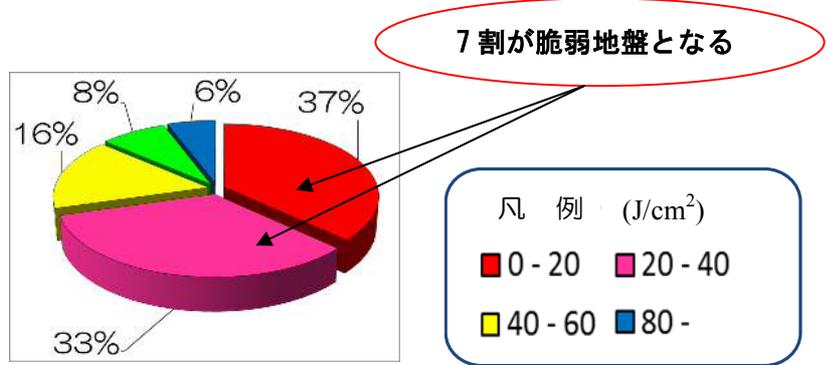


図-5 削孔エネルギーの分布解析

### 4. 削孔エネルギーによる補助工法選定

補助工法(AGF)の選定資料として活用した事例について示す。補助工法3シフト分の施工が完了し、4シフト目の追加が必要かを検討をするため、補助工法3シフト範囲内より前方20mに削孔調査を実施した。補助工法時と時の削孔エネルギーをトンネル掘削方向に並べた結果、削孔調査開始位置から12m地点より手前では低いエネルギー値を示した。これにより3シフト目から前方6mの区間は補助工法無しで掘削した場合、地山が脆弱であるため危険であると想定できた。このデータを基に4シフト目の補助工法の必要性を示す根拠資料として活用した。実際に掘削したところ、地山の状況はデータから想定したとおりであった。

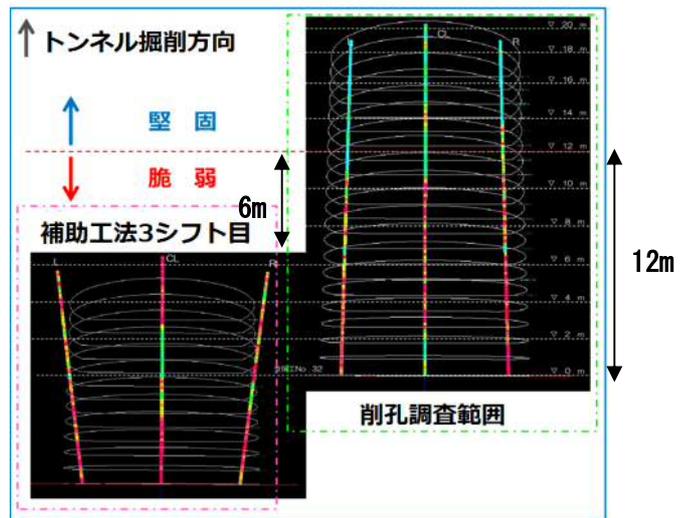


図-6 補助工法(AGF)と削孔調査の削孔エネルギー

### 5. まとめ

トンネル掘削初期は、削孔データの取得ミスが多く、メーカーである古河ロックドリルと複数回対策打ち合わせを実施した。その結果、取得ミスを大きく削減することができている。

地山評価システムは、ノンコアボーリングでも、削孔エネルギーから切羽前方の地山状況を把握することが可能である。また、3ブームのドリルジャンボの場合、3ブーム全部のデータを取得することができ、3D化することで立体的に切羽全体の状況を把握することができるので安全施工に大きく寄与可能な技術であると言える。

### 6. 今後の課題

現在の削孔エネルギーによる地山評価は、あくまでその現場条件での相対値となっているため、同じエネルギー値でも、岩種、性状の違う他のトンネル工事でのデータとそのまま比較可能な技術とはなっていない。本システムを搭載したドリルジャンボは当社で3台、全国で20台近く稼働している。今後、トンネル工事会社各社と建機メーカーが連携して、データを統合活用する体制をとれば、「地山等級判定の定量化」が可能になると考える。