

ドリルナビと3D スキャナを用いたトンネル掘削の効率的な管理

佐藤工業(株) 正会員 松口 一彦
 佐藤工業(株) 正会員 飯島 正人
 佐藤工業(株) 正会員 ○清宮 数羽

1. はじめに

本工事は、北海道新幹線、渡島トンネル（総延長L=32.675km）のうち、北鶴工区（延長L=5,000m）を新設するものである。（図-1）想定する主な岩質は凝灰角礫岩および安山岩で、設計の支保パターンは大部分がⅡNまたはⅢNである。表-1に支保パターンの支保を示す。鋼製支保工はなく、吹付コンクリートおよびロックボルトで支保を行うため、掘削する際の断面の目安がなく、掘削内空断面の管理が課題となった。



図-1 施工位置図

支保パターン	縦断間隔(mm)	鋼製支保工	吹付厚(mm)	ロックボルト(mm)
ⅡN	1,500	-	100	3,000
ⅢN	2,000	-	100	-

2. ドリルナビシステム概要

ドリルナビは、あらかじめ設定した穿孔情報（穿孔長、穿孔ピッチ、外周からの離れ、ノミ先離れ）を図示化して、ドリルジャンボのオペレータデッキに備えた画面に表示する。オペレータはこの画面を見ながらブームを操作し、表示されている位置・角度に合わせて穿孔を開始する。

3. 使用方法

ドリルナビの使用に先立ってドリルジャンボのセット（姿勢計測）を行う。機体後方に設置した3箇所のプリズムをトータルステーションで計測し、これらの座標から機体の位置や傾きを算出する。そして切羽目標距離を設定して穿孔する方向・距離を決定し、誘導を開始する。なお、これら一連の操作はドリルジャンボのオペレータが行う。

図-2にドリルナビの表示画面を示す。それぞれの図上に表示されたブームは、実際のブームの動きと連動する。この表示を見ながらブームを動かし、所定の穿孔位置に合致したら穿孔を開始する。

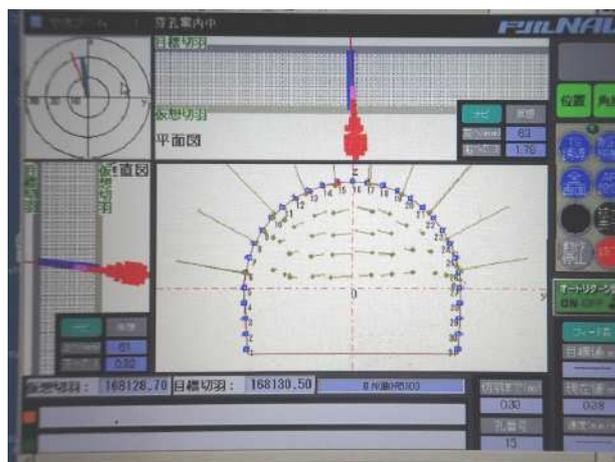


図-2 ドリルナビ表示画面

キーワード トンネル掘削, 内空断面管理, ドリルナビ, 3D スキャナ

連絡先 〒060-0809 北海道札幌市北区9条西3丁目19-1 佐藤工業(株)札幌支店 TEL011-707-7153

4. 結果

当現場では、ドリルナビを掘削内空断面管理に活用することを目的としているため、外周孔の穿孔を誘導するために使用した。穿孔している情報（位置や角度）はトンネル内の通信システムを利用して、ドリルジャンボから所定のパソコンにリアルタイムで転送することができ、そのデータを可視化して表示することで穿孔した結果を確認することができる（図-3）。その結果を利用して掘削精度を向上した。

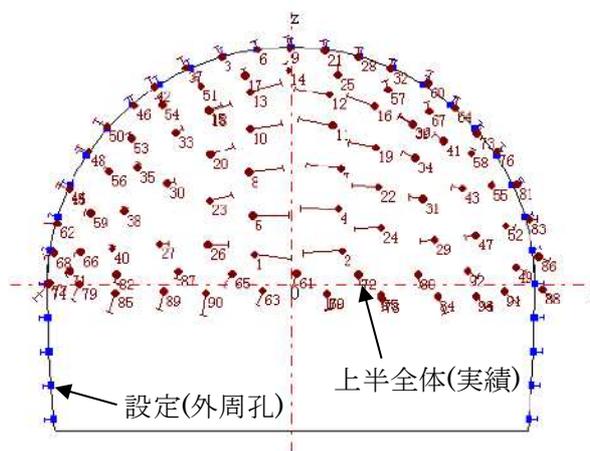


図-3 穿孔データの可視化

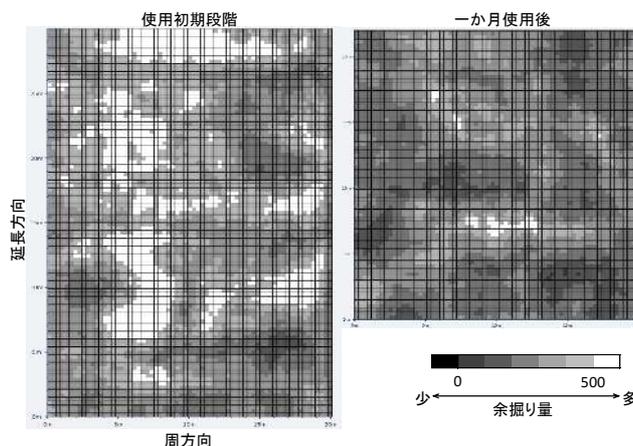
5. 出来形計測に使用する3Dスキャナ概要

使用する3Dスキャナは「TOPCON GLS-2000」で、1秒間に約12万点の点群を鉛直 270° ・水平 360° の範囲で取得する。一度の計測でトンネル延長約30m程度の計測ができ、準備から撤収作業を含めて30分程度の時間を要する。トンネルでは吹付コンクリートの凹凸や仮設備などが支障して死角が発生することがある。そうした場合は二か所から計測を行い、データ処理を行う際に合成して断面を評価する。

また、3Dスキャナで計測する際の器械座標は、トンネル壁面にアンカー式プリズムを2点設置して後方交会する。このプリズムは掘削時の測量点としてあらかじめ設置している場合はそのまま利用できる。

6. 出来形計測結果

現場で得た計測データは、専用ソフトMagnetCollageとCAD meisterを使用して処理を行う。MagnetCollageは公共座標と関連付けし、後方交会点座標を入力して器械座標を決定する。CAD meisterは3次元モデルを作成し、設定したトンネル断面との差を比較して、その差を色分けしてヒートマップで表示する。ヒートマップの展開図を図-3に示す。展開図は縦軸が延長方向を、横軸が周方向で、色合いは色が濃くなるほど小さい余掘り量を示す。2枚の展開図のうち、左側はドリルナビの使用開始初期段階の掘削出来形を表しており、右側はその約一か月後の出来形である。左と比較して右は余掘り量が全体に小さくなっており、特に白色で示された余掘りの大きな部分が大幅に減少している。ドリルナビを使用し、改善を行いながら掘削をした結果と考える。



7. おわりに

ドリルナビの使用は、これまで行っていた穿孔前の切羽へのマーキングを必要とせず、作業員が切羽へ入ることがないため安全性が向上する。また、余掘りの低減は、余計な掘削土が減り掘削サイクルタイムの短縮に繋がるとともに、残土の搬出量が減るため地域環境に配慮したエコな施工といえる。

3Dスキャナを用いた断面計測は、従来の方法では困難であったロックボルト頭部や吹付コンクリートのわずかな突出もすばやく計測できる。限られた時間のなかで確認作業を行わなければならないトンネル工事において効率的な方法である。トンネルは2020/03/31現在で延長の約1/3の掘削を完了している。今後も引き続き効率的に掘削断面管理を行い、より精度の高いトンネル掘削を行いたい。