

切羽前方探査（ドリル NAVI システム）を活用したトンネル施工

株式会社熊谷組中四国支店 日下川放水路作業所 正会員 ○ 仙波 哉太

1. はじめに

ICT 技術の建設分野への活用が促進されているが、山岳トンネル工事においても作業の効率化を目的として様々な取り組みがなされている。当工事では、トンネル掘削時の発破孔やロックボルト孔のすべての穿孔作業における数値データ（穿孔時間、穿孔エネルギー）を穿孔位置の三次元座標とともに採取し、地山状況を数値化・図化することができるドリル NAVI システムを搭載したセミオートドリルジャンボを活用して、情報化施工を行った。その結果を報告するものである。

2. 工事概要

日下川新規放水路は、高知県日高町といの町を結ぶ全長約 5.3km にわたる水路トンネル構築工事である。当地区は低奥型地形のため過去に浸水被害が頻発し、いままで 2 本の放水路を整備したが、その後も甚大な浸水被害が発生したため、水路トンネルを通じて仁淀川に導水するものである。

新設の放水路は呑口側と吐口側の 2 工事からなり、当工事は吐口側の本坑 2,280m、作業坑 185.5m の長大トンネルである。工事概要を表-1 に示す。

3. ドリル NAVI の概要

ドリル NAVI システム（図-2）は、トンネル工事に用いるドリルジャンボに搭載して使用する穿孔管理システムである。坑内に設置した自動追尾式トータルステーションよりドリルジャンボの車体位置の座標を自動測定し、穿孔ブームやガイドセルに設置したセンサを用いて、ドリルジャンボの削岩機（ノミ先）の座標を算出する。

穿孔位置や深度毎に、穿孔作業時の数値データである穿孔速度や穿孔エネルギー等を記録させ、発破孔・ロックボルト孔、先受け工等の穿孔に関する全ての位置情報と穿孔データを記録し解析することで、切羽以奥の地山やトンネル周辺地山の硬軟等の状況を可視化することができる。また、穿孔ブーム角度も記録することができるため、外周孔の削孔角度の管理を行うことができ、余掘り管理にも利用することができる。

表-1 工事概要	
工 事 名	平成30-32年度 日下川新規放水路(吐口側)工事
工 事 場 所	高知県吾川郡いの町大内地先
発 注 者	国土交通省 四国地方整備局
施 工 者	熊谷組・大豊建設 特定建設工事共同企業体
工 期	2019年2月1日～2022年1月31日
ト ン ネル 延 長	本坑 2,280m 作業坑 185.5m
掘 削 断 面 積	54.7m ²
掘 削 方 式	発破掘削

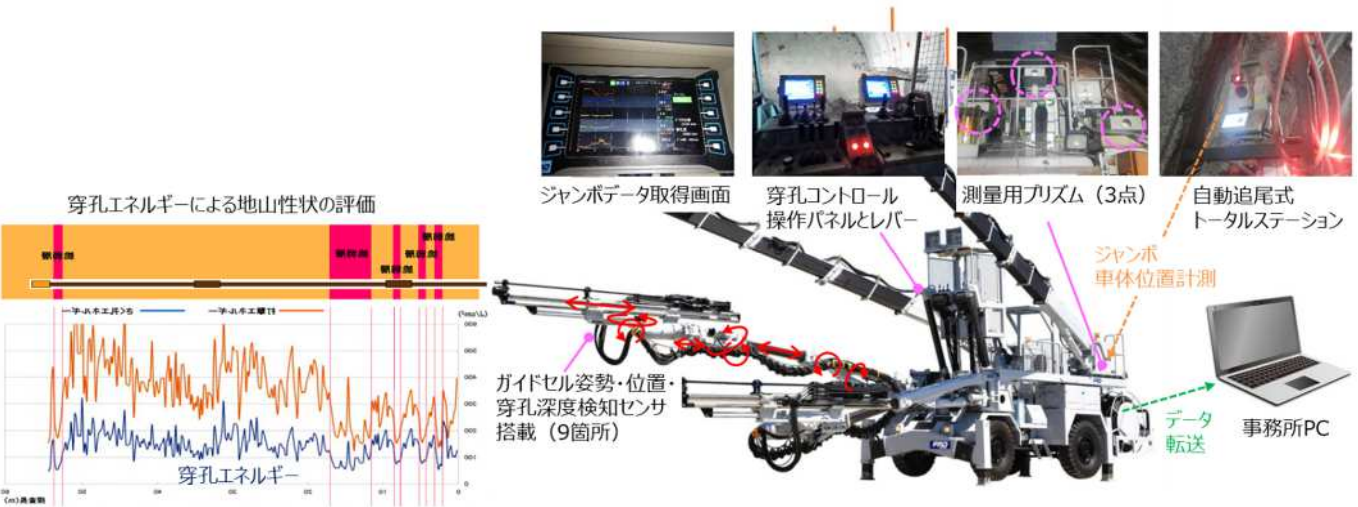


図-1 ドリル NAVI システム概要図

キーワード：山岳トンネル，ドリル NAVI，前方地山予測，余掘り管理，情報化施工
連 絡 先：〒781-2124 高知県吾川郡いの町八田 2149 (株)熊谷組中四国支店日下川放水路作業所
TEL088-802-8671

4. 前方地山予測

当トンネルにおけるドリル NAVI を活用した穿孔エネルギーのコンター図(図-2)、切羽写真(写真-1)、切羽スケッチ(図-3)を示す。

目視で確認できた風化部は削孔エネルギーのコンター図でも捉えることができていることが確認できる。この切羽では天端部の削孔エネルギーが低く、地山強度が小さいことが可視化できたことと目視での肌落ちが確認されたこともあり、注入式長尺先受工(AGF 工法)を施工することとなった。

(図-2 に示すトンネル周辺地山の強度が低い切羽では、切羽通過後に側壁からの押し出し約 6cm が発生した。このような地山では事前に支保パターンを変更することや増しロックボルトを打設する等の対応策が適当であり、早期に対応することができるようになる。)

5. 余掘り管理

ドリル NAVI により記録した穿孔位置・方向情報の事例を図-4 に示す。外周孔の削孔方向に着目すれば、差し角が大きく余掘りが大きくなる傾向であることがわかる。

当トンネルでは地山状況が良くなく鋼製支保工が全線で採用されているため、鋼製支保工が定規になるため、ドリル NAVI による穿孔誘導システムを使用していないが、穿孔記録と目視での余掘量、吹付けコンクリートの余吹き量と照会することにより、次回以降の削孔位置や角度の目安をオペレータに伝え、余掘り低減を図ることができる。

6. AI を用いた切羽判定への取り組み

当工事では発注時に「AI 等を活用したトンネル切羽の地山判定手法」に関する技術提案を求められた。作業坑を試行期間とし、作業坑 53m 区間を教師データの採取区間、それ以奥を AI 切羽判定の検証区間として取り組んだ。AI 切羽判定については、別の機会に報告することとするが、概略を以下に示す。教師データは、「切羽写真」「亀裂抽出画像」「穿孔エネルギー(コンター図)」と職員が実際に評価した切羽判定結果である。

試行区間での AI 切羽判定の結果では、切羽判定で評価する項目のうち、「風化変質」「割目間隔」項目の正答率が高いという結果が得られた。この段階では、教師データの量が少ないため、AI を活用した切羽判定を行うには信頼性が低いと考える。そのため、本坑掘削時にも引き続きデータ採取を行い、信頼性を高めるため AI による分析作業を継続しているところである。

現在では、切羽写真を撮影すれば、その場で AI 切羽判定を簡易的に行い、各切羽観察項目の評価点を導き出すアプリ(図-5)も構築したところである。

7. おわりに

今後、放水路トンネルにおける下流側の施工で地山の軟弱化が予想されるので、引き続き前方地山予測を実施する。

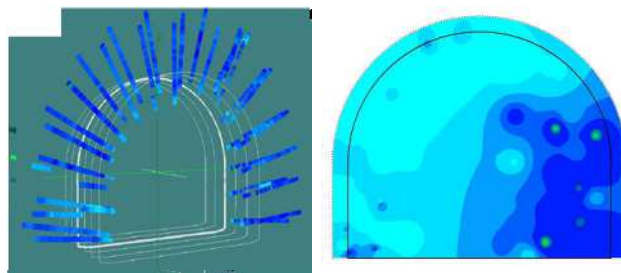


図-2 穿孔エネルギーのコンター図



写真-1 切羽写真

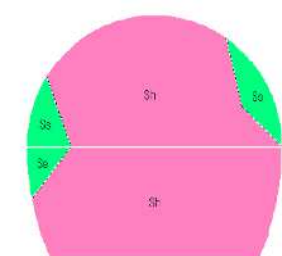


図-3 切羽スケッチ

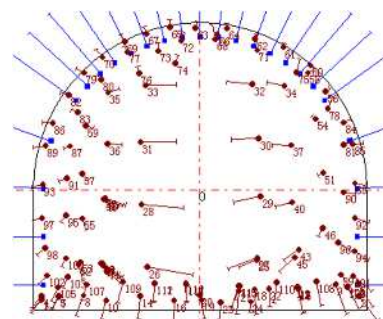


図-4 穿孔記録の表示例

	3	3	3	3	
3	3	2	2	2	3
3	4	4	2	2	3
3	2	2	2	2	3

図-5 AI 切羽判定の結果表示例