

発破後の切羽の形状測定結果に基づく穿孔プランの改善

鹿島建設(株) 正会員 西川幸一 福田博之 川野広道
 鹿島建設(株) 正会員 ○井上勇太 栗山和之 小泉 悠
 鹿島建設(株) 正会員 池田 廉 岩野圭太 犬塚隆明

1. はじめに

硬岩地山を対象としたトンネル工事においては、ジャンボにより穿孔した孔に爆薬を装填し、岩盤を破碎する発破工法が採用される。この穿孔作業における穿孔位置・差し角・孔尻深さ等は、発破効率、ひいてはトンネル工事の生産性に多大な影響を及ぼすパラメータである。しかし、従来、これらは主に穿孔オペレータの経験に基づいて設定され、その穿孔精度もまたオペレータの技量に依存していた。これに対し、宮古盛岡横断道路 新区界トンネルでは、現在掘進中の4切羽のうち3切羽でコンピュータジャンボを導入しており、地山状況および発破後の切羽の形状測定結果に基づいて、日々オペレータと意見交換しながらジャンボに入力する穿孔プランの改善を図っている。本報ではその取組み結果の一部を報告する。

2. 対象切羽の地質および施工概要

本報における対象切羽の岩質は、粘板岩と比較的硬質な砂岩との混在岩であった。使用するジャンボは、セミオート穿孔が可能なコンピュータジャンボ（古河ロックドリル製）であり、穿孔開始前にジャンボの位置計測を行う。各ブームには関節角度やストローク長を検出可能なセンサーが搭載されているため、オペレータ手元の画面には、事前に設計した穿孔プランおよび操作中のブームの位置と角度が表示される（写真-1）。オペレータはこの誘導画面に従ってブームを操作し、穿孔位置・差し角・孔尻深さを精度よく制御できる。



写真-1 セミオート削孔状況

3. 簡易 3D スキャナによる発破後の切羽の形状測定

発破工法では、発破により掘削面を効率的に破碎し、設計断面に対する当たりと余掘りを低減することが重要となる。当たりを取るためにはブレーカによる追加の掘削を要し、余掘りは吹付けコンクリートの余剰消費につながるためである。発破後の切羽の形状を迅速かつ高精度に評価するため、当現場では、簡易 3D スキャナ（詳細は別報¹⁾を参照されたい）を適用した。写真-2 に発破ズリ出し後の形状測定実施状況を示す。スキャン作業は1名で実施でき、据付けから撤収までの所要時間は約2分で、施工サイクルを中断することなく迅速に実施できる。



写真-2 切羽の形状測定状況

4. 切羽の形状測定結果に基づく穿孔プランの改善事例

簡易 3D スキャナにより切羽の形状を測定し、その結果を穿孔プランの改善に反映させた2事例を紹介する。

(1) 差し角変更による踏前部の起砕効果の改善例

事例1における改善前後での穿孔プランを図-1に、切羽形状の測定結果を図-2に示す。当初の穿孔プランでは、中央踏前部の起砕により、自由面を広く得て次発破の起砕効率を高めることを目的に、芯抜き最下段の差し角を下向き7度に設定していた。しかし、形状測定の結果、当該箇所が十分に起砕されていないことが分かり（図-2(a)）、その要因として、芯抜き最下段～2段目間の孔尻離隔157cmが過大であることが考えら

れた。そこで、差し角を下向き1度とし、孔尻間の距離が136cmとなるよう穿孔プランを変更した。その結果、図-2(b)に示されるように、中央踏前部の起砕状況が改善された。このように、切羽形状の測定結果は、発破効率の低下箇所を明瞭に示すものであり、穿孔オペレータとデータに基づく適確な意見交換を行い、穿孔プランを改善していく上で有用であった。

(2) 助孔の一部を穿孔装薬しないことによる余掘りの低減例

事例2における穿孔実績を図-3に、切羽形状の測定結果を図-4に示す。当事例では、当初、事例1で設定した穿孔プランにより穿孔を行っていた。しかし、左肩部に分布する粘板岩が軟質化するのに伴い、穿孔プランに従った穿孔では左肩の余掘りが増大していることが分かった(図-4(a))。そこで、穿孔速度(ノミ下がり)を測定し、軟質な粘板岩の分布に大きな変化が無いことを確認のうえ、ジャンボ上で穿孔オペレータと意見交換し、払い助孔(最外周孔の内側の1列)の左肩の1部を穿孔装薬しないこととした。その結果、図-4(b)に示されるように、左肩の余掘りが低減し、吹付けコンクリートの消費量も抑制された。これら日々の測定結果を穿孔オペレータに示し、意見交換を続けたところ、余掘りを低減すべく、差し角を控えたり、地山状況に応じて穿孔プランや装薬量を独自に修正する等、オペレータらの意識の向上につながったと実感している。

5. まとめ

従来、発破工法における穿孔パラメータの設定は、主に穿孔オペレータの経験に依存していた。一方、今後のコンピュータジャンボの普及に伴い、土木技術者が穿孔オペレータと協働し、地山状況に応じた効果的な穿孔プランを設計する機会が増えていくと考えられる。当現場で適用した簡易3Dスキャナによる発破後の切羽形状の測定結果は、穿孔プランの改善を図る上で有効であった。建設工事の生産性向上や経験豊富な担い手の減少が叫ばれる中、これらの技術開発と現場適用を継続して進めていく所存である。

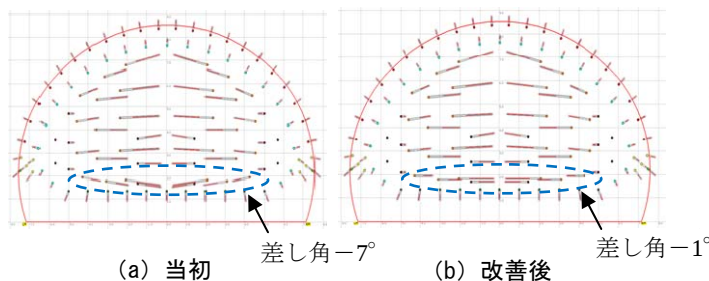


図-1 穿孔プラン

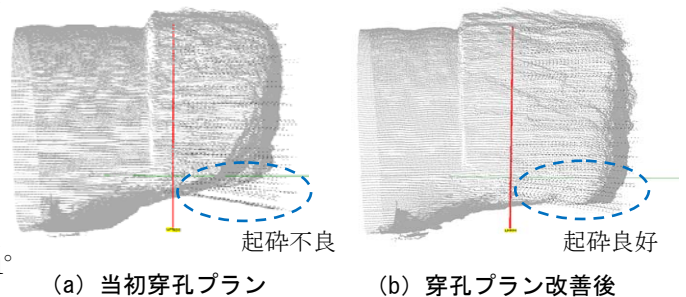


図-2 切羽形状測定結果(縦断面表示)

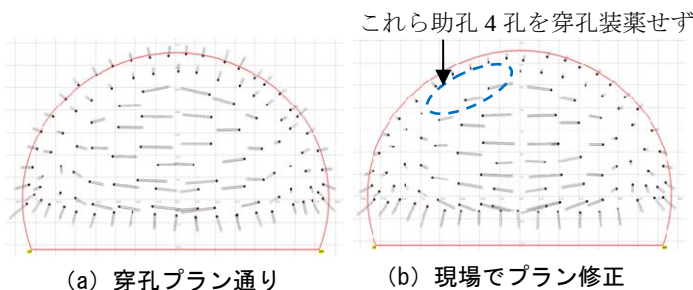


図-3 穿孔実績

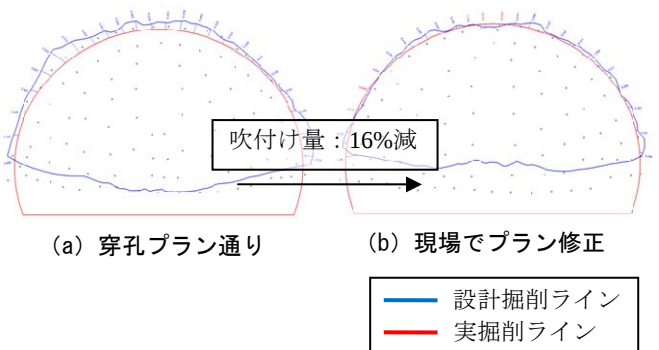


図-4 切羽形状測定結果(横断面表示)

参考文献

- 1) 犬塚ら：一体型簡易3Dスキャナと余掘り評価ソフトの開発，第72回土木学会年次学術講演会 講演概要集，2017.9