

コンピュータジャンボによる高精度削孔による効率的な発破掘削（その2）

大成建設株式会社

土木本部

正会員

〇崎山

透

大成建設株式会社

土木本部

正会員

高橋

俊次

大成建設株式会社

関西支店

正会員

上岡

亮一

大成建設株式会社

関西支店

正会員

友野

雄士

1. はじめに

本稿は「コンピュータジャンボによる高精度削孔による効率的な発破掘削（その1）」で紹介した,新名神高速道路竜王山トンネルのコンピュータ搭載型ジャンボを用いた試験施工による得られた知見を報告する.

2. 試験施工結果

コンピュータジャンボと標準ジャンボの発破状況（余掘量,切羽面平滑性）を分析した結果を以下に示す.

①余掘量の比較

発破直後に3Dレーザスキャナを使用し,掘削面計測を実施後,余掘量を算出した結果を以下に示す.余掘量とは,設計の掘削断面に対する実際の掘削断面の差分である.

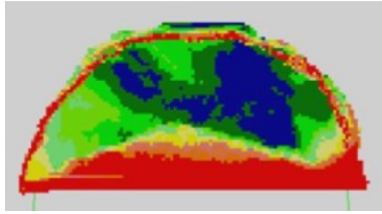
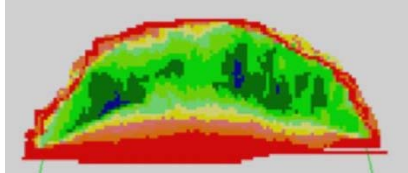


図1 上り線標準ジャンボによる余掘量表示

表1 余掘量比較表

区 分	普通ジャンボ		
	上り線		
パターン名	C II -b	C I -a	全体平均
計測断面数	1	3	4
余掘量(mm)	204	300	276

区 分	コンピュータジャンボ		
	下り線		
パターン名	C II -b	C I -a	全体平均
計測断面数	7	8	15
余掘量(mm)	134	103	118
余掘量低減率(%)	34.0%	66.0%	57.0%



凡例 1.0m 0.8m 0.6m 0.4m 0.2m 0m
-0.2m -0.4m -0.6m -0.8m -1.0m
+: 進んでいる - : 遅れている
図2 下り線CPジャンボによる余掘量表示

②切羽面平滑性（凹凸）の比較

発破直後の3D スキャニングの結果を基に切羽面の平滑性（凹凸）を測定した.切羽面を基準断面（目標切羽位置）からの超過掘進量が,0.6m以上の部分と0.6m以内の部分とに区分し,切羽面全体に占める超過掘進量0.6m以内の部分の面積を計算し,平滑性のパラメーターとした.平滑性を比較した結果を以下に示す.

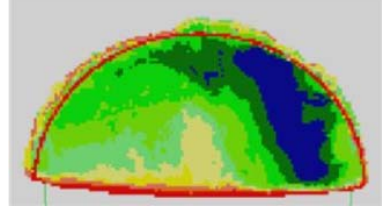


図3 上り線標準ジャンボによる切羽凹凸表示

表2 切羽平滑性比較表

区 分	普通ジャンボ		
	上り線		
パターン名	C II -b	C I -a	全体平均
計測断面数	1	3	4
平滑性(%)	超過掘進量 0.6m以内の割合		
	47.4	47.1	47.2

区 分	コンピュータジャンボ		
	下り線		
パターン名	C II -b	C I -a	全体平均
計測断面数	7	8	15
平滑性(%)	超過掘進量 0.6m以内の割合		
	60.2	55.3	57.6
平滑性の向上(%)	12.8	8.2	10.4

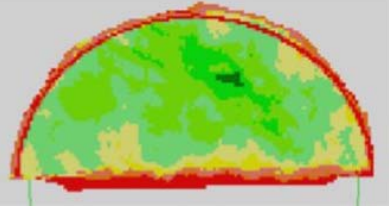


図4 下り線CPジャンボによる切羽凹凸表示

3. 結果の分析と評価

上り線側の標準ジャンボと下り線側のコンピュータジャンボで余掘量を比較すると,表1の通りC II 区間では34%, C I 区間では66%, 全体平均で約57%の低減となった.地山の違い, 労務の違い, 湧水量の違い等条件の違いもあり一概に述べることは出来ないが, 高精度削孔による壁面平滑化を伴う余掘りの低減効果が大きなことが認められた. また, 表2に示す切羽面の平滑性でも一様に約10%程度の向上が見られ, C II 区間, C I 区間共にコンピュータジャンボを使用した場合の優位性が見られる.

こうした余掘量の低減, 切羽面の平滑性の向上に起因する要素について, 下記の手法で検証した.

下り線の発破孔の削孔時に, a)コンピュータのナビゲーションに従って削孔した場合, b)コンピュータのナビゲーションに従わず手動で削孔した場合 の2種類の削孔精度を比較し, その違いを確認した.

a) 削孔ナビゲーションに従って削孔した場合

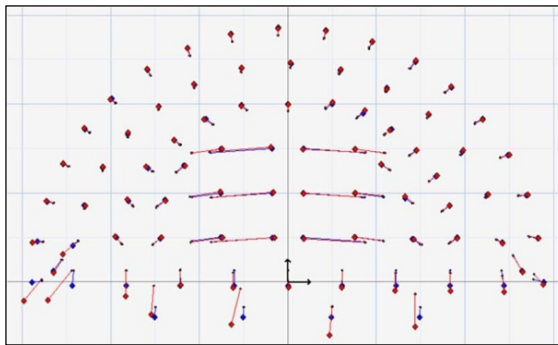


図5 削孔パターンと削孔結果 (赤: 実施、青: 計画)

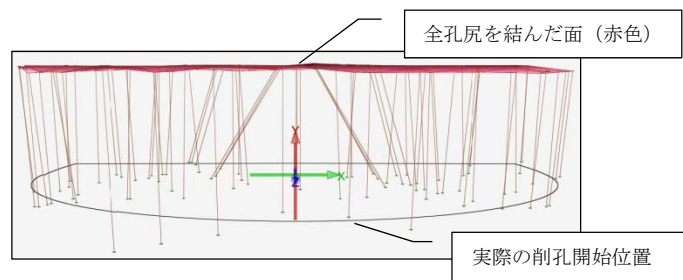


図6 削孔実績 (切羽を直上から見た図)

削孔ナビゲーションに従い、削孔長を自動制御する形で削孔しているため、削孔開始位置 (切羽面) に凹凸があっても孔尻位置は揃っている。(図6) また、芯抜きVカットも正確な角度で削孔出来ていることが分かる。(図6)

図7に示す多彩色面は、この次のサイクルでの削孔開始位置を示す。切羽面に向かい左上側、右下側 (赤丸箇所) が前発破での起きが悪いが、概ね良好な起砕状況といえる。

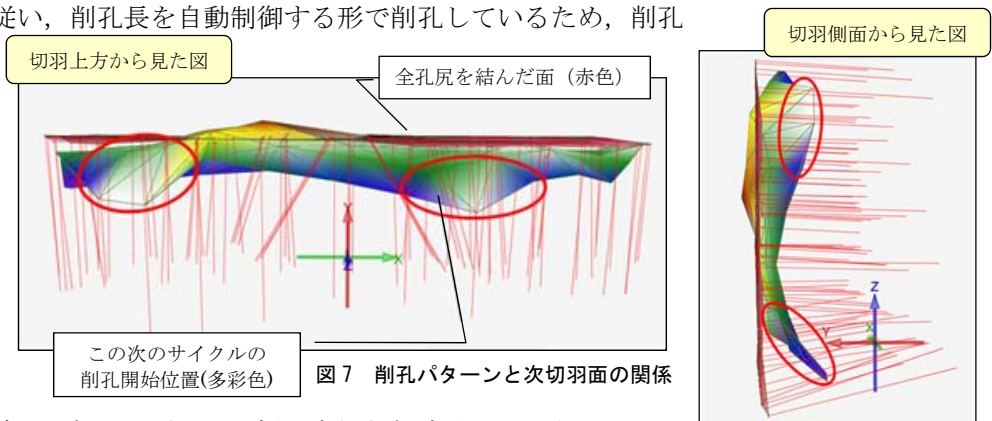


図7 削孔パターンと次切羽面の関係

b) 削孔ナビゲーションに従わず手動で削孔した場合

ナビゲーション機能を使用せず、オペレーターの判断で削孔した場合 (標準的なジャンボの使用法) は、削孔開始位置 (切羽面) での凹凸に応じて、孔尻にも大きく凹凸が見られる。また、芯抜きVカットにもバラつきが見られ非効率的な削孔となっている様子が理解できる。

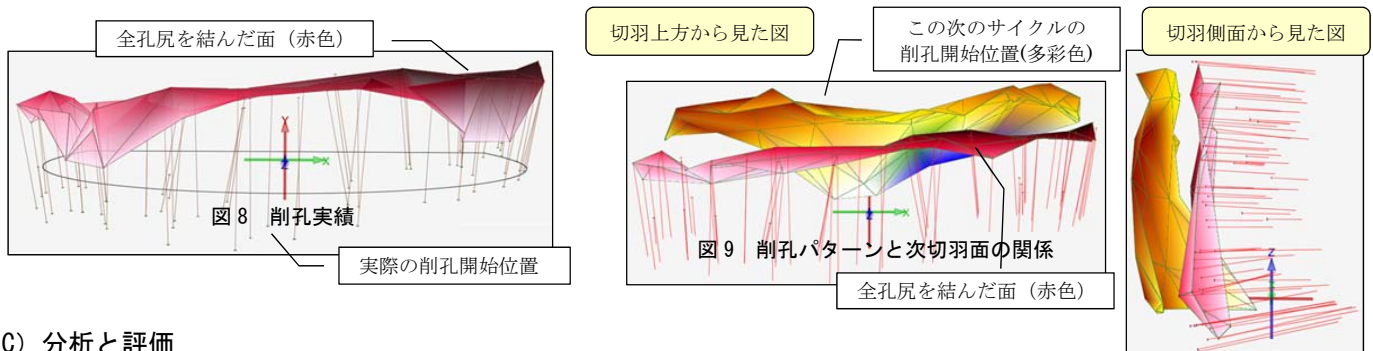


図8 削孔実績

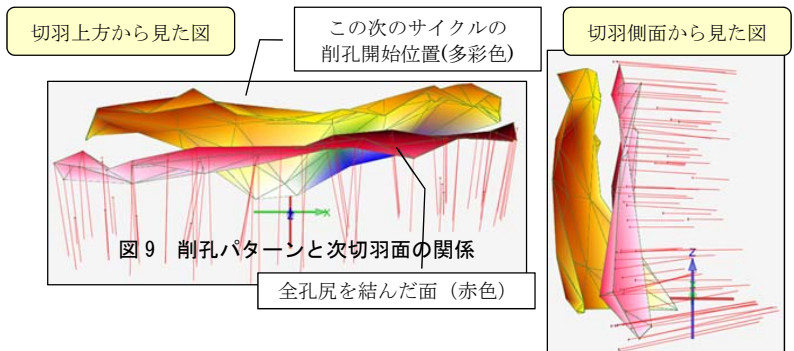


図9 削孔パターンと次切羽面の関係

c) 分析と評価

コンピュータジャンボのナビゲーションに従って削孔した場合と、従わずに削孔した場合には、上記に示す削孔精度の違いがあり、余堀量や切羽の平滑性に大きく影響し、ズリ出し時間や当り取り時間に影響することが解る。

4. おわりに

今回の試験施工の結果、搭載されたナビゲーション機能を使用することにより、発破孔やロックボルトの削孔作業において、熟練工不足の中でも精度良い施工が可能であり、切羽作業の安全性の向上にも寄与することが確認された。また余堀り、余吹き低減に伴う効率化による高速施工化が期待できることが立証できた。

日本の山岳トンネルにおける地山の状況は、切羽毎に目まぐるしく変化することが多い。各切羽に応じて適切な発破パターンの選定を行う上で、コンピュータジャンボと3Dスキャナを用いた高精度削孔システムは、地山に則した最適な施工を行う上で有効なツールとなり得ると考える。