

長大トンネルC I 区間における余堀低減への取り組み

鹿島建設(株) 正会員 ○中嶋翔平 新岡尚幸 竹市篤史 佐藤崇洋 橋本 基 月崎良一

1. はじめに

国道 45 号 唐丹第 3 トンネル工事は、東日本大震災復興リーディングプロジェクトである三陸沿岸道路の一部で、延長 $L=3,023\text{m}$ 、幅員 $W=12.0\text{m}$ 、内空断面積 94.9 m^2 の長大トンネル工事である。図-1 に地質縦断図を示す。掘削断面積は約 115 m^2 で、掘削勾配は終点側の一部を除き約 1% の上り勾配である。表-1 の支保パターン延長内訳からわかるように、鋼製支保工の無い C I パターンが約 75% を占めるため、この区間での余堀の低減が生産性の向上に大きく関わることになる。本稿では、余堀低減に向けたいくつかの方法を取り上げ、その実績について報告する。

表-1 支保パターンの延長内訳

支保	設計	
	m	%
DⅢa-S	61.6	2.0
DⅢa	50.0	1.7
D I	70.0	2.3
CⅡ	395.8	13.1
CⅡ-L	32.2	1.1
C I	2251.5	74.5
C I-L	160.5	5.3
坑門	1.4	0.0
計	3023.0	100.0

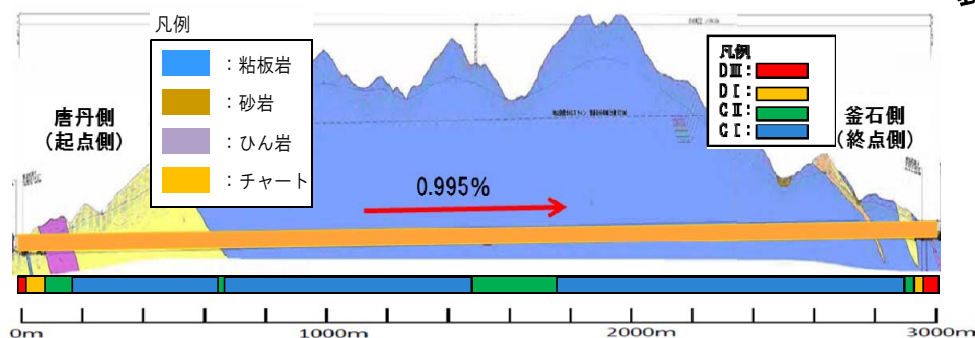


図-1 地質縦断図

2. 余堀低減方法

2.1 マーキングシステム

鋼製支保工の無い C I パターンでは、掘削精度の確保が困難であるため、残像投影式のマーキングレーザーを設置し、計画掘削面や計画吹付け面を切羽面に投影する方法が用いられている。当現場も、C I パターンからグリーンレーザーを進行方向右肩に設置し、計画吹付け面で切羽面に照射し、掘削管理を行った。その結果、発破削孔時、アタリ取り時、吹付け時に周方向にレーザーが明確に見えるため、鋼製支保工が無くても精度の良い仕上がりとなった。しかし、レーザーは切羽面 3 点を計測した平均距離の位置(以下、仮想切羽面)で照射するため、図-2 に示すように、切羽左側の進行が仮想切羽面に対して進んでいたり遅れていたりすると、右肩から斜めに照射する左側の照射精度は落ちてしまう。そのため、レーザーどおりの施工をしたにもかかわらず、アタリとなったり、過剰にアタリ取りを行うことで、余堀、サイクルロスが発生した。そこで、その問題を解消するために、写真-1 に示す左肩にグリーンレーザーを 1 台増設し、図-3 に示すように切羽左半周、右半周をそれぞれ左右肩のレーザーで分担して照射する仕組みを試みた。これにより、左側の切羽進行のずれによる照射精度の低下を抑えることができると考えた。

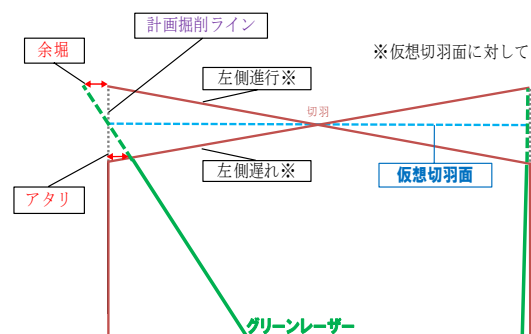


図-2 切羽左側の照射精度の低下



写真-1 グリーンレーザーの設置状況

キーワード 長大トンネル、余堀、グリーンレーザー、クリアショット、2ノズル吹付け機

連絡先 〒980-0802 仙台市青葉区二日町 1-27 鹿島建設(株) 東北支店 TEL022-261-7111

グリーンレーザー1台照射時と、2台照射時の余巻厚の比較を図-4に示す。TD700m以前のグリーンレーザー1台での照射時は、左側の余巻厚が右側に比べ大きくなっていることがわかる。平均余巻厚は、左側 17.1cm に対し、右側は 12.6cm であった。2台目設置後は、左側の余巻厚に減少傾向がみられ、約 700m 進行後には平均余巻厚 13.9cm までになり、約 20%の余巻低減効果を確認した。表-2 からわかるように、レーザー増設後は、左側の余巻厚のばらつきは少なくなり左右均一に近い吹付け仕上がりとなった。また、吹付けの際は発破前の切羽面での位置で照射するようにした結果、手前の吹付けコンクリートとのラップ部分に発生するアタリを回避しやすくなり、サイクルロスの低減に繋げることができた。さらに、グリーンレーザー2台での照射は、吹付けだけでなく、精度の良い外周孔照射によって、正確な外周孔削孔を可能にした。

2.2 吹付けコンクリート

吹付けコンクリートは、超低粉塵型でリバウンドの少ないクリアショット（鹿島・電気化学工業(株)特許）を採用し、混和材としてフライアッシュを使用した。粉塵低減によって視界良好となり、写真-2に示すように、グリーンレーザーの照射がノズルマンからはっきりと確認でき、凹凸の少ない精度の良い吹付け仕上がりとなった。吹付け面の平滑性の向上は、覆工コンクリートの背面空隙、ひび割れ発生の抑制につながり、覆工の品質向上が期待される。また、吹付け機に2ノズル式を採用することで、24 m³/h の吹付けが可能となり、クリアショットの効果によるリバウンド減と加えて、吹付け時間を大幅に短縮することができた。また、掘削による余掘箇所を吹付けによって精度良く修正することが可能となった。

3. まとめ

鋼製支保工の無い C I 区間における余掘低減の取組みとして、グリーンレーザー2台を用いたマーキングシステムの導入と、粉塵およびリバウンドの少ないクリアショットによる吹付けを行った。その結果、進行のずれによる左側の照射精度が改善され、約 20%の余巻厚の低減を確認した。また、粉塵低減効果により、レーザー照射が明確となり、精度のよい吹付け仕上がりになることができた。マーキングレーザー2台を取り入れての施工管理は、鋼製支保工の無い区間においての有効なツールとして今後も活用できるものと考えられる。

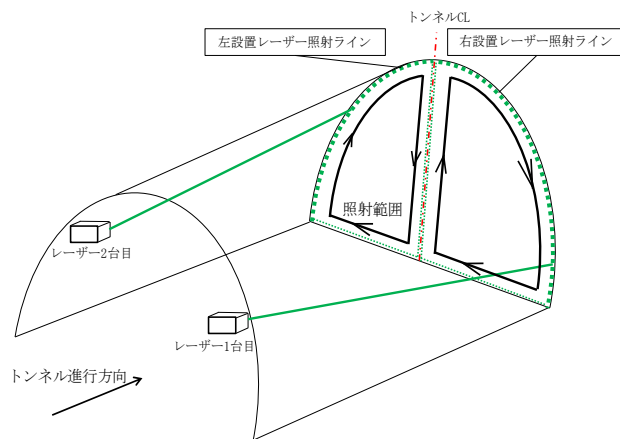


図-3 グリーンレーザー2台照射の概念図

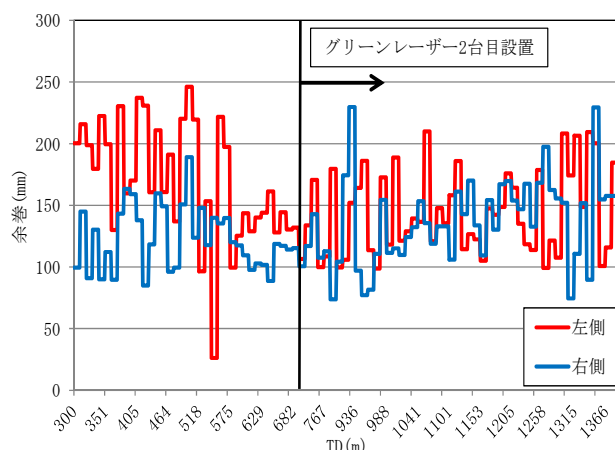


図-4 2台照射による余巻厚の変化

表-2 100m ごとの平均余巻厚

TD(m)	余巻(cm)				※CI 区間の のみ
	左		右		
		平均		平均	
300-400	19.4	17.1	12.3	12.6	グリーン レーザー1台
400-500	19.8		13.6		
500-600	15.3		13.6		
600-700	13.8		10.8		
700-800	12.5	13.9	12.1	12.0	グリーン レーザー2台
800-900	13.8		6.6		
900-1000	13.4		13.0		
1000-1100	15.0		13.2		
1200-1300	14.1		14.3		
1300-1400	14.8		13.0		



写真-2 クリアショットによる吹付け