

### 差角誘導システムの適用による余堀りの低減効果の検証

鹿島建設(株) 正会員 ○犬塚隆明 手塚康成 岩野圭太  
鹿島建設(株) 正会員 海邊 修司 小池 健生  
(株)演算工房 正会員 白坂 紀彦

#### 1. はじめに

発破工法を採用する山岳トンネルでは、計画した発破パターンどおりに精度良く穿孔し、トンネル工事のコスト、工期に直結する進行率(実進行長/目標進行長)を向上させること、および余堀りを低減させることが重要である。当社では、計画した発破パターンを誘導する差角誘導システム<sup>1)</sup>を開発し(図-1)、岩手県の唐丹第3トンネル(前現場)に適用した結果、1発破あたりの進行率が向上し、急速施工を実現した。ただし、前現場での適用では、進行率に寄与する芯抜き部のみの誘導であったため、本現場では、最外周孔にも適用し、余堀りの低減効果について検証を行ったので、その結果について報告する。

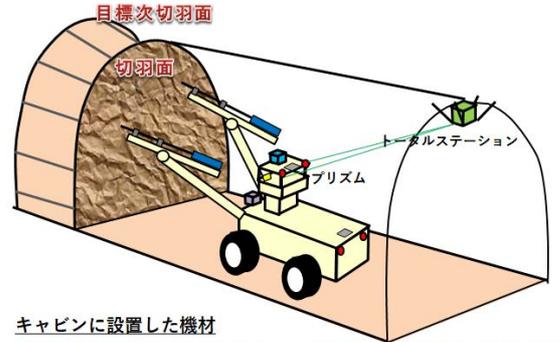


図-1 差角誘導システムの構成

#### 2. 差角誘導システム

差角誘導システムは、実際のトンネル切羽のカメラ映像に発破パターンの情報を重ね合わせて表示し、穿孔オペレータの穿孔作業を支援するシステムである。ジャンボの運転席に取り付けたモニタ画面に表示される2色(緑, 赤)の丸マークにビットの先端とドリフタの後端(ドラム)を合わせるだけで計画した発破パターンどおりに穿孔ができる(図-2)。また、穿孔が進むにつれてガイドセル上を動くドラムを黄色の丸マークの位置まで穿孔することで、孔尻を目標の進行長で揃えることができる。

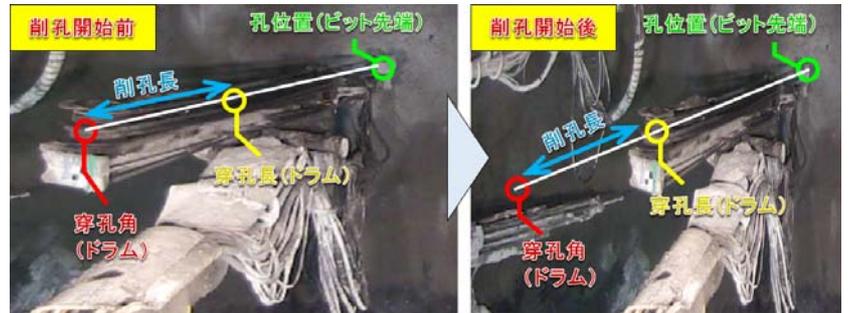


図-2 穿孔誘導の方法

前現場のシステムとの相違点は、最外周孔を誘導するため、全周孔をカバーできるようカメラを3台に増設したこと、およびドリフタの穿孔角度を把握、調整しやすい画角となるよう角度をつけてカメラを設置したことである(図-3)。

#### 3. 現場試験

余堀り低減の検証試験は、最外周孔のうち天端から左切羽にかけて10孔を誘導し、通常どおりに穿孔した天端から右

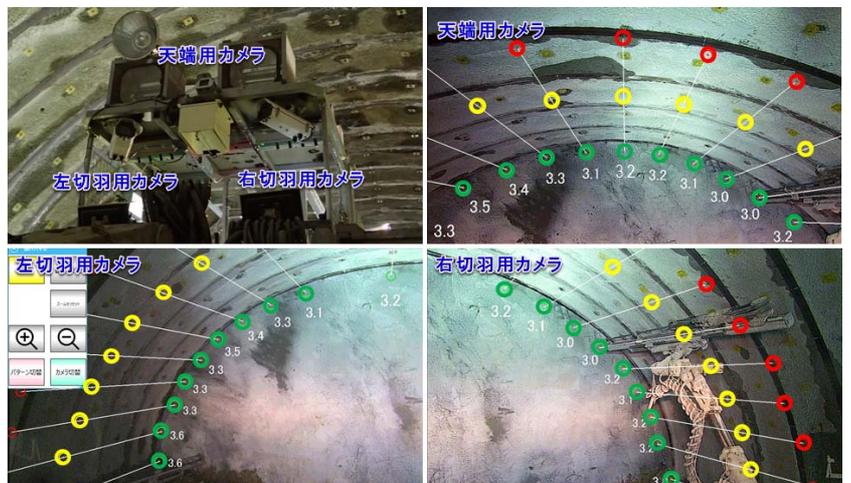


図-3 天端・左・右切羽用のカメラ増設

キーワード 差角誘導システム, 進行率, 余堀り, 簡易 3D スキャナ

連絡先 〒107-8348 東京都港区赤坂 6-5-11 鹿島建設(株)土木管理本部 TEL 03-5544-2410

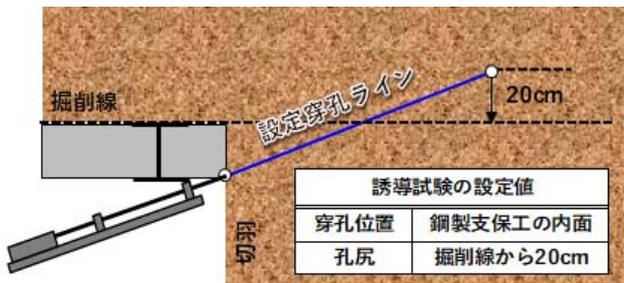


図-4 差角誘導システムの設定値

切羽の余堀り状況と比較した。本システムの試験施工を行った区間が支保パターン CIIであったため、最外周孔の穿孔位置と角度の誘導設定は、穿孔位置を鋼製支保工の内面とし、孔尻を掘削線から 20cm の位置に設定し試験を実施した (図-4, 写真-1)。余堀り状況の比較は、発破掘削後に簡易 3D スキャナ<sup>2)</sup>を用いて形状計測を行い、周方向 20° の間隔で算出した余堀り量 (mm) で比較した。図-5 に試験結果を示す。誘導した左切羽 (計測線①~⑤) は、システムの設定どおり概ね 200mm 程度に余堀りを抑えられており、誘導しなかった右切羽 (計測線⑥~⑨) と比べて余堀り量が約 40% 少ない結果となった。

誘導ライン (計画) と余堀り量 (実測) の関係について、穿孔した切羽面から穿孔長 0.3m ごとに比較した (図-6)。誘導ラインと各計測線 (No1, 2, 3) の余堀りのトレンドは相関関係があるが、全体的に穿孔ライン以上に余堀りが発生している。この穿孔ライン以上の余堀りは、発破後の切羽側壁に穿孔 (ノミ) 跡が残っていなかったことから、過装薬によるものと考えられるため (図-7)、過装薬による余堀りを勘案してシステムの穿孔角度を控えめにすることで、さらなる余堀り低減が可能であると考えられる。

また、ドリフタを誘導位置へ合わせる操作は、カメラの増設と画角調整により、1 孔あたり 10 秒程度の短時間で完了し、サイクルタイムのロスなくシステムを運用できることを確認した。

4. まとめ

最外周孔の誘導試験を行った結果、概ね設定どおりの余堀り量となり、誘導しなかった切羽に比べて余堀り量を約 40% 低減できた。本システムの適用により前現場で確認できた進行率の向上に加え、余堀り低減についても有効なツールであることを確認した。近年では、計画した発破パターンどおりに精度良く穿孔できるコンピュータジャンボが導入されつつあるが、適用現場は限られている。現在多くの現場で導入されている通常のジャンボに本システムを搭載することで、通常のジャンボにおいてもコンピュータジャンボと同様に計画どおりの穿孔ができるため、本システムを積極的に展開していく予定である。

参考文献

- 1) 犬塚ほか: 発破掘削時の差角誘導システムの開発, 土木学会第 71 回年次学術講演会講演概要集VI-192, P383-384, 2016, 9.
- 2) 犬塚ほか: 一体型簡易 3D スキャナと余堀り評価ソフトの開発, 土木学会第 72 回年次学術講演会講演概要集VI-718, P1435-1436, 2017, 9.

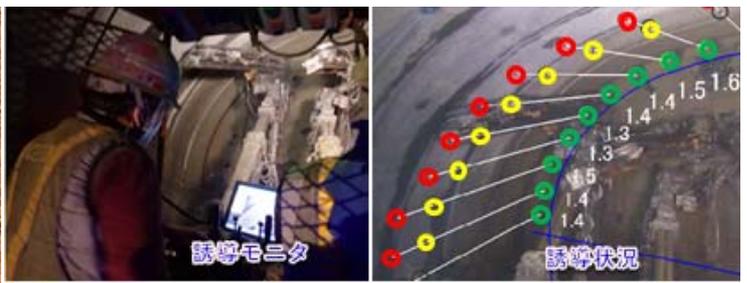


写真-1 誘導試験の状況

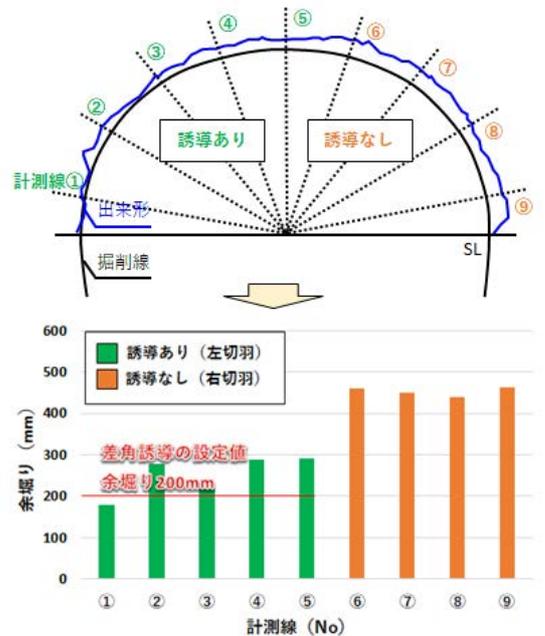


図-5 穿孔切羽から 1.2m の断面

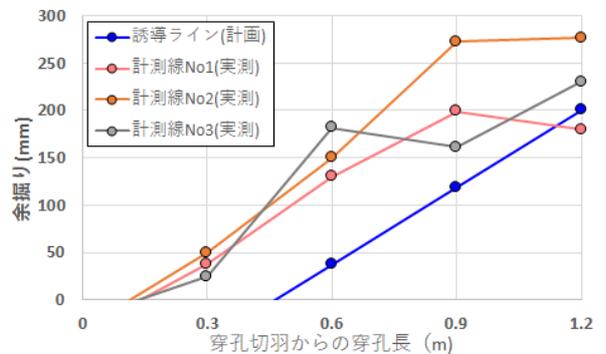


図-6 穿孔ラインと余堀りの比較

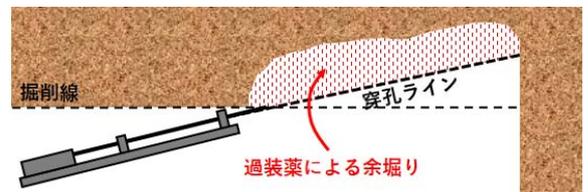


図-7 過装薬による余堀り