

山岳トンネルにおける削孔角度誘導支援システムの開発

西松建設 (正) 石山宏二、(正) 山下雅之、柳沢一俊
戸田建設 (正) 岡村光政

1. はじめに

発破工法における余掘り量低減を目的に、外周装薬孔を設定パターン通りの方向・長さに削孔するための「さし角誘導支援システム」を開発し¹⁾、試験施工によってその効果を検証している²⁾。しかし、山岳トンネルにおいて、さし角以外にも先受け工、ロックボルトの打設や長孔発破時の心抜き孔等、削孔精度の管理はトンネルの品質確保を図るうえで重要であることから、ドリルジャンボのガイドセル全ての動きが計測可能であり、オペレータを誘導しながら精度の高い削孔作業を支援する「削孔角度誘導支援システム」へと機能向上を図った。

本稿では、本システムの概要ならびに先受け（フォアポーリング(FP)）工の試験施工結果について報告する。

2. システムの概要

本システムは、①汎用性：あらゆる機種のジャンボに容易に設置可能となるよう装置は外付け式、②低コスト：削孔始点は、現場で使用中のトンネル計測管理システム³⁾を活用したスプレーによるマーキング（計測装置の最小化）、という2つの基本方針に則り、既に開発した「さし角誘導支援システム」^{1),2)}を基に、ガイドセル全ての動きが計測可能となるよう、図1に示すブームローテーション角およびルックアウト角を計測する回転角度センサを追加し、2つのスウィング角検出センサの耐久性・精度の向上を図る等の改善により、新たに開発された。

本システムの操作は、図1に示す運転席に配置された削孔角度誘導モニター（タッチパネル）を使ってドリルジャンボのオペレータが行う。例えば、FPの削孔を行う際は、まず切羽にドリルジャンボを設置後、図2に示す初期画面から作業内容を選定し、図3に示す作業誘導画面に切り替える。次に、図4に示すように、トンネル計測管理システムのレーザー照射を活用したガイドセル位置角度情報の初期化（図3中の『レーザーセット・ボタン』を押す）後、削孔したい孔番号を選定し、ガイドセル先端（ビット）をそのマーキング地点に押し付けたまま画面の水平角、鉛直角が目標設定値と実測値に差が生じないようにガイドセルを操作し、所定の深度まで削孔する。

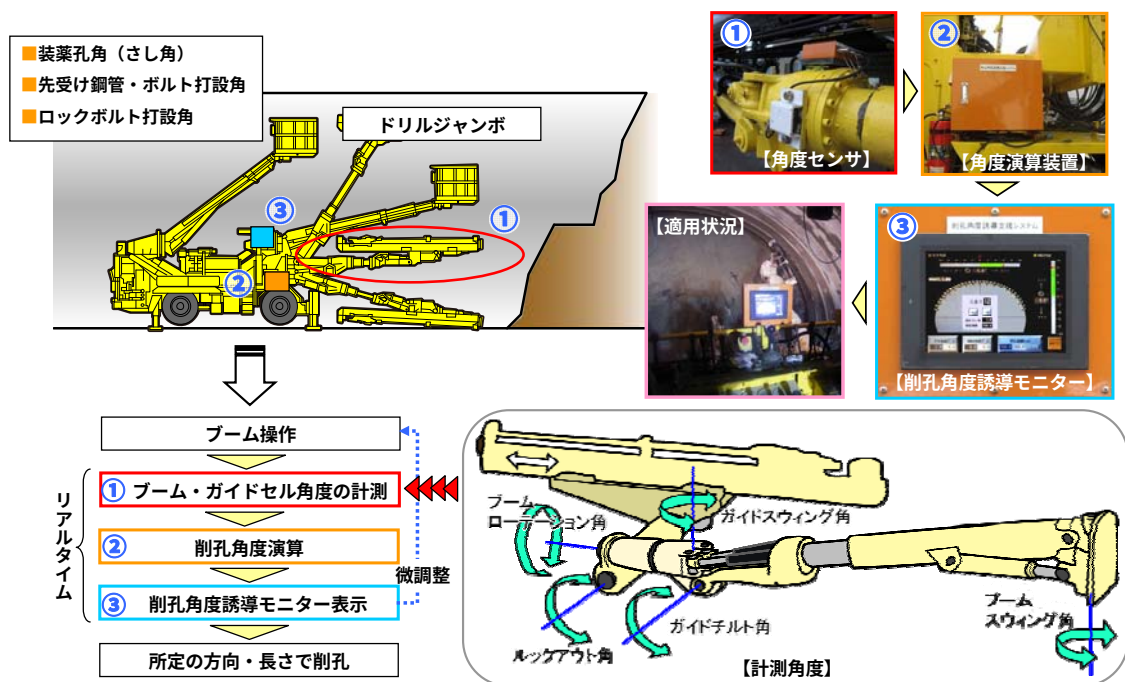
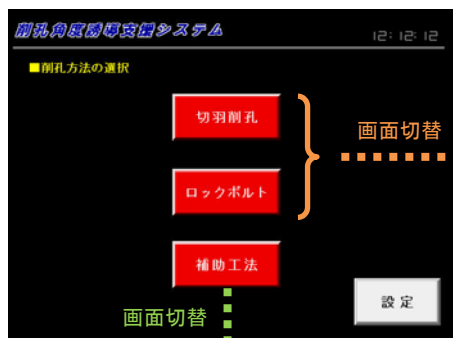


図1 計測装置の設置状況

キーワード トンネル、品質確保、削孔精度、角度管理、支援システム

連絡先 〒105-8401 東京都港区虎ノ門1-20-10 TEL.03-3502-0279

◆初期画面



◆切羽発破孔およびロックボルト削孔誘導画面



◆先受け工誘導画面 (FP は千鳥配置を考慮)

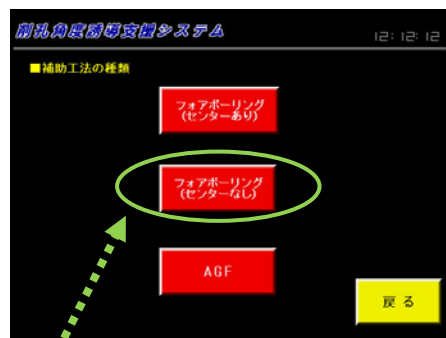


図2 削孔角度誘導モニターの基本画面構成

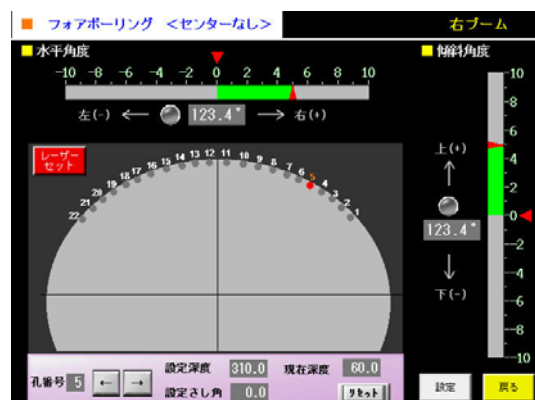


図3 作業誘導画面例 (FP センター削孔なし)

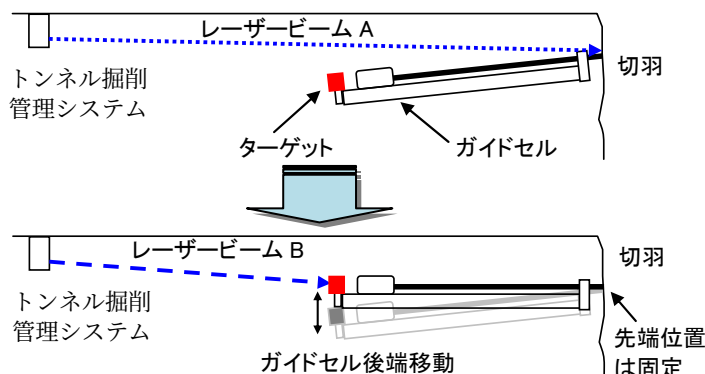


図4 ガイドセル位置角度情報の初期化作業

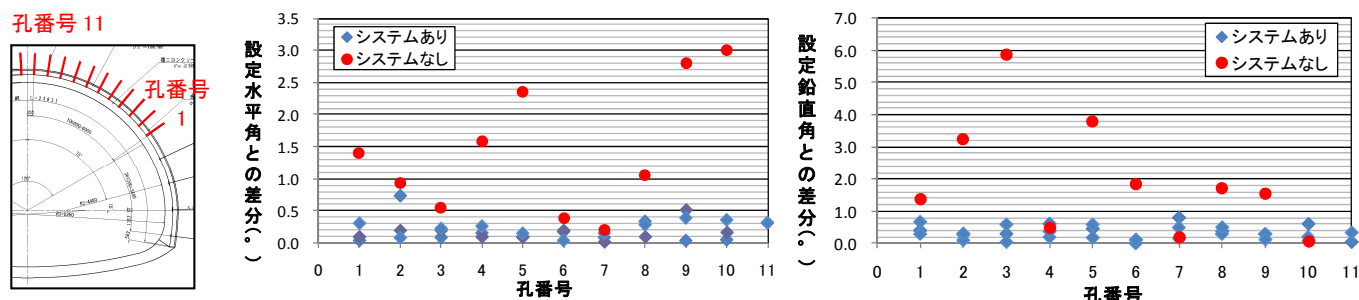


図5 システム使用の有無に伴う FP 打設試験施工時の目標設定値と実績値の差分 (DⅢパターン, 目標設定さし角: 25°)

表1 システムの使用/不使用による比較結果まとめ

フォアボーリング	目標設定値と実績角度との差分(°)						のみ移動 時間 (sec)
	水平角			鉛直角			
	平均	最大	最小	平均	最大	最小	
システム使用	0.2	0.7	0.0	0.3	0.8	0.0	17
システム不使用	1.4	3.0	0.2	2.0	5.9	0.1	9

3. 試験施工結果

主に砂岩泥岩互層から成るトンネルの DⅢ区間掘削時において、FP の打設角度管理に本システムを適用した。図5に示すように右断面で同じオペレータを対象とし、システム使用／不使用の場合の比較結果を表1にまとめる。システムを使用した場合、水平角で平均0.2°(最大0.7°)、鉛直角で平均0.3°(最大0.8°)とばらつきは少なく、使用しなかった場合は水平角で最大3.0°、鉛直角で最大5.9°という角度差が得られ、角度管理における本システムの有効性が示された。ただし、のみの移動時間は、システム使用に伴い8秒程度の遅れが見られたものの、サイクルに大きな影響は与えないと考えている。

4. おわりに

山岳トンネルの施工に欠かせないドリルジャンボによる全削孔作業の角度管理に有効なシステムを構築することができた。今後は本システムの現場適用を重ね、システムの操作性向上に向けた改善を適宜図っていく予定である。

【参考文献】

- 山下ほか：トンネル発破工法におけるさし角誘導支援システムの開発，土木学会第64回年次学術講演会，VI-323，2009。
- 千々和ほか：新たな発破掘削技術による余掘り低減効果についての検証，土木学会第65回年次学術講演会，VI-027，2010。
- ジェオフロンテ研究会：山岳トンネルにおける ICT 活用事例，pp.22-27，2010。