

切羽での迅速な定量的評価を目指した簡易 3D スキャナによる切羽形状測定

鹿島建設（株） 正会員 ○石橋 豊，岩野 圭太，手塚 康成，浜本 研一，木村 克己
オリカジャパン（株） 安藤 宏

1. はじめに

山岳トンネル掘削では、できる限り余掘りを抑えた掘削が求められる。しかしながら発破掘削では、一般的に発破直後の坑壁は凹凸が大きく、あたりの有無や余掘りの程度を坑壁面全体で確認することは困難であるため、あたりの見落としによる重機再入替や、必要以上のあたりとり（余掘り）などによるサイクルタイムや材料のロスの原因になりうる。切羽や坑壁面全体を把握する手法として既往の光波測量機や 3D スキャナによる計測が考えられるが、迅速性や経済性に劣る課題があった。本稿では、あたり・余掘りの定量的な情報を迅速に測定・把握する簡易 3D スキャナを開発し、現場に適用した。併せて、設計に対する余掘り量や吹付け量が迅速に算定できるトンネル発破掘削の総合管理ソフトを現場に導入し、検証した結果を報告する。

2. 簡易 3D スキャナの開発

市販の 3D スキャナによる切羽/坑壁形状の計測は、高精度計測が可能であるが、機器が非常に高価である上、測定に時間がかかり掘削サイクルに影響する。この課題を解消するため、安価な 2 次元レーザースキャナに測定架台の回転機能を付加することにより、立体形状を測定する簡易 3 次元スキャナを開発した。本機は、ターゲットの後方からの視準により 3 次元絶対座標の取得も可能であり、またバッテリー化により現場での計測作業の省力化を図っている。

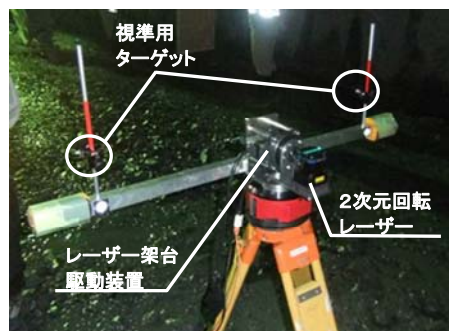


写真1 簡易 3 次元スキャナー

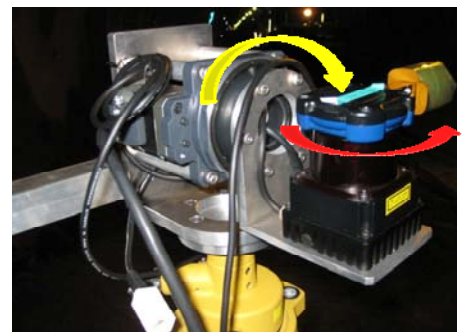


写真2 スキャン部分（拡大）

3. トンネル現場への適用

簡易 3D スキャナの操作性等の検証のため、トンネル現場へ適用した。適用試験は、（仮称）丹生トンネル（トンネル延長 570m）にて行った。表 1 に示すように 3 回の発破に対し発破ズリ出し直後（吹付け前）と吹付け後のスキャニングをそれぞれ行った（合計 6 回計測）。その結果、計測自体は 1～2 分、据付から撤去まで全体で 7 分程度で完了し、施工サイクルに影響を与えない迅速な計測ができることを確認した。また、切羽にて簡易に切羽凹凸を表示できることを確認した。

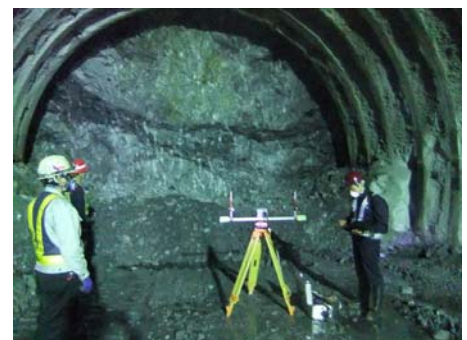


表 1 発破及びスキャニング条件

発破回数	発破位置	進行長	削孔数	装薬量	切羽スキャン
1回目	上下半	1.0m	82孔	30.0kg	1-1 ズリ出し後 1-2 吹付け後
2回目	上下半	1.0m	80孔	28.2kg	1-1 ズリ出し後 1-2 吹付け後
3回目	上下半	1.0m	73孔	22.4kg	1-1 ズリ出し後 1-2 吹付け後

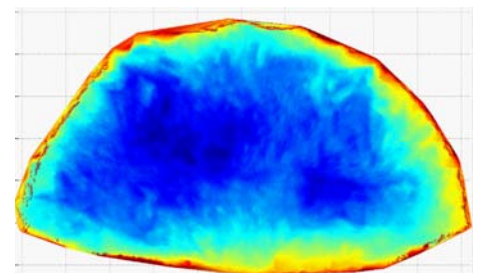


図 1 スキャン直後の切羽形状表示

キーワード 山岳トンネル，発破， 3 次元スキャナ，切羽，余掘り，あたり

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設（株）技術研究所 TEL 042-489-6593

4. トンネル掘削総合管理ソフトの導入とスキャンデータの設計との比較

簡易 3D スキャナにより取得した切羽形状データの迅速な 3D 図化を行うため、トンネル発破データの総合管理システム (ShotPlusT2premiere : オリカ社と共同で検証中) を導入した。本システムは、トンネル線形/設計断面データ、発破パターン、削孔データ、切羽スキャンデータ等を取り込み、発破掘削に関連するデータの一元管理が可能である。図 2 に切羽の 3 次元形状 (補助

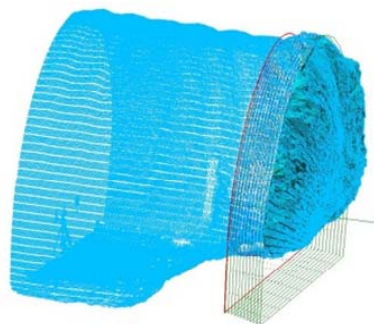


図 2 切羽の 3 次元表示

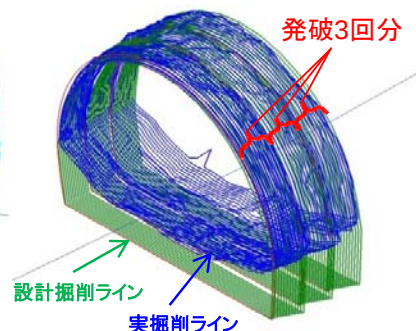


図 3 設計と実掘削ライン

ベンチ付全断面工法) の表示を示す。また図 3 には、3 次元絶対座標により設計掘削ラインと実掘削ラインを重ねて表示した。図 4 には、各 3 回の発破について、設計掘削ラインと実掘削ラインの断面図を重ねて表示した。3 回の発破を通じてややトンネル右側に余掘りが相対的に大きいことが分かる。

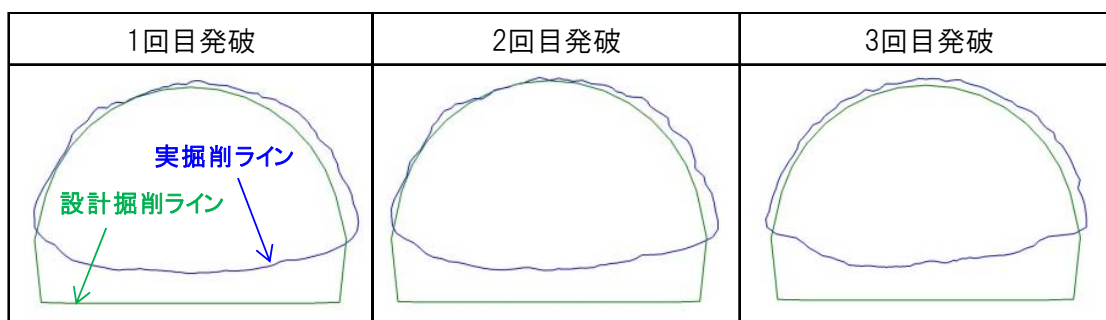


図 4 設計掘削ラインと実掘削ラインの比較 (2 次元断面)

5. 吹付け体積の試算

同システムの処理機能を使い、吹付け前後の体積計算から吹付け量算定を行った。図 5 に示すように、設定 TD から進行長 1m 分かつ SL ラインより上方で囲まれた体積を計算し、吹付け前後の体積の差分を吹付け量とした。またこれに基づき推定の平均吹付け厚を求めた。図 5 の場合では、平均吹付け厚は 204mm となり、設計厚 (150mm) を十分満足していることが分かる。また、以上の切羽形状の 3D 表示や定量的な評価は、トンネル線形や設計断面等を事前に入力しておくことで、容易に結果が得られており、処理端末を現場に持ち込むことでデータ取得から処理完了まで短時間に処理も可能で、次工程への迅速なフィードバックにもつながる。

体積計算する範囲	ズリ出し後(吹付け前)	吹付け後	吹付け量計算
体積計算範囲はSLラインより上方、かつ奥行1.0m分	47.5m³	44.4m³	体積差分 3.1m³ ↓ 平均吹付け厚(推定) =204mm (設計厚150mm)

図 5 スキャンデータに基づく吹付け量算定の試算

6. まとめ

現場で非常に迅速に切羽形状が計測できる簡易 3D スキャナを開発し、トンネルに適用した結果、迅速な計測で切羽の 3 次元絶対座標が取得できることが分かった。市販の機種に比べ廉価なため、今後多数のトンネル現場への展開が見込まれる。また、発破の総合管理システムの導入により、発破面全体の余掘り及び吹付けの定量的な検討を行った結果、簡易 3D スキャナの計測精度・システムの処理時間ともに十分に実用的であることが分かった。今後も継続的に検討を重ね、より現場で使いやすいシステムの構築を進めていく予定である。