

3D レーザスキャナを用いた覆工コンクリートの出来形測量自動化

五洋建設	与部沢トンネル工事事務所	正会員	○前田智之
五洋建設	技術研究所	正会員	石田 仁
五洋建設	技術研究所	正会員	藤田真司
五洋建設	土木設計部		脇坂 剛

1. はじめに

建設業は、少子高齢化が進む中で、深刻な労働者不足になっており、労働生産性の向上が課題の一つである。本稿は、東北地方整備局発注の国道 106 号 与部沢トンネル工事において、労働生産性向上を目的に実施した自動計測技術について報告する。

2. 3次元スキャナによる自動計測の概要

本技術は、Leica MS60 という 3D レーザスキャナとトータルステーション両方の機能を有する測量機器を用い、従来個別に実施していたトンネル掘削時の地山変位計測と覆工コンクリートの出来形測量を同時に自動で行い、かつ、ヒートマップを作成し、計測人員と計測時間および資料作成時間の削減を図るものである。本技術の概要とデータの流れを図-1 に示す。

地山計測はトンネル掘削の進行に伴い通常の頻度で日常的に実施する。測点を見通しできる任意の地点に MS60 を据え、基準点 3 点の自動後方交会を行い、据付地点を座標付けする。座標付け後、地山計測を自動で開始する。地山変位の計測の結果が設定した収束基準を満足した場合に、吹付けコンクリート面を自動でスキャニングして点群データを取得する。一度の据付けで地山計測と吹付け面の測量が同時にできる。覆工コンクリートの出来形測量は、覆工の仕上がり後にスキャニングし点群データを取得する。覆工コンクリートの厚さ（以下、巻厚と称す）は覆工と吹付けコンクリートの仕上がり面の点群データを差分して算出する。

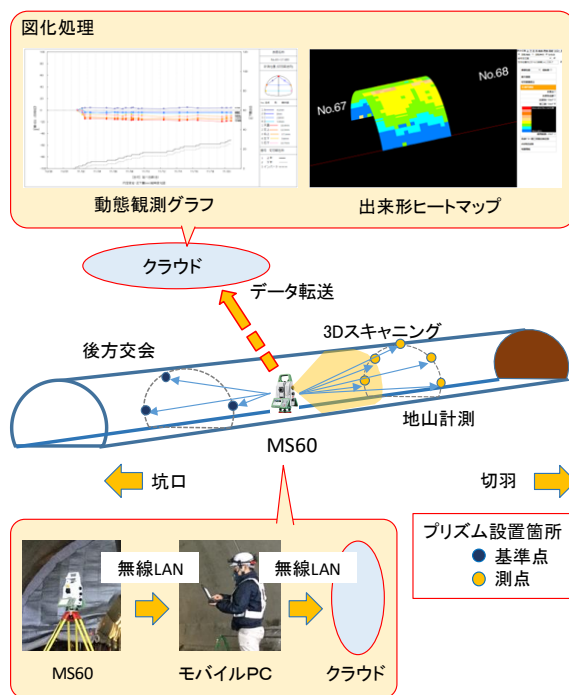


図-1 本技術の概要とデータの流れ

3. データの取得と活用方法

MS60 で測定したデータはモバイル PC で自動取得され、自社クラウドに自動で送付される（図-1）。地山計測（動態観測）データは、自動でグラフ化して自社クラウドの情報収集共有システムに表示、発注者や現場での打合せに活用する。吹付けと覆工仕上がり面の測量データは、検査に直接利用するための覆工コンクリート出来形や巻厚を対象に、数値だけでなく、自動的にヒートマップに変換する。測量、データ取得、処理、共有まで自動で実施し、計測・測量の人員と時間および資料作成業務が削減できる。なお、面的測量の計測密度は、実用的な測量時間とするため 1m^2 あたり 4 点とした。

4. 測定結果

本技術を採用した結果、地山計測と吹付け仕上がり面の測量で、MS60 の据付けとデータ取得に 1 名の作業者を要し、計測時間が 10 分程度、その内訳は据付け 3 分、計測 5 分、データ取得・片付け 2 分であった。覆工仕上がり面の測量も同程度である。従来方法に比べ、計測・測量の人員と測量時間および資料作成時間の削減が期待できる。

キーワード 3D レーザスキャナ、自動計測、自社クラウド、情報収集共有システム

連絡先 〒028-2513 岩手県宮古市川内第 7 地割 98 番 1 五洋建設（株）与部沢トンネル工事事務所 TEL 0193-65-6325

実際に測定した覆工コンクリート出来形のヒートマップを図-2と3に示す。この結果を用いて、従来手法での測定データと比較し、精度検証を行った。従来手法による検測箇所を図-5に示す。巻厚のヒートマップの数値は、覆工仕上がり面の計測点からみて、吹付け仕上がり面の近接3点を抽出して、その3点が形成する平面を算出し、覆工仕上がり面の計測点から、その平面までの垂線距離とした。精度検証の結果を表-1、2に示す。巻厚の測定結果は、防水シートの厚み約4mmを加味すると、概ね10mm程度の差異におさまった。しかし一部で差が10mmを超過した。これはトンネル上部の風管や側面の配管など、測量時に陰となる部分があり、計測不能や大きな誤差が発生したためである。本技術を用いた巻厚の測量精度は、仮設などの障害物などの影響がある場所を除けば、従来法と同程度であり、計測密度も1m²あたり4点で十分であるといえる。

5. おわりに

本技術によって、従来手法の精度を確保しながら、地山計測、覆工コンクリートの出来形や巻厚の測定および書類作成作業時間の短縮ができることが分かった。一方で、障害物によって測定が困難な箇所が一部発生した。存在が明確に判別できない部分、色付きの点群や写真等で記録しておくなど、何らかの方法で出来形計測対象の面（今回はコンクリート面）と区別するなどの対策が必要である。また、本技術のような新しい取り組みを実用化していくためには、出来形管理、電子納品等の基準の改定も同時に行う必要があると考える。

謝辞

本技術は国土交通省「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」の助成を受けたものである。また、発注者である国土交通省 東北地方整備局 岩手河川国道事務所には、取り組み全般にわたり、多大なご協力を賜った。ここに深く謝意を表する。

表-1 覆工コンクリート厚さ測定結果の従来手法とヒートマップの比較 (凡例 青:差 50mm 以上)

	①		②		③		④		⑤		⑥		⑦		⑧		⑨	
	従来 手法	ヒート マップ	従来 手法	ヒート マップ	従来 手法	ヒート マップ	従来 手法	ヒート マップ	従来 手法	ヒート マップ	従来 手法	ヒート マップ	従来 手法	ヒート マップ	従来 手法	ヒート マップ	従来 手法	ヒート マップ
a	450	464	505	523	-	535	520	540	-	520	530	541	-	567	540	553	470	502
b	455	478	530	531	555	560	540	533	530	535	-	539	540	559	510	520	435	457
c	440	446	510	510	520	537	525	533	510	515	545	544	550	558	520	530	460	464
d	430	413	495	513	540	534	-	548	-	532	-	549	575	521	545	560	470	487
e	430	445	515	537	-	537	520	529	505	510	520	527	-	563	525	540	440	477
f	470	486	525	533	510	521	505	510	500	509	510	512	510	532	495	512	415	434

表-2 覆工コンクリート厚さ測定結果の差分

測点	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
a	10	14	-	16	-	7	-	9	28
b	19	-3	1	-11	1	-	15	6	18
c	2	-4	13	4	1	-5	4	6	0
d	-21	14	-10	-	-	-	-58	11	13
e	11	18	-	5	1	3	-	11	33
f	12	4	7	1	5	-2	18	13	15

凡例 赤:差 20~50mm, 青:差 50mm 以上

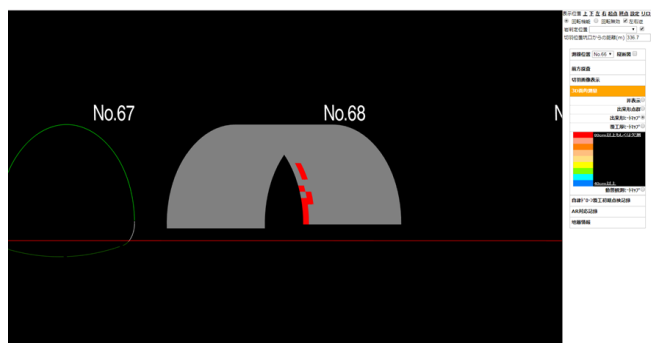


図-2 覆工コンクリート面のヒートマップ

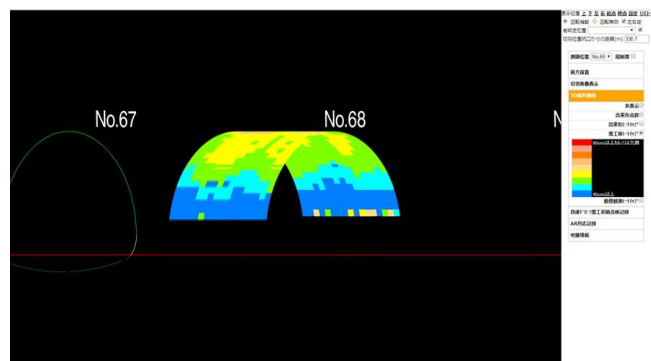


図-3 覆工コンクリート厚さのヒートマップ



図-5 従来手法による巻厚測定位置(平面)