

山岳トンネルDigital 出来形測量精度に関する考察

(一社) 施工技術総合研究所研究第一部 正会員 藤田 一宏
(株) 岩崎技術本部 非会員 奈良 久
清水建設(株) 北陸支店土木部 正会員 〇谷村 浩輔
清水建設(株) 土木技術本部地下空間統括部 非会員 楠本 太

1. はじめに

Digital 出来形測量で得られる切羽進行とともに変化する吹付け面形状の点群データを用いて、点群データ間の差を多心円中心に向かうトンネル変形挙動として求め、閾値で色調表示、可視化し、トンネル安定性を評価する(JSCE, VI-786, 2022). 切羽から 1D(D は掘削幅) 範囲内のトンネル増分変形の工学的評価には、Digital 測量精度±3mm の確保が基本条件と考えられ、この方法の Digital 測量精度を現地調査で確認した.

2. Digital 出来形測量方法

Leica brand ScanStation P40 によるトンネル Digital 出来形測量は、1 掘進長の掘削面と吹付け面の出来形確認検査を基本とし、出来形評価範囲は、切羽後方 13m としている. Local 座標と Global 測量座標を関連付ける Target 3 点は、4.5inch B&W scanning Target と Prism Target の差し替えによる自動認識 Target system を採用し、計測器 P40 から 1.5m 半径内に固定し、TS で自動視準、Global 測量座標を計測、Leica brand Cyclone Fieldworx に付与する. その後、計測器 P40 で点群データを取得し、Registration error を評価、Global 測量座標に変換する. P40 の後方 10m 位置の計測点間隔は 12.5mm を基本とし、計測器周辺で約 5mm、点群データ数は約 1 千万点である.

3. Digital 測量誤差評価範囲

Digital 出来形測量は、掘削サイクル切羽後方の覆工面に既施工先端測点を想定、測量誤差評価範囲は 13m である (図-1).

4. Target 配置パターン

Target は 4.5inch B & W scanning Target と Prism Target の差し替えによる自動認識 Target system を採用、Target 配置パターンは 3 パターンである (表-1).

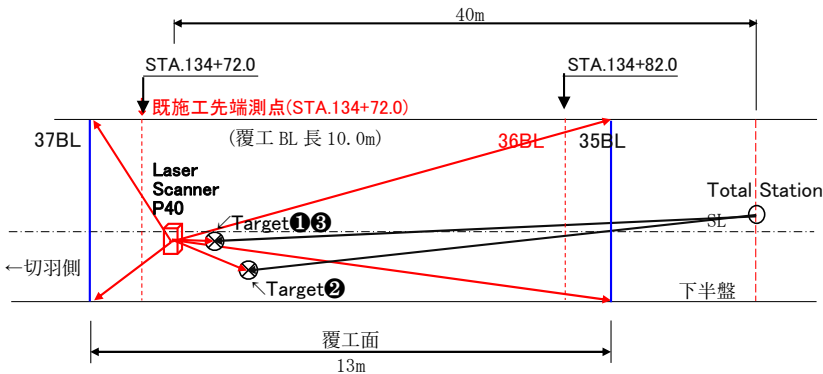


図-1 P40と自動認識ターゲット配置概要(Type2)

表-1 Target 配置パターン設定(単位 m)

Type	P40 計器軸	Target ①③			Target ②		備考
		水平 a	水平 b	軸方向 d1	鉛直 c	軸方向 d2	
1	鉛直	1.0	1.0	-1.0	-0.5	-2.0	TS 計測, P40 測量 3 回
2						-1.5	TS 計測, P40 測量 3 回
3	傾斜						P40 測量 3 回

*1 軸方向 d1, d2: -は坑口側を表わす.

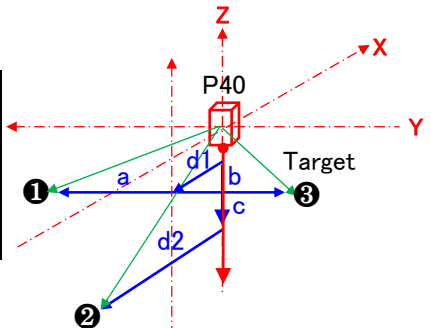


図-2 P40と自動認識ターゲット配置

5. Digital 出来形測量誤差評価方法

3 タイプ 9 ケースの Digital 出来形測量は、再現性、Target 配置パターンの違い、計器軸 P40 傾斜角の違いについて、各ケースの点群データ間の差を算定、色調表示し、Digital 測量誤差を評価する (表-2, 表-3).

キーワード: Digital 出来形測量, 測量精度, 点群データ, 再現性, Target 配置パターン

連絡先: 石川県金沢市玉川町 5-15. TEL. 076-220-5555, Fax. 076-233-2908, E-mail: tanimura.k@shimz.co.jp

6. TS 測量座標計測誤差

Target からの距離が約 40m 離れの TS による Target3 点の計測誤差の 3 回平均値からの差は± 0.4mm 以下であり、高精度の TS 測量座標計測である(図-3)．測量座標 X 方向は、Target①②③ともに大きくばらつき、これが Y 軸廻りの回転角 θ_y の同定精度に影響し、鉛直 Z 方向にケース間の差が生じやすい．

7. Registration Error

Registration error 平均値の最大は、1.2mm である．最大は case3-3 の 1.8mm である(図-4)．Target②位置の違いでは、測量誤差の大きい Type2 の方が大きい．P40 器械軸傾斜の違いでは、計器軸を大きく傾けた case3-3 が最も大きい．

8. 点群データ再現性

点群データ間の差の Digital 測量誤差が 3mm 未満(緑)の範囲は、Type1 は P40 から前方 3m～後方 8m 間、Type2 は前方 3m～後方 9m 間、Type3 は前方 3m～後方 10m 間となり、工学的評価は可能である(図-5)．Type1 と Type2 とともに、Y 軸方向の TS 測量誤差が 0.1mm を超えると、X 軸廻りの誤差が生じ、P40 の後方肩部にその影響が現れる．

9. P40 計器軸傾斜の影響

P40 計器軸が鉛直 Type2 の case2-3 と傾斜 Type3 の case3-3 の点群データ間差の Digital 測量誤差は± 3mm 未満(緑)であり、Cyclone Fieldwox の計器軸傾斜補正が機能し、TS 測量座標誤差を考慮する Registration が行われ、Digital 出来形測量精度±3mm 確保に有効である．

10. まとめ

自動認識 Target system の Mobile Laser Survey 山岳トンネル Digital 出来形測量検測 system を製作、現地調査で Digital 出来形測量精度±3mm を確認、この方法による出来形検測の有効性を実証する予定である．

表-2 Digital 測量誤差評価

Type	P40 計器軸	Case	再現性	Target② 位置の違い	計器軸 傾斜の違い
1	鉛直	1-1	① ③		●
		1-2	①②	●	
		1-3	②③		
2	鉛直	2-1	① ③		
		2-2	①②		
		2-3	②③	●	●
3	傾斜小	3-1	① ③		
	傾斜中	3-2	①②		
	傾斜大	3-3	②③		●

表-3 測量誤差色調表示 (点群データ間の差)

閾 値	色	備 考
2mm 未満	グレー	
2mm 以上	緑	Digital 測量精度が確保できている
3mm 以上	黄	工学的評価は可能である
5mm 以上	赤	過大な誤差があり適用性に課題あり

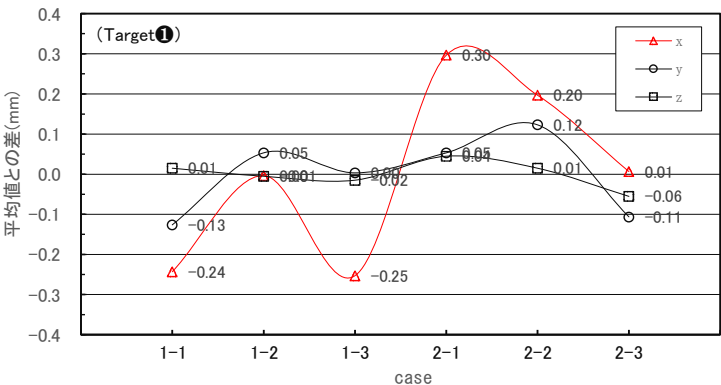


図-3 Target 測量座標誤差 (Target①)

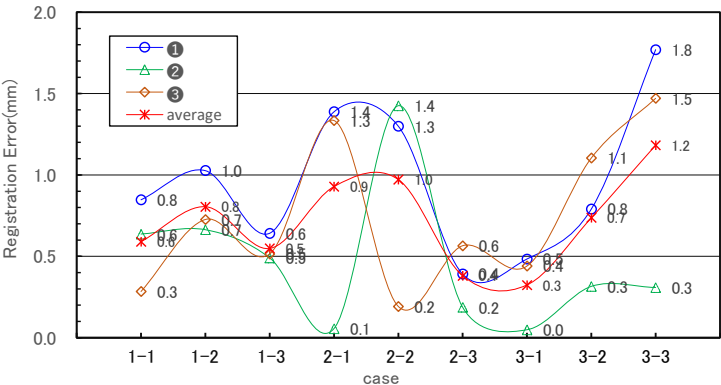


図-4 Registration Error

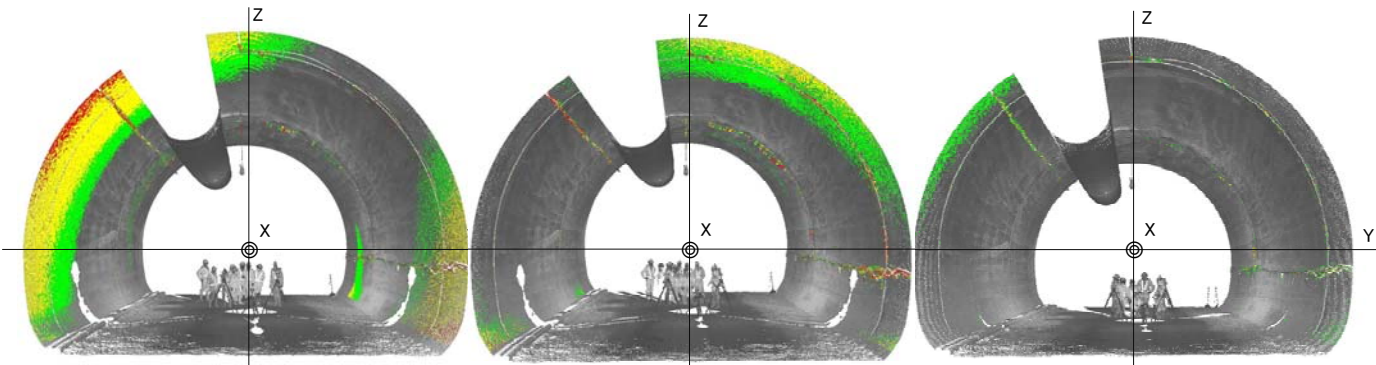


図-5 Digital 測量誤差色調表示 (Type1:case1-2 と case1-3 / Type2:case2-1 と Case2-3 / case2-3 と case3-3)