

山岳トンネル Digital 出来形測定の計測誤差

西日本高速道路(株)関西支社和歌山工事事務所 非会員 信永 博文
 西日本高速道路(株)関西支社技術課 正会員 山中 慎也
 清水建設(株)関西支店川辺第一トンネル作業所 正会員 木村 厚之
 清水建設(株)関西支店川辺第一トンネル作業所 正会員○山本 将

1. はじめに

山岳トンネル出来形を施工サイクルの切羽で確認, 検測する 3D-Laser scanner を用いた Digital 出来形測量を試行している. この Digital 出来形測量は, 掘削サイクルタイムに影響しない測量方法の採用と測量精度の確保が基本条件である. ここでは, バック点ターゲット自動スキャンで Global 座標を与える後方交会法 Digital 測量方法について, 現地調査で, 計測誤差を確認した.

2. Digital 測量方法

吹付けコンクリート工の前後 2 回, 掘削面と吹付け面を 3D-Laser Scanner の Leica ScanStation P40 を用いて, Digital 出来形測量を行う(表-1, 図-1).

その都度, Total Station でバック点 2 点の 3次元座標を測定, これを用いて Local 座標の点群データを Global 座標に変換する. この点群データと出来形的设计値や施工目標値の差を PC 画面に色調表示し, 出来形を確認, 検測, 評価する.

3. 施工方法と計測対象

Digital 出来形測量は, 湯浅御坊道路川辺第一トンネルの設計 DIIIa パターンで実施した(図-2). 施工方法は, 球面切羽の全断面工法爆破掘削である. Digital 出来形測量は, 施工サイクルの切羽で, 吹付けコンクリート工の前後で 2 回実施した. 計測した点群データを用いて, 設計 DIIIa パターンの施工目標(表-2)と比較し, 出来形を確認, 評価する. Target Line は, 施工目標の吹付け仕上がり線位置をあらわす. Pay Line は, 設計余掘り線をあらわす.

計測誤差評価のための Digital 測量範囲は, 計測器前方の切羽と掘削面および後方 10m 間とする.

測点間隔は最大 5mm, 測点数は 1 千万点である. 1 回当たり計測時間は 10~15 分である.

表-1 Laser scanner (ScanStation P40) 性能

製造会社	Leica
スキャンスピード	最大 1,000,000 点/秒
レーザークラス	クラス 1
計測精度 (数値処理後)	±3mm (±6mm)

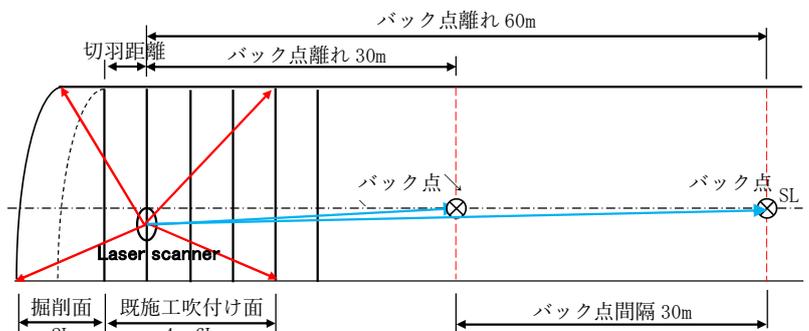


図-1 出来形測量範囲とバック点配置概

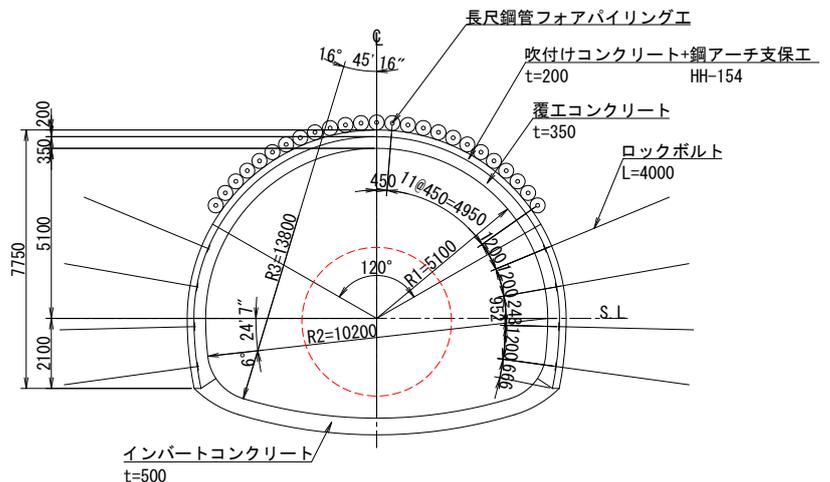


図-2 設計パターン (DIIIa)

表-2 設計と目標基準線 (爆破掘削, 標準歩掛り)

地山等級	掘進長 L (m)	設計 (cm)				目標線 (覆工背面からの距離)		
		吹付け厚	余巻き	余吹き	余掘り	Target Line (cm)	Design Line (cm)	Pay Line (cm)
DIIIa	1.0	20	6	9	15	5+2.5	6	35

キーワード : 全断面工法, Digital 出来形測量, Laser scanner, 後方交会法, 計測誤差

連絡先 : 〒649-1325 和歌山県日高郡日高川町中津川 1357-2, Tel. 050-5578-4792, yamamoto.s@shimz.co.jp

4. 計測ケースと誤差評価

切羽距離とバック点離れをパラメータとする計測ケースを設定, Digital 測量を行い, 計測ケース間の座標値の比較により, 計測誤差を評価する(表-3).

計測誤差評価方法は, 2つの点群を重ね合わせ, 近傍点との距離の二乗和の最小化を繰り返し計算で求めるICP(Iterative Closest Point)法で行う.

計測誤差の評価項目は, 点群データの再現性, 切羽距離(1mと3m)の違いおよびバック点離れ(30mと60m)の違いとし, 計測精度に及ぼす影響を調査する.

表-3 測定ケース設定(1切羽測定)

計測時期	計測ケース名	切羽距離(m)		バック点離れ		評価項目		
		1m	3m	30m	60m	再現性	切羽距離	バック点離れ
吹付け前	1-1	○		○			①	①
	1-2	○			○		②	①
	2-1		○	○			①	②
	2-2		○		○		②	②
ケレン後	3-1	○		○		①		③
	3-2	○		○		①		④
	3-3	○			○	②		③
	3-4	○			○	②		④
	4-1		○	○				⑤
	4-2		○		○			⑤

(3-1)と(3-2), (3-3)と(3-4)の計測は, 計測器は固定, 移動なしで測定

5. 計測結果

(1)再現性

Leica ScanStation P40 を切羽から 1m 位置に据え付け, 吹付け面を連続して 2 回計測する. 計測誤差は, バック点離れ 30m と 60m とする吹付け面について図-3 に示す. これから, 計測誤差は, Leica ScanStation P40 の計測精度の±3mm 以内の 1.0mm 以下であり, 点群データの再現性を確認した. なお, 同一点を 2 回観測すれば, 計測誤差はほぼ 0mm と推定されるが, 若干の誤差が生じた原因として, Leica ScanStation P40 の計測開始始点の位置誤差によるものと考えられる.

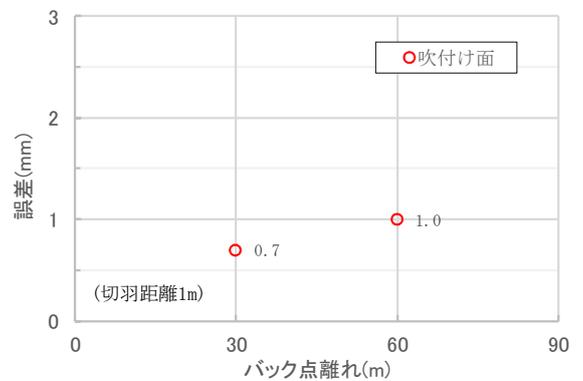


図-3 点群データ再現性

(2)バック点離れの影響

計測誤差は, 図-4 に示すように, 切羽距離の違いにかかわらず 1.8 mm 以下である. バック点が 60m 程度離れていても, バック点離れの違いによる計測誤差に有意な差はなく, Leica ScanStation P40 の計測精度±3mm 以内である.

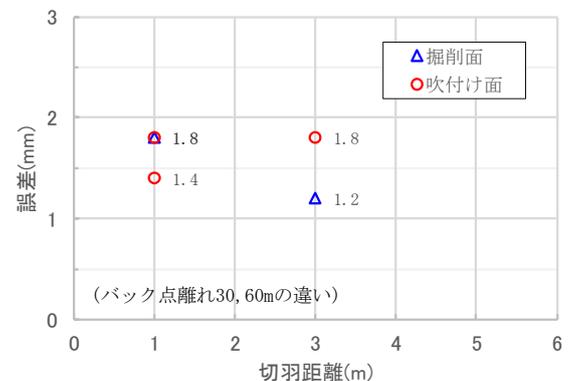


図-4 測定誤差(バック点離れの違いの影響)

(3)切羽距離の違い

切羽距離が 1m と 3m の違いによる計測誤差は, バック点離れを 30m と 60m とする掘削面について図-5 に示す. これから, 切羽距離が 1m と 3m の違いによる計測誤差は, バック点離れの影響は小さく, 1.9mm 以下である. なお, 切羽距離を 3m とすると, 既施工支保工の切羽側端から進行方向の掘削面は, 支保工施工誤差を考慮すると, (吹付け厚+余吹き)の数センチメートル範囲は死角となり, データ処理, 評価の対象外となる.

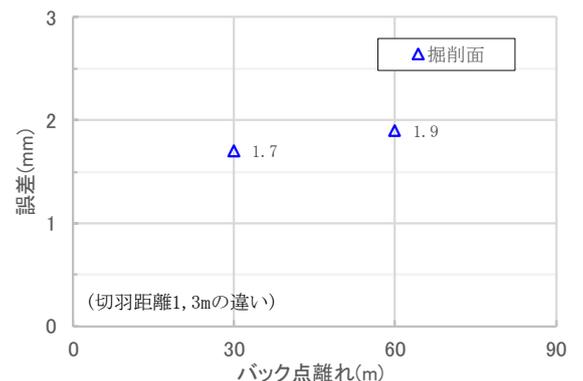


図-5 測定誤差(切羽距離の違いの影響)

6. まとめ

バック点位置を計測器から 60m 内とするターゲット自動スキャン後方交会法の点群データは再現性を有し, 切羽距離, バック点離れの違いが測量精度に及ぼす影響は小さく, 計測誤差は 1.9mm 以下, 計測器精度の±3mm 内であることを確認した. 今後は, 点群点ターゲット自動認識法の計測誤差を調査する.