

## ターゲット自動認識法による Digital 出来形測量精度

中日本高速道路(株)東京支社秦野工事事務所	大川 了
中日本高速道路(株)東京支社秦野工事事務所	西田 匡志
清水建設(株)新東名高速道路萱沼トンネル作業所	正会員○遠藤 大治
清水建設(株)新東名高速道路萱沼トンネル作業所	上仲 亮

### 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，点群点ターゲットを自動認識して点群データを Global 座標に変換するターゲット自動認識法の計測精度について報告する．

### 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 の自動視準で点群点ターゲット 3 点の Global 座標を計測，これを用いて Local 座標の点群データを Global 座標に変換する．この点群データと設計値や施工目標値の差を PC 画面に色調表示，出来形を確認，検測，評価する．

### 3. 調査方法と計測対象

Digital 出来形測量は，新東名高速道路萱沼トンネル上り線設計 DIIIa と D I a パターンで実施した．施工方法は，球面切羽の全断面工法機械/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，各支保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), 50m	±3mm (±6mm)

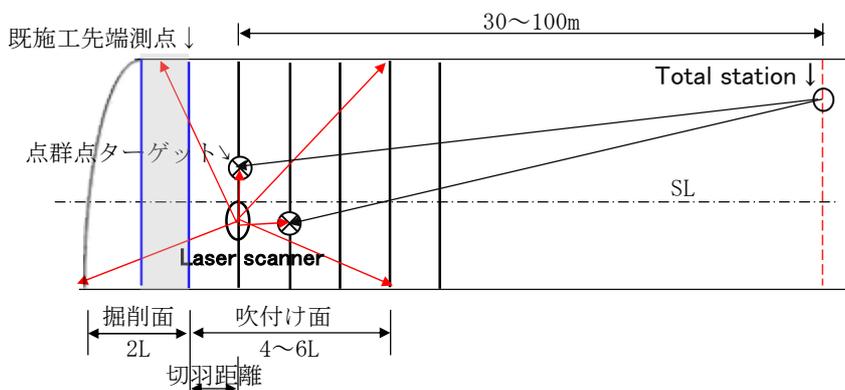


図-1 ターゲット自動認識法(点群点ターゲット)



図-2 点群点ターゲット 3 点配置状況

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+3	6	35
D I a	1.0	10	10	5	15	5+3	10	25

キーワード：全断面工法，Digital 出来形測量，Laser scanner，ターゲット自動認識，計測誤差

連絡先：〒258-0003 神奈川県足柄上郡松田町松田惣領 798 TORC ビル 2F, TEL. 0465-46-7423, daiji@shimz.co.jp

4. 計測ケースと誤差評価

後方交会法とターゲット自動認識法による Global 座標の与え方、計測器据え付けを水準器円の中心とする計測と円の内側とする据え付け精度をパラメータとする計測ケースを設定、Digital 出来形測量を行い、計測ケース間の Global 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。

5. 計測結果

(1)点群点ターゲット 2 点

Global 座標の与え方の違いは、後方交会法(1-1)とターゲット自動認識法(2-1)の点群データを用いて計測誤差を算定する。ターゲット自動認識法の再現性は、(2-1)と(2-2)の点群データを用いて算定する(図-3)。

・後方交会法とターゲット自動認識法の違いによる計測誤差は 3.03mm である。点群点ターゲット位置の観測点群密度を 6.5mm 程度とする計測条件を確保すれば、計測器 P40 の計測精度と同等レベルの計測精度である。

・同条件下の計測では、ターゲット自動認識法の計測誤差は 1.7mm であり、ターゲット自動認識法による Digital 計測で得られた点群データの再現性は高い。

(2)点群点ターゲット 3 点

Global 座標の与え方の違いは、後方交会法(3-1)と計測器の据え付けを水準器円の中心に気泡をあわせる(4-1)の点群データを用いて、MPG(Matching point group)を 5cm とする ICP 法で計測誤差を算定する。据え付け精度の違いでは、(3-1)と水準器円の内側に気泡をあわせる(4-2)の点群データを用いて算定する(図-3)。

・ターゲットを 3 点とする計測誤差は 2.15mm であり、P40 計測精度の±3mm 以下である(図-4)。

・水準器円の内側に気泡をあわせる計測器据え付けの計測誤差は 2.66mm であり、P40 の計測精度の範囲内であるが水準器円の中心に気泡をあわせ水平レベルを確保する方法に比べて計測誤差は大きくなる。

6. まとめ

点群点ターゲットを 3 点、ターゲット位置の観測点密度を 6.5mm 程度、計測器の据え付けを水準器円の内側に気泡をあわせる Digital 出来形測量は、計測器 P40 の計測精度以下を確保できることが示された。今後は、ターゲット自動認識法による Digital 出来形測量を掘削サイクル切羽で採用し、精度と適用性を確認する。

表-3 計測ケース設定

case	支保パターン	計測対象		計測器据え付け		Global 座標化		ターゲット離れ		ターゲット数		評価項目		
		掘削面+既施工5間	吹付け面+既施工5間	気泡を水準器円の中心	気泡を水準器円の内側	後方交会法	ターゲット自動認識法	30m	6m	2	3	(1) Global座標の与え方	(2) 自動認識法の再現性	(3) 計測器据え付け精度
1-1	DIIIa	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2-1	DIIIa	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2-2	DIIIa	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3-1	DIa	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4-1	DIa	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4-2	DIa	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○



(1)Global座標与え方 (2)再現性

図-3 計測誤差 (点群点ターゲット 2 点)



(1)Global座標与え方 (3)据え付け精度

図-4 計測誤差 (点群点ターゲット 3 点)