

## Digital 出来形検測の山岳トンネル覆工適用性

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)関西支店土木第一部 正会員○木村 厚之

## 1. はじめに

山岳トンネル覆工出来形を覆工ブロック(BL)単位に計測, 検査する Digital 出来形検測を試行している。この方法は, 高精度 Laser Scanner と点群データ処理ソフトを用いて, 覆工出来形の点群データを設計値と比較し, その差を PC 画面に色調表示, 覆工出来形を可視化, 数値化, 検測するものである。この方法の覆工とインバート工の出来形検測の適用性を現地調査で確認したので報告する(表-1)。

## 2. Digital 出来形検測システム概要

表-1 出来形検測項目

対象	備考
覆工内空	標準部, 非常駐車帯
覆工厚	標準部, 非常駐車帯
覆工断面変化	非常駐車帯妻, 交差開口部
箱抜き	非常用施設箱抜き
避難連絡坑交差内空	位置, 検測単位
補強鉄筋	鉄筋被り
インバート工内空	
インバート厚	
坑口法面と坑門	RC 構造

TS の自動視準でターゲットの Global 測量座標を計測する。計測器 P40(Leica brand Scanstation)の Cyclone tunnel ターゲット自動認識法を用いて, 覆工施工ブロック(BL)単位に覆工内空面を計測, Global 測量座標の出来形点群データに変換, 取得する。点群データ処理ソフト Pet'sL を用いて, 出来形基準などを検測値とする Global 測量座標のトンネル設計断面と出来形点群データの差を算定, 出来形点群データに色調表示, 可視化し, 検測する(表-2)。

表-2 出来形基準と施工目標基準値

対象	許容, 規格, 施工余裕	備考	
覆工	型枠付加し	1cm	制作余裕
	トンネル内空線	±5cm	設計トンネル内空線(20m 間隔で検測)
	設計覆工線	覆工厚以上	覆工背面位置(R1+覆工巻厚), 検査孔 2+他 3
	型枠直線誤差	2cm(r1000m, L12.5m)	曲線部移動型枠中心とトンネル中心の差
インバート工	インバート内空線	±5cm	設計インバート内空線
	設計インバート線	インバート厚以上	設計インバート掘削線(R3+インバート厚)
	目標インバート掘削線	インバート厚+5cm	設計インバート線+余掘り(Target Line)
鉄筋	設計純被り	84mm	設計被り 110mm
	型枠直線性	型枠からの離れ	BL 両端測点を結ぶ直線をトンネル中心

## 3. 計測方法

計測器はP40を用いる(表-3)。覆工出来形は, 防水シート張り直前の吹付けコンクリート面と覆工養生7日後の覆工面とする。覆工出来形計測は, 対象 BL の中央に

P40 とこれの 5m 範囲内にターゲット 3 点を設ける。インバート工は, 盤下げ後のインバート掘削面と埋戻し前のインバートコンクリート面とする。インバート工は, 対象計測範囲の前後に, 鉄筋被りは, 1BL 長を 3 等分し, 各中央に P40 を据え付け計測する。

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 5 分である。

## 4. 検測結果

Digital 出来形検測は, 湯浅御坊道路川辺第二トンネル覆工モデル施工 BL の D I b で実施した。覆工 BL 長は 12.5m である。Global 座標の点群データは, 設計値との差を閾値で色調表示すると, 図-2~図-6 のようになる。

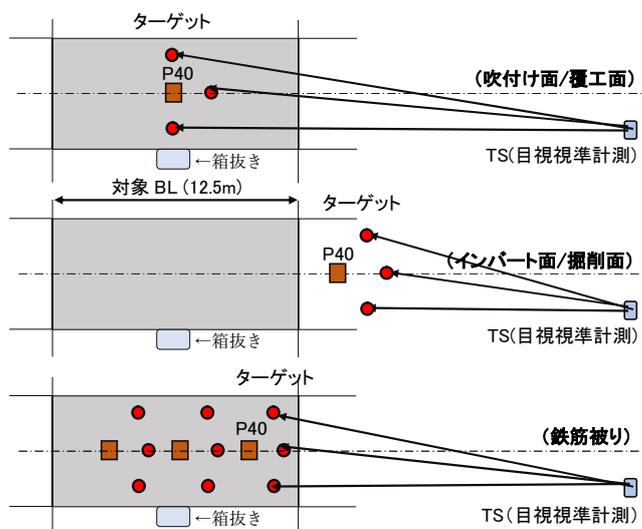


図-1 計測器 P40 とターゲット配置概要

キーワード: Digital 出来形検測, Laser scanner, ターゲット自動視準, 覆工, 覆工厚

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, ayuki.kimura@shimz.co.jp

(1) 覆工内空出来形は、地山側に設計+1～+5cm の範囲(緑)で分布する。左側 SL 上部は、設計±1cm(青)で分布する。左 SL 下インバート近傍は、内空側に設計-1～-5cm 範囲(黄)で分布する。底盤部の部分は、設計-5cm の内空側(赤)で分布する。側部の白は、箱抜きである。右側の赤、白は、坑内仮設備である。覆工出来形は、許容値の設計±5cm を満たす(図-2)。

(2) 覆工厚は、覆工内空面と支保内空面の点群データを用いて算定、設計厚との差を色調表示する。覆工厚は、設計厚 30cm + 余巻き 10cm の範囲(青)で分布し、設計厚は確保できている。天端からアーチ部にかけて、吹付け面の凹形状の影響が覆工厚に現れ、(設計厚+余巻き)以上(緑)で分布する(図-3)。

(3) 鉄筋被りの設計値との差は、閾値で色調表示すると、設計純被り 84mm を満たし設計被り 110mm 以下(青)にあり、鉄筋被り不足はない。一部に、赤表示がみられるが、仮設備を残置した状態で Digital 出来形計測を行ったからである(図-5)。

これらから、P40 から最大 7m 離れの計測端部の点群間隔を 5mm とする 1BL の 3 箇所計測方法は、鉄筋組み状態と鉄筋被りを確認、検出できることが示された(図-5)。

(4) インバート内空出来形は、地山側に設計+1～+5cm の範囲(緑)で分布する。左側は、設計±1cm(青)で分布する。奥側端部は、内空側に設計-1～-5cm の範囲(黄)で分布し、インバート内空出来形は、許容値の設計±5cm を満たす(図-6)。

(5) インバート厚は、インバート内空面と掘削面の点群データを用いて算定し、設計厚との差を色調表示する。インバート厚は、設計厚 45cm 以上(青)で分布し、設計厚は確保されている。インバート厚色調表示で、一部に赤表示がみられるが、インバート掘削面に、仮設材を残置した状態で Digital 出来形測量をおこなったためである(図-7)。

5. まとめ トンネル延長 2000m 級を 1 日で出来形検測する Mobile Mapping System の適用性を調査し、別の機会に報告する。

表-3 Laser scanner (ScanStation P40) 性能

製造会社	Leica 社
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)	±2mm (±5mm)

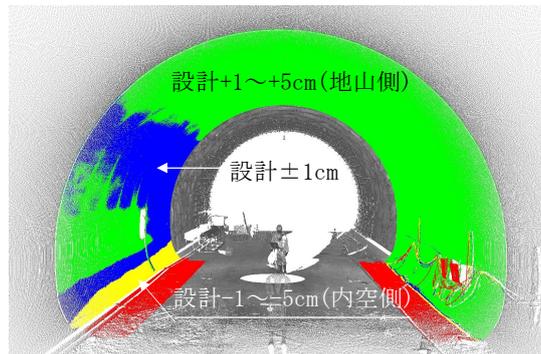


図-2 覆工内空出来形

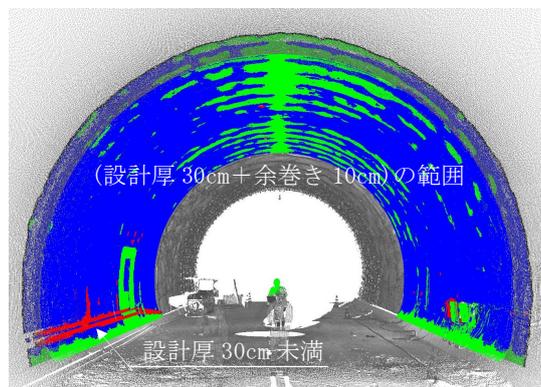


図-3 覆工厚出来形

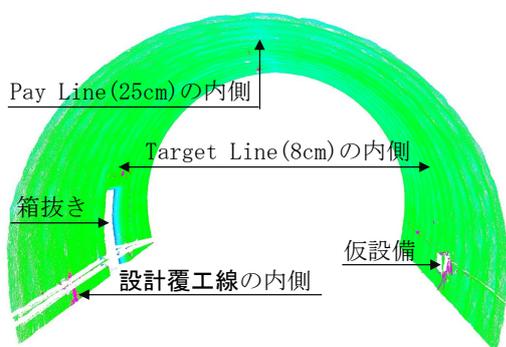


図-4 支保内空出来形

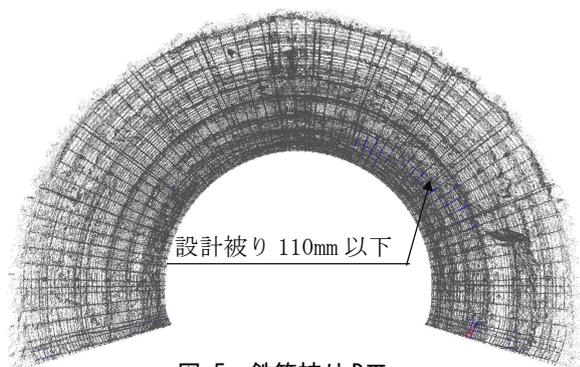


図-5 鉄筋被り DIII a

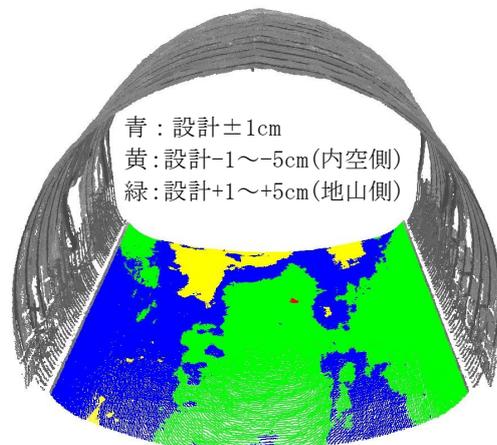


図-6 インバート内空出来形 (DIII a)

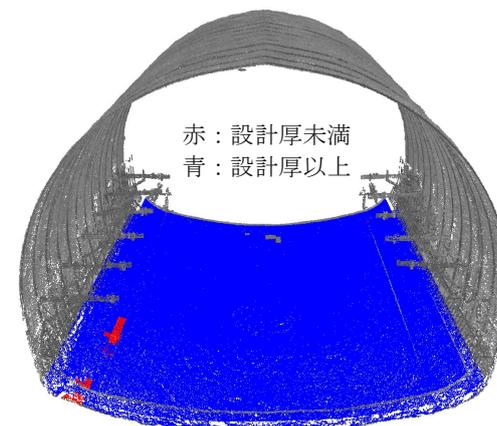


図-7 インバート厚出来形 (DIII a)