

Digital 出来形測量の山岳トンネル適用性

国土交通省近畿地方整備局串本国道維持管理出張所 非会員 笹嶋 和彦
 清水建設株式会社関西支店二色トンネル作業所 正会員 谷村 浩輔
 清水建設株式会社関西支店二色トンネル作業所 正会員○小林 聖二

1. はじめに

すさみ串本道路（仮称）二色トンネルは、トンネル延長の約60%は、小土被りで破碎帯を介在し、地山等級がDIIとされる塑性地山の出現が予想された。このため、大背先行掘削の上半先進ベンチカット工法をトンネル施工の基本とし、切羽観察で地山性状と地山等級を把握、評価するとともにDigital出来形測量で掘削素掘り面の安定性を数値化し、地山最適なトンネル施工法が選択できるようにして、トンネルの安定を確保することにした。

2. トンネル概要

二色トンネルは、和歌山県串本町に位置し、トンネル延長365m、掘削断面積116m²、内空幅が11.56mの大断面トンネルである。地質は、泥岩、泥岩優勢互層が分布する。坑口部の小土被り低強度地山は、地山強度比が0.4~1.6のDII塑性地山と推定され、地山条件に応じて、早期閉合パターンDIIIcを採用する。

3. Digital 出来形測量方法

3D-Laser scanner Scanstation P40 cyclone tunnel (Leica brand) のターゲット自動認識法と山岳トンネルDigital出来形測量システムPet'sSを用いて、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、Digital出来形測量を行う(写真-1, 表-3)。

計測器P40は、切羽から1~3m後方、水準器円の中に気泡が入る程度の水平を確保して据え付ける。点群点targetを3点設け、Digital計測時に自動認識する。TargetのGlobal座標計測は、TSの自動視準計測で行う。点群データ数は約1千万点である。Global座標点群データは、支保パターン別の設計値、施工目標値と比較、その差を数値化、PC画面に色調表示し、掘削面、吹付け面、吹付け厚の出来形を確認、検測する(図-1, 表-1, -2)。

表-1 出来形評価と対応

| タイミング | 確認・検測項目 | 出来形対応 |
|-------|---------|---------------|
| 掘削後 | 切羽鏡掘削面 | 不安定岩塊除去 |
| | 掘削面当たり | 当たり部除去, 補助工検討 |
| 吹付け後 | 吹付け面当たり | 当たり部除去 (赤) |
| | 過大余掘り域 | 補正吹付け (赤) |
| | 吹付け厚 | 補正吹付け (赤) |
| | 鏡吹付け厚 | 補正吹付け (赤) |
| | 支保構造当たり | 再施工 (赤) |

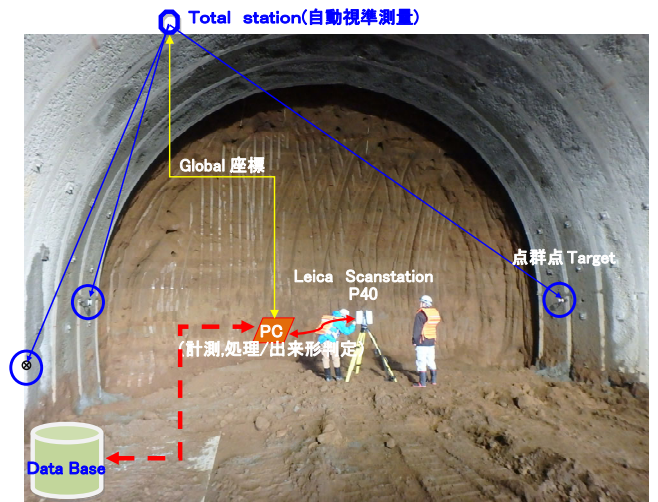


写真-1 Digital 出来形測量状況例

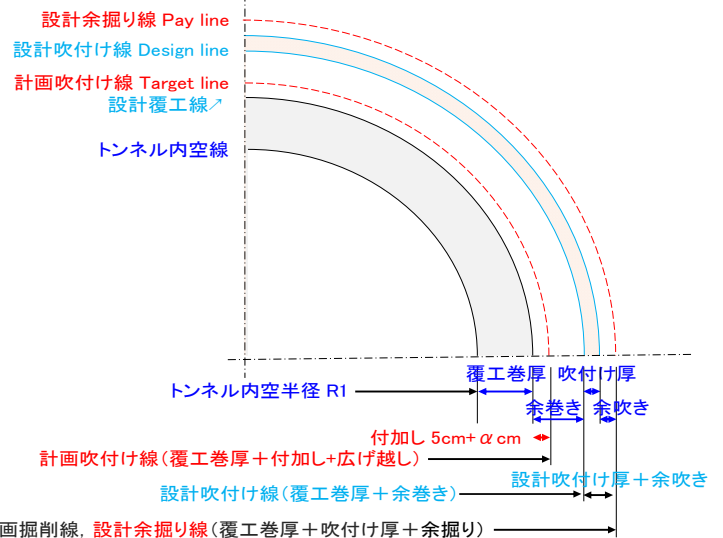


図-1 設計と目標基準線概念

表-2 設計と施工目標基準線

| 地山等級 | 設計 (cm) | | | | 施工目標基準線 (cm) | |
|-------|---------|-----|-----|-----|--------------|----------|
| | 吹付け厚 | 余巻き | 余吹き | 余掘り | Target Line | Pay Line |
| CIIb | 15 | 13 | 7 | 20 | 7 | 35 |
| DI | 20 | 10 | 7 | 17 | 5+(2) | 37 |
| DIIIa | 25 | 10 | 7 | 17 | 5+(5) | 42 |

キーワード: Digital 測量, Laser scanner, 出来形, 検測

連絡先: 〒541-8520 大阪府大阪市中央区本町 3-5-7 御堂筋本町ビル, TEL06-6263-2800, s.kobayashi@shimz.co.jp

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) |

4. 出来形測量結果

(1) 掘削面と崩落規模

低強度 DII 地山の掘削面は、Pay line(余掘り 17cm)+10cm~50cm の範囲(黄)にあり、Pay Line は確保できている(図-2)。天端部は、掘削面は(桃)で表示され、Pay line+50cm 以上となり、掘削面は大きく崩落、過大な余掘りが生じている。(赤)表示は、Pay Line の内空側であり、既施工の鋼アーチ支保工と上半先進ベンチカット工法 1 間分の下半掘削部である。

(2) 球面切羽形状

DI 地山の切羽鏡面は、施工目標球面切羽との差を色調表示すると、大背は(赤)で表示され、目標球面切羽の内空側にある(図-3)。切羽鏡面の上部は黄色で表示され、目標球面切羽の地山側に掘り込まれており、切羽の自立性は確保されている。

(3) 吹付けコンクリート出来形

DI パターンの Digital 出来形測量結果の吹付け厚の色調表示は、図-4 に示す。切羽から坑口側 5 間吹付け面の出来形を図-5 に示す。吹付け厚の出来形は(桃)で表示され、設計吹付け厚 20cm+余吹き 7cm の 27cm 以上で施工されている。切羽鏡吹付け厚も同様に数値化、色調表示され、鏡吹付け厚管理に使用している。

切羽位置から坑口側 5 間の吹付け面は、施工目標(設計覆工背面から地山側に 10cm)~Pay Line(35cm)の範囲に施工されており、当たり箇所はない。

6. まとめ

施工サイクルの切羽で、吹付け工の前後で 2 回 Digital 出来形測量を行うと、トンネル出来形が設計値や施工目標値との差でリアルタイムに色調表示、確認、検出でき、トンネル支保構造の出来形確保を確実にすることが示された。Digital 出来形測量に要する時間は 5 分である。

今後は、覆工やインバート工、鉄筋組みなどの出来形検出を試み、別の機会に報告する。

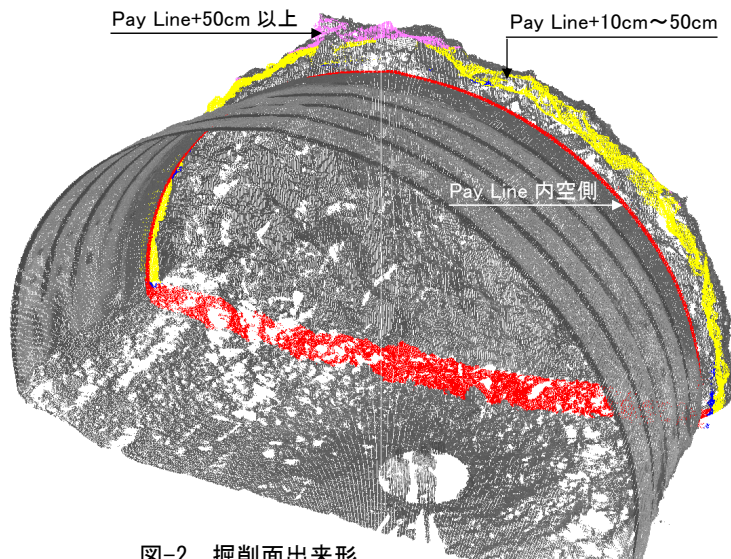


図-2 掘削面出来形

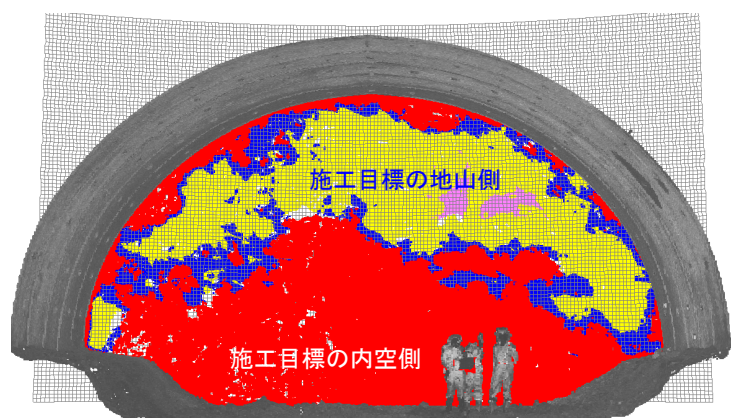


図-3 球面切羽鏡出来形

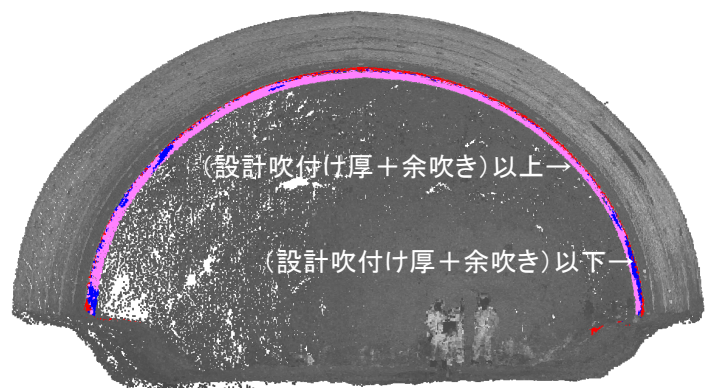


図-4 吹付け厚出来形

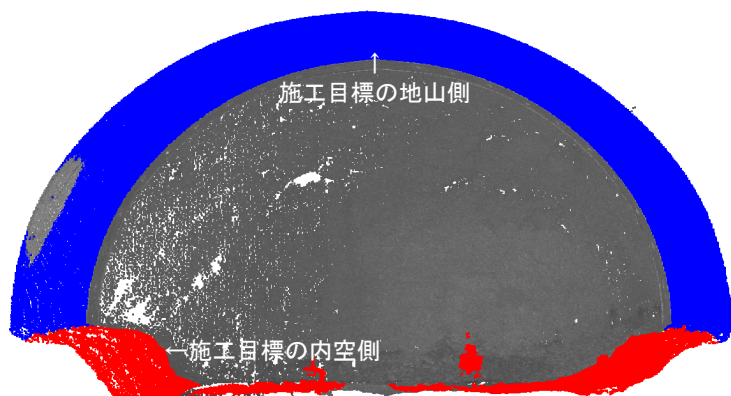


図-5 切羽後方 5 間吹付け出来形