

Digital 出来形測量による山岳トンネル吹付け厚評価方法

(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)開発機械部 正会員○谷村 浩輔

清水建設(株)地下空間統括部 楠本 太

1. はじめに

山岳トンネル Digital 出来形測量は、3D-Laser scanner 計測器の精度内の計測を基本とし、吹付けコンクリート工の前後で2回、実施する。山岳トンネル出来形は、得られた点群データを用いて、施工サイクルの切羽で、リアルタイムに確認、検測して、必要に応じて補正工を行い、トンネル施工を確実にする。本報告は、山岳トンネル出来形の吹付け厚について、算定方法と適用性について報告する。

2. 出来形測量方法

Laser scanner(表-1, Leica ScanStation P40)による Digital 出来形測量は、吹付けコンクリート工の前後 2 回行う。計測器は、トンネル中心、切羽から一掘進長 1m 後方に据え付ける。

バック点は、切羽後方 30m 位置のトンネル断面の左右 SL 付近に設ける。計測器据付け後、左右 SL 付近に設けた Global 座標値が既知のバック点 2 点を視準、これを用いて座標変換する(図-1)。

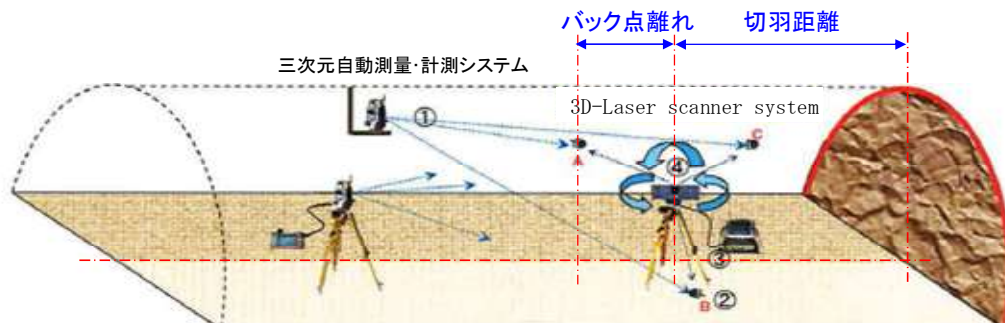


図-1 3D-Laser scanner system (①global and ④Local coordinate system)

その後、点群データを取得する。計測は、切羽と計測器の後方 10m 範囲のトンネル支保構造内空面とし、計測端部の計測点間隔は 12.5mm、計測器周辺で約 5mm、点群データ数は約 1 千万点である。

3. 吹付け厚算定方法

掘削面と吹付け面は、トンネル周×延長方向に最大 5mm 間隔で出来形表面を計測し、点群データを得る。吹付け面は、5~20mm 程度の凹凸をなしている。掘削面の地山は、地質により異なるが、同等以上の凹凸状態である。このように計測空間位置と表面状態が異なる 2 空間の点群データを用いて、出来形離れの吹付け厚を算定する方法は、吹付け厚が計測器から計測面までの距離に比べて小さいので、以下の方法で算定する。

- トンネル断面の設計吹付け線を基準面とし、トンネル周×延長方向 10cm 間隔で仮想単位平面を設定する(図-2)。

- 2 空間の点群データは、別々に仮想単位平面内に分布する点を選定、基準面からの離れを求め平均し、仮想単位平面中心の 3 次元座標として近似する。

- 仮想単位平面中心の 2 空間の 3 次元座標から空間離れを算定、これを吹付け厚とする。

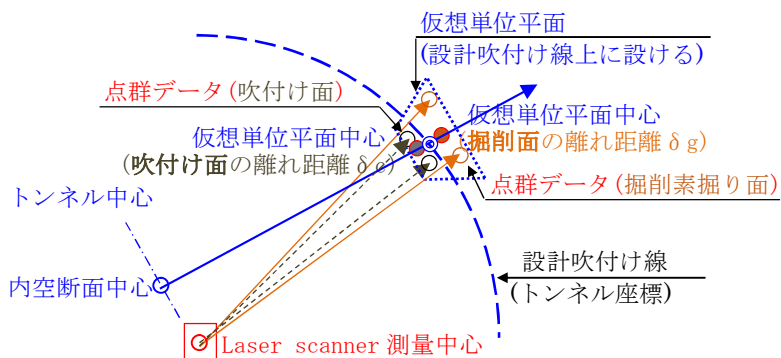


図-2 仮想単位平面概念

キーワード：球面切羽、全断面工法、Digital 出来形測量、Laser scanner、吹付け厚算定

連絡先：〒177-0051 東京都中央区京橋 2 丁目 16-1, Tel. 03-3561-3886, E-mail: tanimura.k@shimz.co.jp

4. 適用性調査結果

Digital 出来形測量は、川辺第一トンネルの設計パターンDⅢaで実施した。設計吹付け厚は20cmである。掘削方法は、鏡掘込み長を $L_s=2L$ とする球面切羽を施工目標とする全断面工法爆破掘削である(図-3)。Digital 測量は、吹付けコンクリート工の前後で2回行い、点群データを取得、これを用いて吹付け厚を施工サイクルの切羽で算定、確認した。

(1) 吹付け厚

吹付け直前掘削面と吹付け後吹付け面の点群データを用いて、吹付け厚を算定する。吹付け厚分布の図表示は、吹付け面を基本にして、算定後吹付け厚を用いて、設計吹付け厚未满是赤、(設計吹付け厚+余吹き厚)以下は青、それ以上は黒で色調表示する。算定された吹付け厚は、設計吹付け厚20cmを下回る箇所はないので吹付け厚21cm以下を黄で表示する(図-4)。これから設計吹付け厚を満たし、余吹き厚を超える吹付けがおこなわれていることがわかる。

(2) 検測孔吹付け厚

吹付け厚の検測値と点群データからの測量値は、両者ともに設計吹付け厚以上である。しかしながら0~4cm、最大16cmの差がみられる(図-5)。これは、検測孔7箇所位置と点群データからの吹付け厚算定空間位置が異なるからである。点群データから算定する吹付け厚は、掘削面と吹付け面の凹凸状態を正確に数値化されており、吹付け厚分布として検測できることを示している。

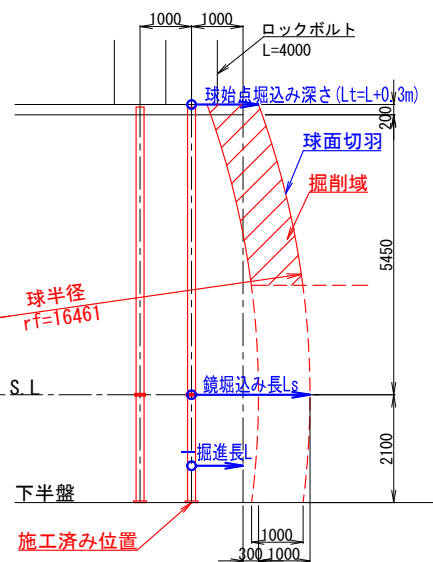


図-3 球面切羽形状 ($L_s=2L$)

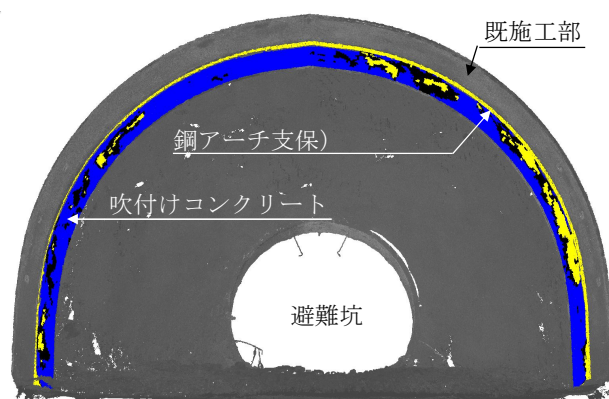


図-4 吹付け厚分布

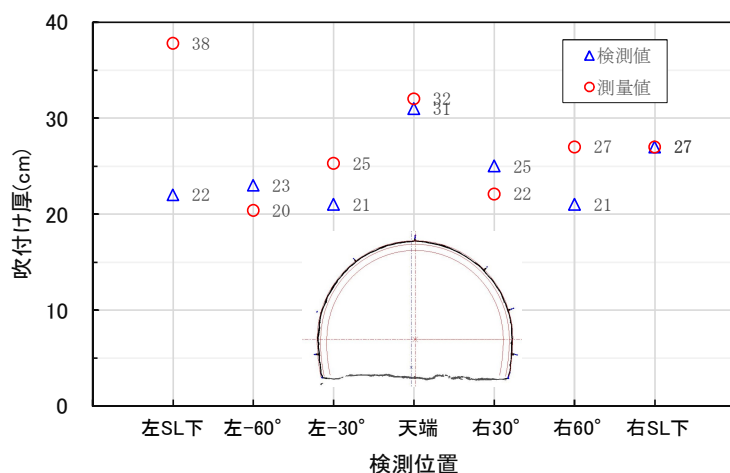


図-5 吹付け厚 (検測値と測量値)

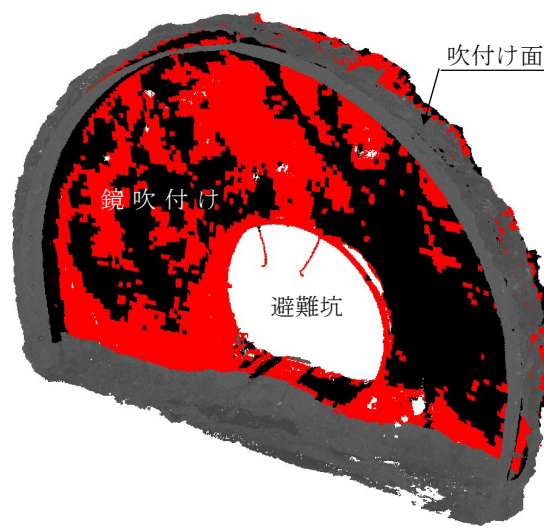


図-6 鏡吹付け厚分布

(3) 鏡吹付け厚

施工目標の球面切羽形状は、切羽を縦横5cmの正方形メッシュに分割、各メッシュ中心の座標値で近似する。切羽掘削面の出来形は、メッシュごとに、その中に含まれる点群データを球中心からの距離で算出、平均し、これと施工目標球面切羽形状のメッシュ中心距離との差で求める。鏡吹付け面の出来形は、鏡吹付け面の点群データを用いて、切羽掘削面の出来形の算定と同様の方法で算定する。鏡吹付け厚は、メッシュ単位に、これの中心で、切羽掘削面と鏡吹付け面の離れ差で求め、設計吹付け厚5cm未满是赤、5cm以上は黒で色調表示する(図-6)。赤の部分は、二次吹付け時に補正吹付けを行い、計画吹付け厚を確保する。

5. まとめ 今後は、測量機器と方法を高度化し Digital 出来形測量システム精度を確認、確立、普及させる。