

LiDAR を用いたあたり位置計測システムの開発

安藤ハザマ 正会員 ○掛川 直樹
安藤ハザマ 正会員 谷口 翔

1. はじめに

山岳トンネル工事の掘削サイクルの中で、鋼製支保工の建込みや吹付コンクリートの施工前に、掘削面の突出部や浮石をブレイカなどで取り除くこそく作業が行われる。こそく作業では、切羽近傍にいる作業員がこそく対象となる“あたり”を作業員の経験と勘から目視で判断し、重機オペレータにレーザーポインタ等で指示し施工している(図-1)。この施工方法では、作業員の経験と勘に依存することから、出来形不足による手戻り作業が発生するほか、切羽直近作業による肌落ち災害のリスクがあり、あたりの定量的評価と切羽直近作業の排除が求められている。



図-1 従来のこそく作業状況

そこで筆者らは、LiDAR を用いて掘削面におけるあたり箇所を定量的に判定するあたり位置計測システムを開発し、実際の切羽環境でシステムの検証を行った。本稿では、その開発技術について報告する。

2. あたり位置計測システムの概要

あたり位置計測システムは、レーザースキャナのように三次元点群データを取得可能な LiDAR で掘削直後の切羽の出来形形状を取得し、トンネル設計断面と比較することで、あたり量やあたりの位置を算出するシステムである。本システムは2台の LiDAR (Livox 社製 Horizon) と重機の位置座標を計測する3つの 360°プリズム、制御 PC、無線通信装置等から構成される。これらの計測機器類を一体で架台に架装し、図-2 に示すように、こそく作業を行うブレイカの運転席上部に搭載することで、短時間で切羽データの取得を可能とする。

本システムの運用イメージを図-3 に示す。ブレイカが切羽に進出した後、オペレータが制御 PC で計測開始を指示すると、切羽後方の天端に設置している常設トータルステーション (以下 TS) が、3つの 360°プリズムを順番に計測する。360°プリズムは誤認防止として上下にスライドする筒状のシャッターを搭載しており、



図-2 あたり位置計測システムの搭載状況

キーワード 山岳トンネル, こそく作業, あたり取り, あたり位置計測システム, LiDAR,

連絡先 〒105-7360 東京都港区東新橋 1-9-1 (株) 安藤・間 TEL03-3575-6001

TSの視準に合わせ、順番にシャッターの開閉を行う。次に、LiDARで掘削直後の切羽側壁部の点群データを取得し、3つの360°プリズムの位置座標を元に絶対座標へ変換処理を行った後、設計データと比較してあたり量を算出する。そして、あたり量やあたり箇所の結果は制御PC上でリアルタイムに確認することができる。

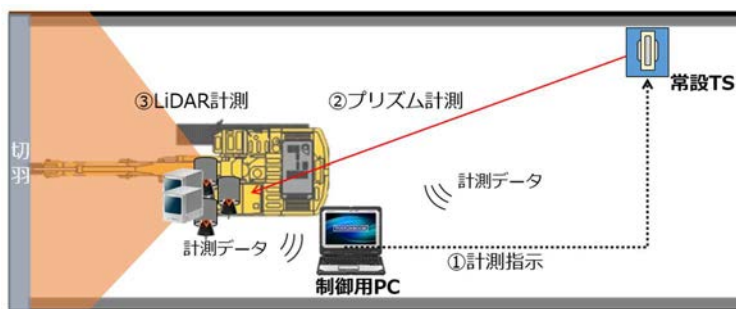


図-3 あたり位置計測システムの運用図

3. あたり位置計測システムの検証

あたり位置計測システムの性能を検証するため、実際のトンネル現場で検証実験を行った。性能検証では、主に計測時間と計測精度の確認を行い、計測時間では現場の施工サイクル内で許容できる範囲として2分以内を目標とし、計測精度ではブレーカ作業を考慮し、50 mm以内の精度を目標として設定した。検証実験は施工中の2車線道路トンネルの現場で行った。検証実験は切羽作業休止期間中に行ったため、あたり模型（200×200×60mm）を切羽近傍の鋼製支保工の左右に設置し（図-4）、吹付けの目標仕上がり面を基準としてあたり量を算出した。あたり位置計測結果の表示状況を図-5に示す。計測時間の性能検証では、計測処理開始指示から3つの360°プリズム計測とLiDARによる切羽計測を行い、あたり量の結果の表示までの時間を計測した。その結果約1分で結果表示することを確認し施工サイクル内で十分利用できる結果を得られた。



図-4 あたり模型の設置状況

本システムの精度検証では、3Dレーザースキャナで同様に計測し、スキャナ計測結果を正解値として比較を行った。あたり検知システムによる計測は、実際のあたり取り作業を行う範囲を想定し、切羽から6～9mの範囲で離隔を変えて行った。あたり模型を含む断面周方向の計測結果のうち、あたり模型位置付近のデータを抽出して比較を行った。3Dスキャナの計測結果との比較から、あたり検知システムの計測誤差が平均で15mm、最大で34mmとなった。また、切羽から距離が遠くなるにつれ、誤差が大きくなる傾向が見られた。今回の結果より、距離による差はあるものの、想定される施工範囲内において、本システムが目標以内の精度で計測可能であることを確認できた。

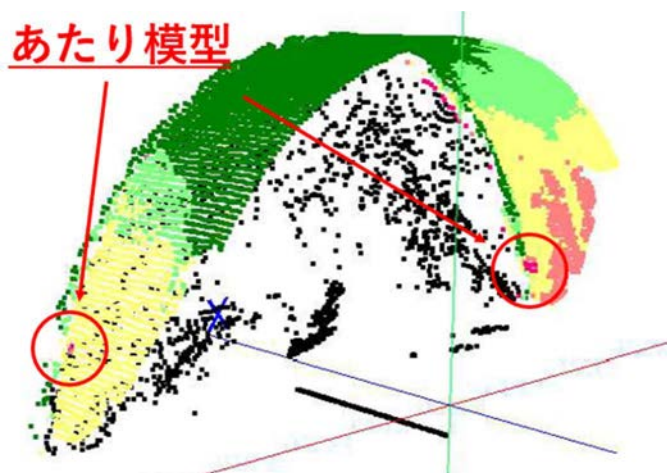


図-5 あたり位置計測結果の表示例

4. まとめ

当社が開発したあたり位置計測システムをブレーカに搭載し、実際のトンネル現場環境において十分な精度でリアルタイムにあたり量を算出できることを確認した。今後、本システムを施工中のトンネルに適用して、計測機器の防護や振動対策などのシステム改良を進めるとともに、その他自動化、無人化技術の開発を推進して山岳トンネル工事の生産性向上に寄与できるよう取り組んでいく。