

レーザーを用いた吹付け厚さモニタリングシステムの開発

大成建設株式会社 正会員 ○竹中計行 宮本真吾
マック株式会社 宮原宏史 富川章

1. はじめに

山岳トンネル工事の切羽では地山が露出しており、岩石の落下等（肌落ち）による労働災害がたびたび発生している。厚生労働省から、山岳トンネル工事の切羽における労働災害の防止を図るため、「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン」が平成28年12月に公表されたが、その後の災害発生状況を踏まえ、平成30年1月にはガイドラインが改正されている。ガイドラインでは地山の状態に応じて適切な吹付け厚さを確保するとあり、大成建設では最小吹付け厚さ50mmを確保し、地山状況を確認しながら不足する場合は増し吹きするようにしている。これまで、吹付け厚さの管理は吹付け後に検測孔により厚さを確認しており、吹付け時のリアルタイムの確認はできなかった。そこで、吹付け時にリアルタイムに吹付け厚さをモニタリングする方法として、レーザーを用いた吹付け厚さモニタリングシステムの開発に取り組んだ。本報告では、システムの概要と実施した現場実験と室内実験について報告する。

2. レーザーを用いた吹付け厚さモニタリングシステムの概要

システムの概要を図-1、装置を写-1に示す。

システムは、制御ボックスとユニットで構成され、ユニットはレーザー測距部とレーザー表示部で構成される。制御ボックスは運転席に置いたスイッチにて制御し、ユニットはメンテナンス性から吹付けマシンの運転席周辺に設置し、鏡部用は天井部に、アーチ側壁部用は運転席の左右に配置する。レーザー測距部は、吹付け作業時の振動の耐久性や測定エラー率の低さからレーザー距離計モジュールを使用した。吹付け厚さは、ユニットに内蔵された傾斜計によって鉛直方向の角度は自動計算し、水平方向の角度はユニット設置時に角度計測した値を入力して計算を行う仕様とした。

厚さ測定結果を表示させるレーザー表示部は、地山面にレーザー光で色（赤と緑）と点灯方式（点滅と点灯）で表示する方法とした。例えば50mmが管理値の場合、0~30mmまで赤点灯、30~50mm赤緑点灯、50~70mm緑点灯、70~90mm緑赤点滅、90mm以上赤点滅と吹付け面に表示する。測定データは、制御ボックス内に保存され、PCに転送して帳票が作成できる仕様とした。

3. 現場実験

現場実験は、写-2に示すようにレーザー測距部とレーザー表示部が分離したタイプとし、レーザー表示部の仕様（焦点調整、防水防塵性能）をパラメータとして3台製作した。

実験機は動作、測距・表示性能と固定方法を確認するため、

キーワード 吹付け厚さ、モニタリング、レーザー距離計、レーザー光

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設株式会社 技術センター 生産技術開発部 TEL045-814-7229

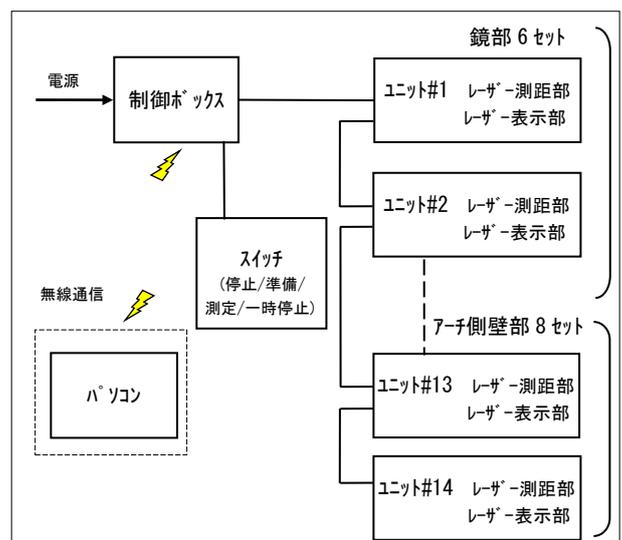
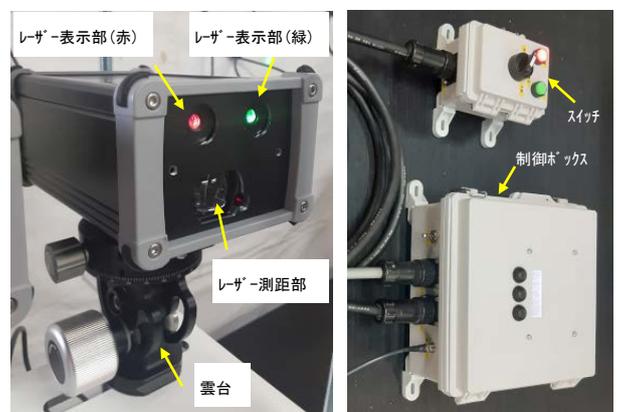


図-1 吹付け厚さモニタリングシステム



写-1 装置（左：ユニット 右：スイッチと制御ボックス）

トンネル現場にて実験を行った。ユニットは吹付けマシンに約 30 分で 3 台を設置でき、配線作業を含めて約 1 時間で設置完了した。鏡部用のユニットは天井部のアングルにシャコ万で固定したが振動による問題は発生しなかった。アーチ側壁部用のユニットはアルミ板の固定架台の上に設置したが、吹付け時の振動によりユニットが揺れて計測値にバラつきが生じたので、架台と運転席の柱を固定して揺れを小さくする対策を行った。

実験機の吹付け厚さの経時変化の一例を図-2 に示す。鏡①は、1 次吹付け初期に 40mm、1 次吹付け終了時に 150mm の吹付け厚さを確認した。アーチ①は 1 次吹付け時 80mm、2 次吹付け終了時に 450mm の吹付け厚さを確認した。実験機の吹付け厚さは、地上に設置した検測用のレーザー距離計とほぼ同じ挙動を示しており、吹付け時にもレーザー測距部により吹付け厚さは計測可能であることを確認した。

写真-3 に示すように閾値を超えるとレーザー色や点灯方法が変化し、吹付け操作者が吹付けながらも厚さの状態を認識できることを確認した。実験機は、故障時のメンテナンスを考えレーザー測距部とレーザー表示部を分割したが、全体の装置が大きくなり運転席の視界が悪く、位置調整が煩雑等の課題が抽出されたので、改良版はレーザー測距部とレーザー表示部を一体化させた。

4. 改良版の室内実験

改良版は、鏡部用 6 台、アーチ側壁部用 8 台を製作した。14 台での動作確認は、写-4 に示すように室内実験にて実施した。また、室内にてユニットから 20m 離れた位置に段ボール箱を設置して精度確認を実施し、1mm 以下の測定精度であることを確認した。

5. まとめ

山岳トンネル工事での肌落ち災害の削減を目指して、レーザーを用いた吹付け厚さモニタリングシステムの開発を行った。今後は、現場にて更に実証実験を行い、吹付け厚さの精度や装置の耐久性の確認を行い、実用化を図る予定である。

参考文献

1) 厚生労働省 HP

<https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000149309.html>



写-2 設置状況 (左: 鏡部用 右: アーチ側壁部用)

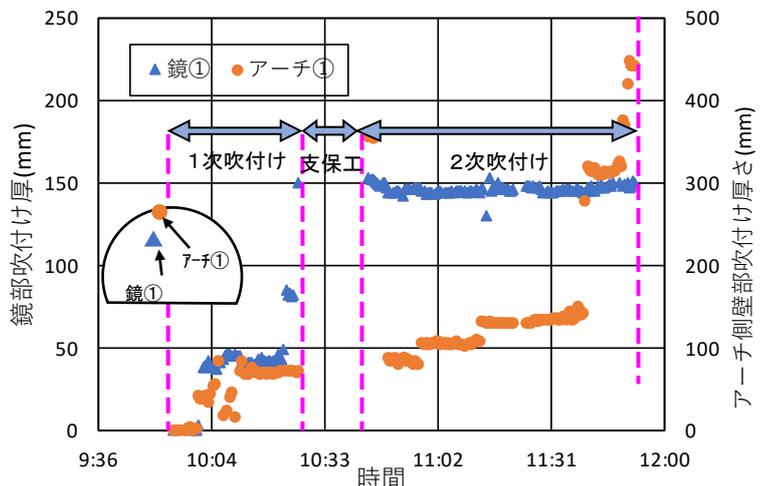
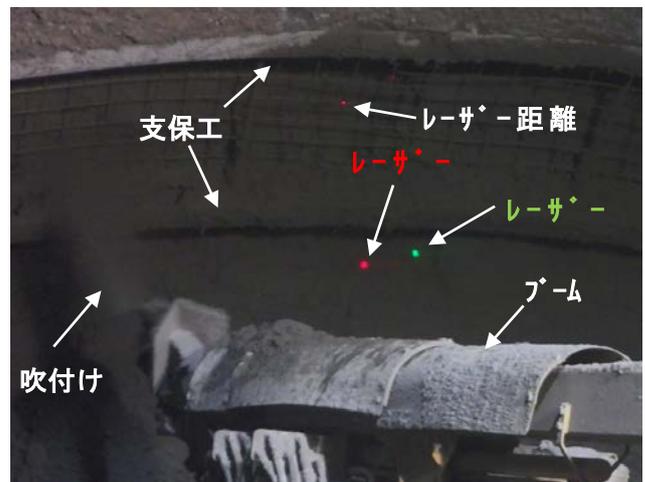


図-2 プロトタイプの吹付け厚さの経時変化



写-3 レーザー表示状況



写-4 製品版の動作確認状況