

トンネル切羽の鏡吹付けコンクリートの厚さ管理システムの開発

鹿島建設（株） 正会員 ○宮嶋保幸，福島大介，戸邊勇人，女賀崇司，松浦 遵

1. はじめに

トンネル掘削工事の切羽の安全確保を目的として実施される鏡吹付けコンクリートの厚さを吹付け時にリアルタイムで計測して管理ができるシステムを開発した。本稿では，システムの概要を報告する。

2. 鏡吹付けコンクリートの目的

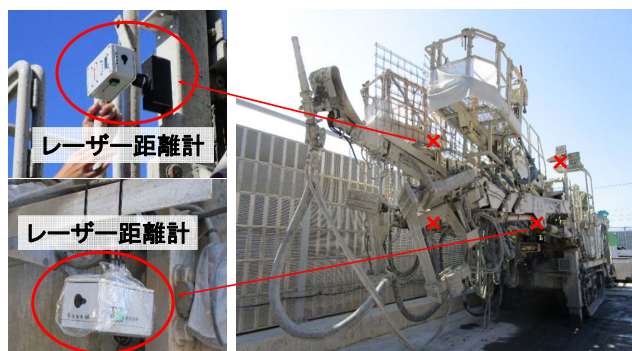
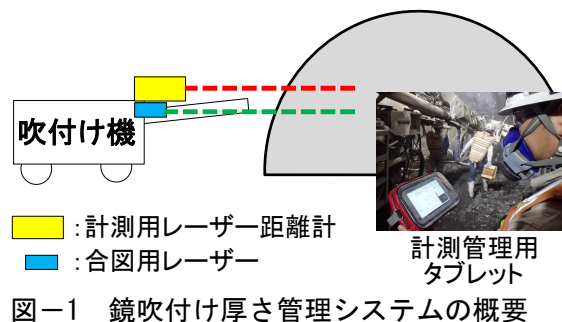
山岳トンネル掘削工事において肌落ち災害が根絶に至っていないこと，肌落ち災害は重篤災害につながることから，平成 28 年 12 月に厚生労働省より『山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止に係るガイドライン』が策定され，平成 30 年 1 月にはその後の肌落ち災害の発生状況を踏まえて改正されている¹⁾。この中で，肌落ち防止対策として，浮石落とし（コソク）を実施した上で地質状況に応じて少なくとも 30～50mm の鏡吹付けが必要であることが述べられており，トンネル掘削工事において重要な対策工となっている。

3. 鏡吹付け厚の管理

ガイドラインによると鏡吹付けの厚さは，地山の状況に応じて，適切な厚さを確保する必要があるとしており，例えば，地山等級ⅢまたはCクラスでは 30mm，地山等級ⅡまたはDクラス以下では 50mm を最低限確保する必要があることが示されている。鹿島建設では 30mm を最低限として，地山状況を確認の上，50mm，70mm を吹き付けることで切羽の安全を図っていたが，目視観察による判断だけでは客観的判断とはならないため，切羽写真の画像解析による剥落危険度評価システムを開発し，切羽ではスマートフォンを利用することでリアルタイムに切羽の危険度と鏡吹付け厚の推奨厚さを提示できるシステムを全現場で活用している²⁾。一方，吹付け厚の施工管理は，吹付け作業中に吹付け厚を計測する技術がないため，必要な吹付け厚さに応じて吹付け面積とリバウンドを考慮した生コンクリートの量で管理してきた。また，抜き取り検査として吹付け後に検測孔を削孔し，メジャーと目視で吹付け厚を確認しているが事後確認となっていた。

4. 鏡吹付け厚さ管理システム

今回開発した鏡吹付け厚さ管理システムの概要を図-1に示す。吹付け厚さの計測には，リアルタイム性と耐久性を考慮してレーザー距離計を利用している（写真-1，写真-2）。レーザー距離計では精度 1mm 単位での計測が可能で，計測は 1 台 1 点だが，台数を増やすことで最大 10 点まで計測が可能である。システムの操作や管理は，写真-3 に示す切羽に設置したタブレット PC を使って，切羽状況に応じて設定した吹付け厚の入力，計測データの表示，データの収録を行う。また，設定吹付け厚に達した場合には，画面上に示した計測ポイントの色が変わり，タブレット PC の操作者へ知らせることができる。また，吹付けのオペレータに対しては，計測用レーザー（赤色）に加えて，設定した吹付け厚さに達すると，緑色のレーザーを合図として，計測箇所の近傍に照射して示すことができるため，オペレータは緑色のレーザーを目安にして，必要な吹付け厚を確保することができる。タブレット PC に収録したデータは，



キーワード 山岳トンネル，肌落ち事故，鏡吹付けコンクリート

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設株式会社 技術研究所 TEL 042-489-8109

坑内の Wi-Fi を通じて坑外のパソコンに転送されて自動的に蓄積されるとともに、図-2 に示すように計測帳票として出力し、全ての切羽で吹付け厚さの施工状況と仕上り厚さを確認できる。図-2 の4つのグラフは、写真-3 に赤丸の数字で示した切羽4点の吹付け厚さの経時グラフを示しており、それぞれの計測箇所が吹き付けられる瞬時に厚さが計測され、仕上がった時点での吹付け厚さを各グラフの左肩に示している。



写真-2 計測状況

精度検証には、吹付けの前後に3Dスキャナによって切羽全面の吹付け厚さの分布を計測し、レーザー距離計の計測結果と比較した。図-3 に精度検証結果として、横軸に3Dスキャナ、縦軸にレーザー距離計による計測結果(吹付け厚さ)を示す。ここで検証した結果からは誤差が最大3mmとなり、鏡吹付け厚さを管理するためには十分な精度を確保できることが分かった。さらに、坑外のパソコンを外部のネットワークと接続することで、現場事務所や本社でもリアルタイムにデータを参照することができる。



写真-3 計測管理用タブレット

6. おわりに

筆者らは、トンネル掘削工事における肌落ち災害ゼロを目指して、現場でリアルタイムに活用できる切羽の評価技術を開発し、現場で展開している。これに加え、今回開発した鏡吹付け厚さの管理システムを導入することで、切羽の安全性の一層の向上を図るとともに、蓄積した鏡吹付け厚のデータを活用して、切羽の安定性に関する評価精度向上に向けた分析に活用する予定である。

参考文献

1) 厚生労働省ホームページ：

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

2) 戸邊勇人, 宮嶋保幸, 白鷺卓, 山本拓治：山岳トンネル切羽の剥落危険度評価システムの開発と現場への適用, 第46回岩盤力学に関するシンポジウム講演集, 公益社団法人土木学会, pp. 81-86, 2019.

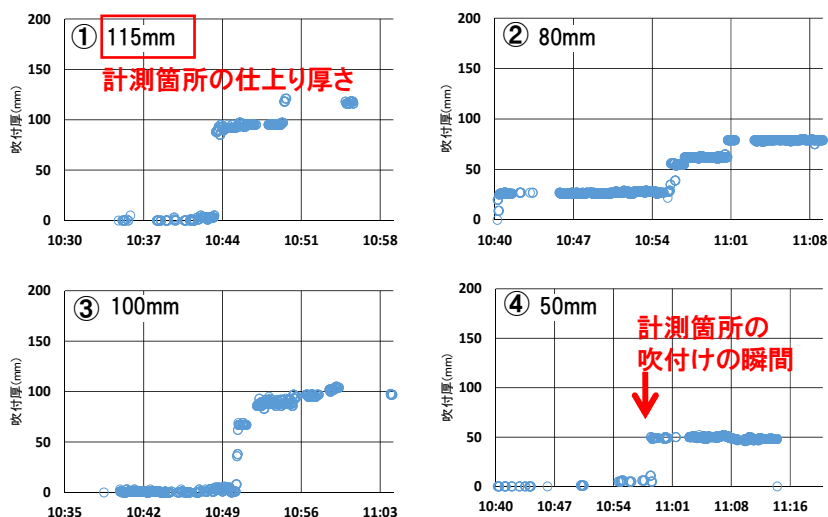


図-2 計測データ (計測点が4点の場合)

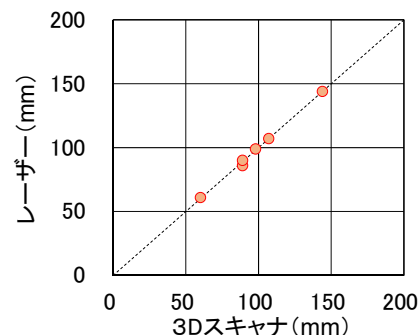


図-3 レーザー距離計の精度検証