トンネル覆工画像取得車両の形状計測検証の試行

一般社団法人日本建設機械施工協会　施工技術総合研究所　正会員　○伊吹　真一
国土交通省　総合政策局　公共事業企画調整課　正会員　新田　恭士
一般社団法人日本建設機械施工協会　施工技術総合研究所　正会員　安井　成豊
一般社団法人日本建設機械施工協会　施工技術総合研究所　正会員　寺戸　秀和

１．概要

国土交通省および経済産業省が共同設置した「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入検討会」では、社会インフラの維持管理と災害対応を効率的に行うことを目的として、ロボット技術の開発・導入を検討している。この取組みでは、道路トンネルの点検作業も対象としており、トンネル点検を対象としたロボットを公募し現場検証を実施している[1),2)]。

写真１　ロボット技術による画像取得の例

ロボット技術を用いてトンネル覆工面の画像を取得する場合、複数台のカメラでトンネル軸方向に移動しながら撮影する方法がある。トンネル断面形状寸法は多様で、撮影画像は覆工面との画角や焦点距離等の影響を受ける。そのため、個々の撮影データから覆工展開画像に加工する場合、補正および合成といった画像処理が必要となる。画像処理後に作成された覆工展開画像は、変状展開図を作成する基本データとなるため、形状寸法・位置等が正確に再現されている必要がある。

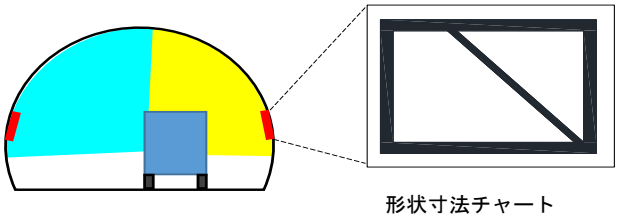

図１　検証方法

本検証では、今後導入が期待されるロボット技術の性能評価のための基礎資料を得ることを目的に、ロボット技術を用いて実トンネルで作成された覆工展開画像の正確性について検討を行った。

２．ロボット技術の使い方について

現行の道路トンネルの定期点検作業は、道路トンネル点検要領[3)]に基づき、点検員による近接目視・打音検査が実施される。点検結果は、覆工面へのチョーキング記録と変状部の写真撮影およびメモ等の記録を作成し、その後、チョーキング記録等を路面上からの遠望目視にて手書きのスケッチを行い、そのスケッチと写真やメモ等を元に変状展開図を作成する方法が一般的である。過去２年間の現場検証の結果、現時点ではロボットが人の近接目視を代替することが難しいため、現時点で考えられるロボット技術の使い方として、点検員による近接目視・打音検査とチョーキング終了後にロボットで取得したデータから覆工展開画像を作成し、それを利用して変状展開図等を作成するユースケース（使い方）について検討を進めている。

このユースケースに期待される効果としては、人力でのスケッチ作業が大幅に省略できることに伴う通行規制時間の短縮のほか、覆工の画像取得による次の効果が期待できる。

・チョーキング・各種変状および附属設備を含む覆工展開画像が得られ覆工全体の状況を評価する資料となる。
・覆工に生じた各種変状の位置および形状・寸法等を再現性のある正確な展開図として記録可能となる。
・災害等の異常時において、被災前の状況を確認するための資料となる。
・正確な変状展開図を蓄積すれば、経年変化に対する評価判定の高度化に寄与することが可能となる。
・将来的には、変状自動抽出（ＡＩ等を用いた変状抽出）へとつながる先進的な技術開発の為の基礎データとなる。

キーワード　トンネル, 点検, 覆工画像, 精度
連絡先　〒417-0801 静岡県富士市大渕 3154 一般社団法人日本建設機械施工協会施工技術総合研究所　TEL0545-35-0212

３．検証方法

検証トンネル中の覆工表面上の 4 箇所に形状寸法チャートを設置し、画像取得技術を用いて走行計測し、マークの形状寸法および設置位置について最終成果物となる CAD にて提出される変状展開図で比較した。検証対象とした計測技術は 4 技術であり、いずれの技術も昨年度実施した現場検証で、従来点検後の画像取得計測で「チョーキング箇所のスケッチ精度が高い」と評価された技術である[2)]。

本検証における形状寸法チャートの設置位置を示す。ロボット技術が複数台のカメラを用いて移動しながら撮影するため、各技術のカメラ高さにより評価の差異が生じないよう、検証対象スパンを 2 スパン設けてチャートの設置高さを変化させた。また、検証トンネルは幅 9.1m を有するが、車両の走行は 1 車線のみとなっており(**写真 1** 参照)、**図 1** に示すように走行車線中心から左右の側壁までの距離が大きく異なる条件となっている。

形状寸法チャートは、273mm×297mm の A3 サイズの用紙に黒枠および斜めの線を設けたものである(**図 3** 参照)。本検証において形状寸法チャートは寸法の異なる 4 種類を用いた。チャートの黒枠の隅角部に位置計測用の基準点として、マークを設けた。

変状展開図にはマークの白黒境界部の形状を CAD で描画するものとし、**図 2** に示す形状寸法チャートの黒枠の内側寸法(軸方向 b、周方向 h)について、実際の寸法値に対して、CAD による測定値の誤差量の割合を寸法誤差率として評価した。

４．検証結果

形状チャートの取得画像を**写真 2** に示す。車体の揺れの影響と見られる画像のゆがみが大きいロボット技術もあるが、いずれも形状が把握できる。**図 4** に各技術のトンネル軸方向と横断方向の寸法誤差率の分布を示す。寸法誤差率は、各社とも、軸方向よりも、周方向においてばらつきが大きい結果となった。これは、形状寸法チャートの設置位置に対する寸法誤差率についても同様な傾向が確認できた。各社には、事前提供情報として標準断面図とスパン長を渡しており、展開画像の寸法も周長と軸方向の縦横比は各技術ともおおむね一致した結果であった。したがって、展開画像における精度のばらつきは、周方向に分割撮影された取得データの合成方法の違いによるものと考えられた。なお、寸法誤差率という評価指標については、小さい対象物に対してはわずかな誤差でも大きな誤差率となることが確認され、今後、正確性に対するより適切な評価検証方法について改善を進める予定である。

謝辞：本検証に対して助言をいただいた委員各位、ならびに現場検証にご協力いただいた各整備局の方々に謝意を表します。

参考文献：1)寺戸, 新田, 加藤, 安井, 増：道路トンネルの点検におけるロボットの利用法とその評価方法について, トンネル工学報告集, 第 26 巻, I-17, 2016.11.
2) 次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会：トンネル維持管理技術の現場検証・評価の結果, http://www.mlit.go.jp/common/001125339.pdf, 2016.3.
3) 国土交通省 道路局 国道・防災課：道路トンネル定期点検要領. 2014.6.

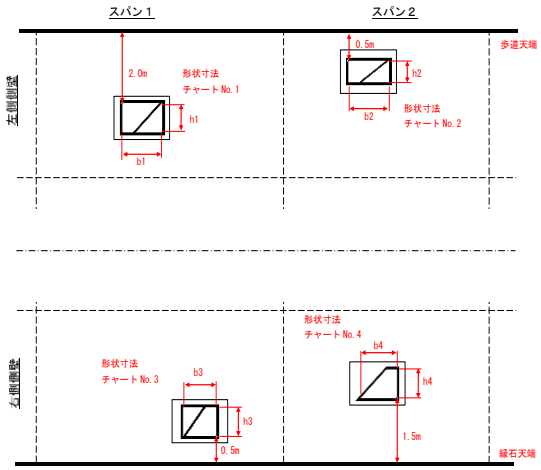

図 2　形状寸法チャートの配置

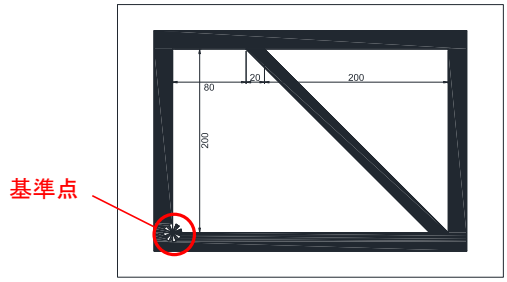

図 3　形状寸法チャートの寸法例

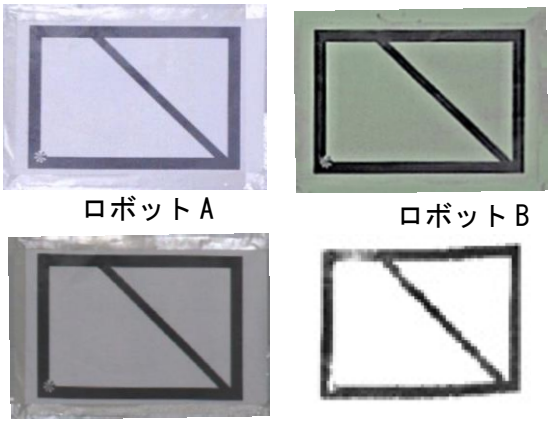

写真 2　各社の計測結果(形状チャート No.1)

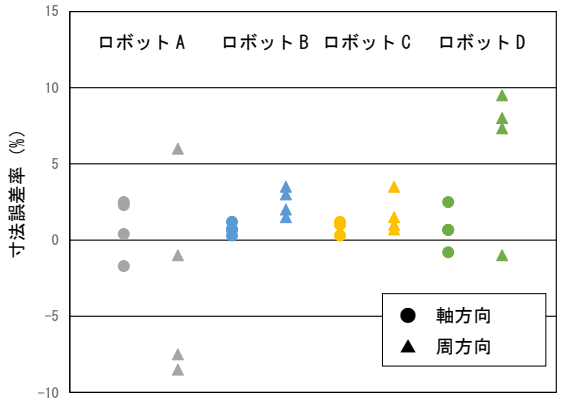

図 4　形状寸法チャートの寸法誤差率