

トンネル点検の効率化を目的とした覆工マーカ-の提案

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
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
国立研究開発法人土木研究所	正会員	林 利行
一般財団法人橋梁調査会	正会員	吉田 好孝

1. はじめに

現在の道路トンネルにおける点検作業は人力作業が中心であり、作業能率や記録の精度の面でいくつかの課題を抱えている。例えば、点検作業者の疲れ、狭隘な空間での作業により、作業能率が低下する等が挙げられる。また、点検結果の記録は、トンネル壁面に記録されたチョーキングをもとに人がスケッチを行っており、変状の位置や規模などが正確に記録されないこともある。

この対策として、トンネル点検にロボットを導入することで、点検の効率化と正確な記録の取得が促進されると考えられる。本稿では、道路トンネルの点検を対象として、ロボットの導入を促進するための「覆工マーカ-」を提案する。また、その効果を検証するために実施した実証実験の結果について報告する。

2. 覆工マーカ-とは

トンネルにロボットを導入する際には、以下の課題がある。

- a) 点検位置を特定するためには、ロボットの自己位置把握が求められる。自己位置把握のためにGNSSが利用されることがあるが、トンネル内ではGNSSが利用できない。
- b) ロボットの点検により得られる壁面画像には特徴点がなく、画像のつなぎ合わせなどに時間を要する。
- c) 覆工は単調な構造が連続するものであり、特徴点がほとんどない。このため、壁面の情報に基づく自己位置特定も困難である。この課題は、人力による点検においても共通の課題である。

この課題に対し、本稿では、トンネル内の位置を特徴づける覆工マーカ-を提案する。この覆工マーカ-に座標情報を含めることでロボットの自己位置特定が容易になることが期待される。また、人力点検にも有用となる情報も付与することで、人力点検にも資する覆工マーカ-となることを目指す。図1は覆工マーカ-による効果を模式的に表したものである。

3. 覆工マーカ-に含める情報

覆工マーカ-に含むべき情報を把握するために、トンネル点検に従事する技術者、ならびに点検ロボットの開発者に対するアンケート調査を実施した。対象者は、点検業者11名、ロボット開発者8名、点検業者でロボット開発も行う技術者6名の全25名である。これらの回答者に、覆工マーカ-に含むべき情報として、「位置情報」、「構造情報」、「施工情報」、「その他情報」の大項目を示し、人力あるいはロボットでの点検において覆工マーカ-に含むことが望まれる情報の細目について記入を求めた。

図2にアンケート調査結果を示す。同図に示すように、回答者の属性に関わらず、位置情報に関わる情報が高い割合で求められている。また、点検業者は、構造に関わる情報ならびに地質情報に対する回答数が多い。これらは、トンネルの診断を行う上で重要な情報であり、人による点検では単に変状情報を記録するだけではなく、並行して診断も行っていることが示唆されたものとする。

以上の結果を踏まえ、本稿では、図3に示す覆工マーカ-を提案する。

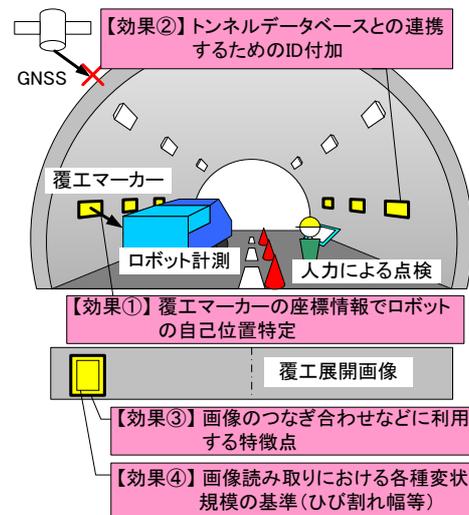


図1 覆工マーカ-の効果 (模式図)

キーワード トンネル, 点検, ロボット, 効率化, 覆工マーカ-

連絡先 〒417-0801 静岡県富士市大淵3154 施工技術総合研究所 TEL 0545-35-0212

表1 実験条件

トンネル延長		700m(直線トンネル)
覆工 マーカ-	設置位置	トンネル中央 (入口から350mの断面)
	サイズ	高さ260mm×幅520mm
検証断面		トンネル入口から450m
MMS	レーザー	100万点/秒, 取付角40°
	走行速度	30km/h

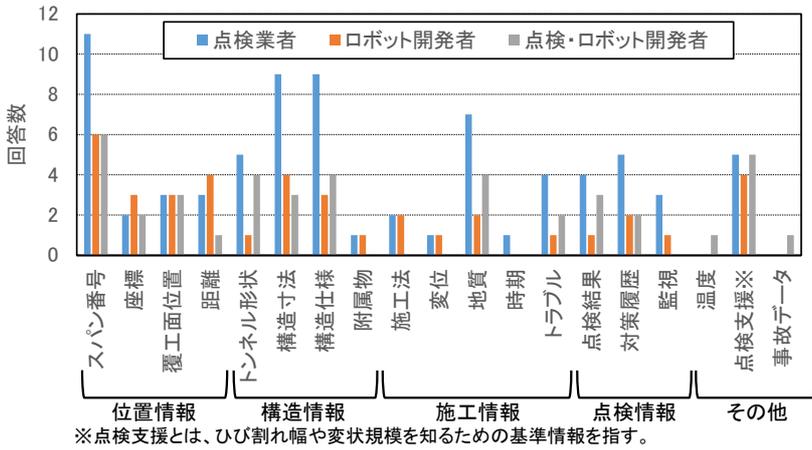


図2 アンケート調査結果



図3 提案する覆工マーカ-のデザイン

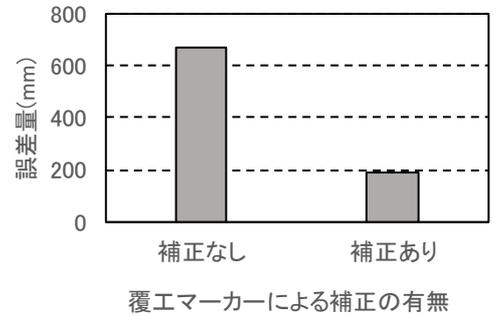


図4 座標補正効果

4. 実証実験

覆工マーカ-による座標補正の効果を検証するために、MMS (レーザースキャナ, IMU (慣性計測装置) 等を車両に搭載し、トンネル等の構造物の三次元座標データを取得する走行型計測技術) により得られた点群データを用いて座標補正を行う検証実験を行った。実験条件を表1に示す。以下に、実験手順を示す。

- 1) トンネル中央に設置した覆工マーカ-をMMSの点群データで読み取る。
- 2) 点群データから、座標が付与された覆工マーカ-の中央点を抽出する。
- 3) 覆工マーカ-の座標による補正あり、補正なしの各々について、検証断面に設けた特定点の座標を求める。
- 4) 別途トータルステーションにより求めた検証断面の座標値を真値とし、MMS計測から求めた座標値の差異を誤差とする。

図4に覆工マーカ-による補正の有無と誤差量 (x, y, zの誤差を合計したもの) を示す。同図に示すように、覆工マーカ-があることで誤差量が小さくなることが示されており、覆工マーカ-による座標補正の効果が示唆されている。

5. 今後の課題

本稿では、トンネル点検の効率化に資することを目的とした覆工マーカ-を提案し、その効果について実験的に検証した結果の一例を示した。覆工マーカ-は、トンネルに設置されることで効果を発揮する。今後は、覆工マーカ-を普及するための方法を検討することが重要な課題である。

謝辞：本研究は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の「SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」(管理法人：国土交通省) によるものであり、国土技術政策研究所の委託研究として実施したものである。ここに記して謝意を表す。