

トンネル点検プラットフォームの開発と作業効率の検証

寺戸 秀和

トンネルの点検において行われる近接目視は、一般に高所作業車を利用して行われる。道路トンネルにおける近接目視は通常車線規制下で行われているため、できる限り近接目視に要する時間を短縮することが求められる。

このような課題に対し近接目視の省力化を目的として、筆者らは「トンネル点検プラットフォーム」を開発した。本稿では、同プラットフォームの開発の概要と、これを利用した作業効率の検証実験結果を報告する。

キーワード：道路トンネル、定期点検、近接目視、打音検査、作業効率化、高所作業車

1. はじめに

道路に関する一般法である「道路法」の第42条では、“道路の維持または修繕”について定められている。これを解釈、遵守するために、「道路法施行令」、「道路法施行規則」、「トンネル等の健全性の診断結果の分類に関する告示」がある。この枠組みの中で、道路トンネルについては国が定める基準により、5年に1回の頻度で近接目視によって点検を行うことが定められている。

これを受けて、国土交通省では2014年6月に「道路トンネル定期点検要領¹⁾」(以下、要領という)を発出し、2019年2月には同要領が改定された。要領には、道路トンネルの状態の把握は近接目視で行うことを基本とすることが示されている。本稿では、点検時の近接目視の効率化を目的とした「トンネル点検プラットフォーム」の開発と同プラットフォームによる点検作業効率化の検証実験の結果について述べる。

2. 道路トンネルにおける近接目視

道路トンネルにおける定期点検の目的は、トンネルの健全性の診断を行うことにある。健全性の診断は、点検時に行われる近接目視等により覆工等の状態を把握し、その結果に基づいて行われる。以下に、一般的な近接目視の方法と課題を述べる。

(1) 近接目視の現状

近接目視は、定期点検を行う者が道路トンネルの外

観性状を十分に把握できる距離まで近接し目視することをいう¹⁾。また、健全性の診断を適切に行うためには、必要に応じて打音検査や触診等の手段を併用することが要領に記載されている。

点検では、高所の覆工表面における近接目視、打音検査あるいは触診のために、移動しながら作業が可能な高所作業車を用いることが一般的である。写真—1は、高所作業車を用いた近接目視作業の例である。同写真に示すように、高所作業車のデッキ上に3名程度の作業員を配置して点検作業が行われるが、トンネル内の点検作業は上向きでの作業が多く、苦渋作業となることがしばしばある。特に上向きでの打音検査は多大な労力を要する。また、道路トンネルの点検では、一般には車線規制下で点検が実施されることから、トンネル内という限られた空間での作業に加え、点検者の間近を通過する車両や、暗い中での目視点検などに対して点検者がストレスを感じることも少なくない。

近接目視等の作業では、上述のような課題を有する



写真—1 高所作業車を用いた近接目視作業の例

ことから人力作業の省力化が求められる。この対策として走行型の画像計測技術などを利用して覆工表面を撮影し、その結果を利用することで、近接目視の作業負担を軽減する取り組みもある。しかしながら画像計測技術では附属物背面の撮影を行えないことや、別途打音検査やたたき落とし作業が必要となるため、人力による点検作業を併用しているのが現状である。

(2) 近接目視作業の課題

多くの道路トンネルの断面は円弧状を呈していることから、高所作業車を利用した近接目視等の作業では、以下のような課題を有する。

- ・写真—1に示すように、高所作業車のデッキでの近接目視等の作業は、作業域の制約から同時作業は2名となることが多い。
- ・壁面が円弧状を呈していると、写真—1のように作業員より上方にある壁面に対しては、天井を見上げるような姿勢での作業が必要となる。
- ・トンネル肩部の点検では写真—2のようにデッキを盛替える必要があり、盛替え作業に時間を要する。

3. 開発のコンセプト

当研究所では、上述した近接目視作業の課題を解決するために、高所作業車のデッキ部分が階段状に変形する作業足場「トンネル点検プラットフォーム」(以下、プラットフォームという)を開発した²⁾。図—1にプラットフォームの概念図を示す。本プラットフォームは、現行の高所作業車をベースとし、デッキ部が階段状に任意の角度で変化することで、トンネルの曲面に沿って点検員を配置することが可能となる。この結果、写真—2に示すデッキの盛替え作業の省略が可能になるとともに、近接目視等の作業を3名の点検員が並行して行うことが可能となることから、点検作業の時間短縮が期待される。

4. 検証実験

(1) 実験概要

プラットフォームによる作業効率の向上効果を確認するために、プラットフォームのプロトタイプを製作し、2車線トンネルと同程度の規模を有する模擬トンネル(当研究所保有)において検証実験を行った。

(a) 模擬トンネル

模擬トンネルは延長80mの直線トンネルで、路面はコンクリートで舗装されている。また、縦断勾配は

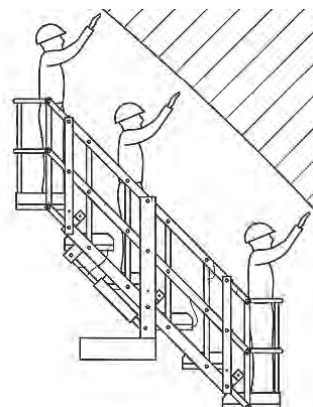


(a) デッキ配置その1



(b) デッキ配置その2

写真—2 トンネル肩部におけるデッキの盛替え例



図—1 プラットフォームの概念図

0（水平）である。写真—3に模擬トンネルの外観を示し、図—2に模擬トンネルの標準断面図を示す。

(b) 実験方法

実験では、デッキが平面状の通常の高所作業車とプラットフォームの両者により、模擬トンネル内の全面打音検査（ただし、たたき落としは実施しない）に要する時間をそれぞれ計測し、作業時間を比較することとした。なお、高所作業車を利用した近接目視等の作業には、打音検査以外にも近接目視および触診等があるが、本実験では、以下の理由から覆工全面を対象とした打音検査によって作業効率を比較することとした。

- ・近接目視は、覆工表面の変状を視認する作業である。このため、同一区間で繰り返し実施する場合、後半に実施する近接目視は前半に実施した近接目視の結果を記憶した状態での作業となり、作業時間等の比較には適さない。

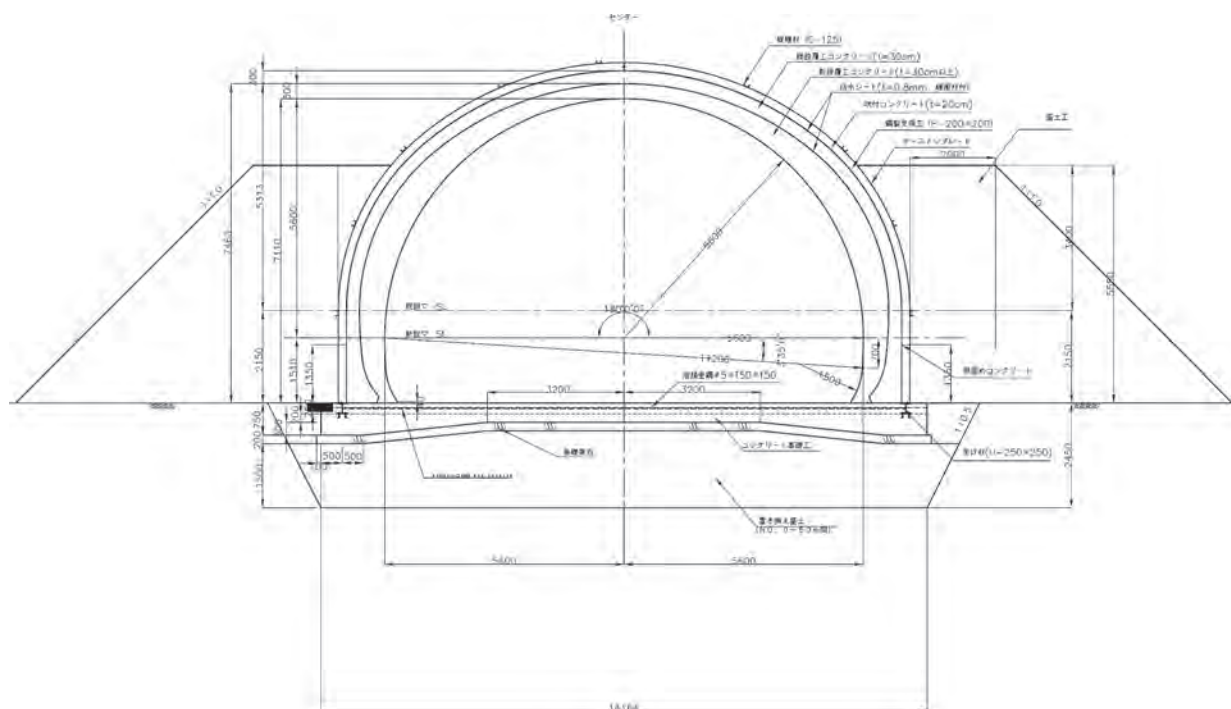
- ・模擬トンネルにおける触診は照明灯具等が対象となるが、取り付けられる範囲が面的ではなく、高所作業車とプラットフォームの作業効率に有意な差はないと考えられる。
- ・覆工全面を対象とした打音検査は、同一区間において、同一の作業を繰り返し実施可能となることから、作業時間等の比較に適している。

(2) 人員配置と作業範囲

写真—4に高所作業車とプラットフォームのそれれによる作業状況を示す。同写真で確認できるように、円弧部の点検において高所作業車では2名の作業員が並行して作業しているの対し、プラットフォームでは3名の作業員が並行して作業を行うことが可能である。すなわち、一度の移動作業時において、プラットフォームの方がより広い範囲の点検が可能となる。この結果、デッキの盛替え回数も少なくできる。写



写真—3 模擬トンネルの外観



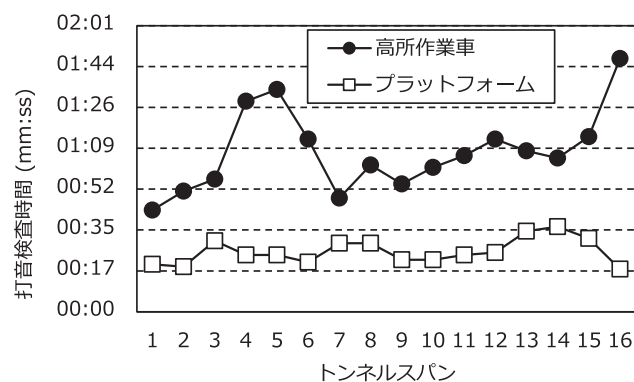
図—2 模擬トンネルの標準断面図

真一5は、トンネルの半断面を対象とした高所作業車とプラットフォームの盛替え状況の比較である。同写真に示すように、高所作業車では2回の盛替え作業が必要であるのに対し、プラットフォームでは1回の盛替のみでトンネル半断面の点検が可能となる。

(3) 作業時間

図一3は、模擬トンネルの同一区間において全面打音検査を行った際の作業時間の比較結果である。図中のトンネルスパンとは、覆工の目地で区切られた1区間を1スパンとしたもので、本検証では16スパンを対象に検証を行った。なお、1スパンあたりの延長は5mである。なお、同図の結果は、徒歩によって打音検査が可能な側壁部分を除くアーチ部分を対象とした結果であり、ここでは半断面分の計測結果で比較

している。同図より、いずれの区間においてもプラットフォームによる作業の方が高所作業車よりも早くなっている。また、打音検査時間の総計は、プラットフォームが6分48秒であるのに対し、高所作業車は



図一3 同一範囲の打音検査時間の比較

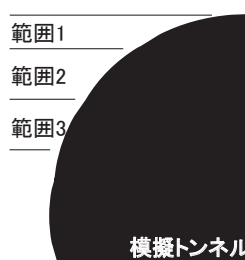


(a) 高所作業車による作業状況



(b) プラットフォームによる作業状況

写真一4 模擬トンネルの外観



範囲1の点検

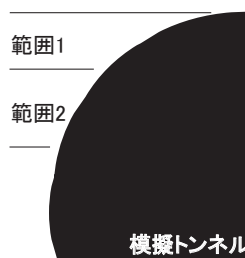


範囲2の点検



範囲3の点検

(a) 高所作業車



範囲1の点検



範囲2の点検

(b) プラットフォーム

写真一5 同一範囲の打音検査における盛替え状況の比較

18分4秒となっており、高所作業車に比べてプラットフォームの方が約3倍の速度で打音検査作業が可能であったことが分かる。

5. おわりに

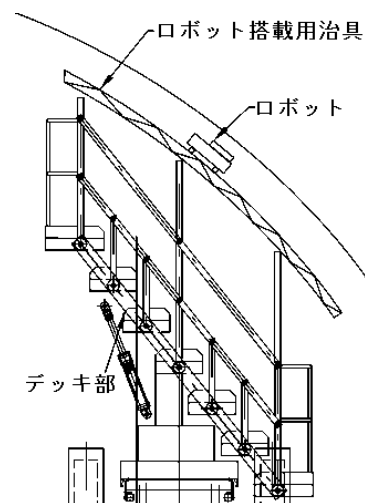
本稿では点検作業の効率化を目的としたトンネル点検プラットフォームの開発について述べるとともに、同機のプロトタイプを用いた実験結果について述べた。この結果、本プラットフォームの利用により、点検作業が効率的になることが示唆された。今後は、実際の点検現場での操作性等を把握するための実証的な実験が必要と考えている。

本プラットフォームは、人力による点検作業を念頭においた装置ではあるが、トンネルの円弧に沿った形状変化が可能であることから、図—4のようにトンネル壁面に接触して計測が行える装置と組み合わせて使用することも考えられる。

謝 辞

本開発は、岐阜工業(株)との共同研究による成果である。本研究に携われた関係各位に謝意を表す。

J C M A



図—4 プラットフォームと他技術の組み合わせ案

《参考文献》

- 1) 国土交通省 道路局：道路トンネル定期点検要領，2019.2.
- 2) 安井，藤田，寺戸，鷺見：作業台及び車両：特許登録第 6498640 号，2019.4.10.

【筆者紹介】

寺戸 秀和（てらと ひでかず）
（一社）日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所 研究第一部
次長

