

東京都におけるトンネル点検の高度化・効率化に向けた取組

～道路の安全確保を目指して～

み うら かず ひろ かざ ま とし かつ ま とうげ やす とも
 三 浦 和 広* 風 間 敏 勝** 間 峠 康 公***

東京都建設局では、高齢化が進むトンネルの安全を確保するため、機能や性能に不具合が生じる前に修繕等の対策を実施する予防保全型管理の取組を推進しており、トンネルの状態を正確に把握し的確な対応をすることが求められている。本稿では、予防保全型管理の取組状況と点検の高度化・効率化に向けた取組について報告する。

1. はじめに

東京都は、明るい未来の東京を切り拓くための都政の新たな羅針盤として、令和3年3月に『未来の東京』戦略』を策定した。この中で、「戦略9 都市の機能をさらに高める戦略」のもとに、首都東京を支えるインフラの維持・更新の高度化を掲げ、都民が安全で快適に暮らせる社会の実現を目指している。

東京都が管理する都市インフラは、高度経済成長期に集中して建設されたため、高齢化が進み、一斉に更新時期を迎えている。これらの機能や性能に不具合が生じる前に修繕等の対策を実施し、更新時期の平準化や総事業費を縮減するべく予防保全型管理への転換を図っている。

東京都建設局（以下「建設局」という。）が道路法に基づき管理するトンネル（以下「管理トンネル」という。）においても予防保全型管理を推進しており、定期点検等による確実なトンネルの状態把握が不可欠である。

本稿では、管理トンネルにおける予防保全型管理の取組状況と点検の高度化・効率化に向けた取組について示す。

2. 管理トンネルの概要

令和3年3月末現在、建設局は126か所の管理トンネルを有しており、工法別に山岳トンネル（69か所）と開削トンネル（57か所）の2種類に大別

される。このうち山岳トンネルは、施工方法の違いにより、矢板工法（在来工法）、NATM（標準工法）に細分される。

山岳トンネルは主に多摩西部の山間部や島しょ部に建設され、開削トンネルは主に区部や多摩東部の市街地において建設されている。

表-1 地域別・工法別トンネルか所数

地域	山岳トンネル		開削トンネル	計	
	在来工法（矢板工法）				
	左記の内、吹付トンネル（注）	NATM			
区部	0	—	0	32	32
多摩部	30	(4)	19	25	74
島しょ部	12	—	8	0	20
合計	42		27	57	126
	69				

（注）：在来工法トンネルの内、一部分に吹付工が施されているトンネル

現在、管理トンネルのうち、約25%のトンネルが供用開始から50年以上経過しており、30年後には約75%のトンネルが供用開始から50年以上経過することになる。

最も古い管理トンネルは、国道411号（西多摩郡奥多摩町）にある橋詰トンネル等の山岳トンネルである。小河内ダム建設当時の工事用道路として、昭和13年に東京都水道局が建設し建設局に引き継がれたもので、既に80年以上が経過をしている。

3. トンネルの予防保全型管理

建設局は、平成27年に「トンネル予防保全計画」

* 東京都 建設局 道路管理部 保全課長
 ***東京都 建設局 道路管理部 保全課 主任

** 東京都 建設局 道路管理部 保全課 課長代理

(以下、「旧計画」という。)を策定し、劣化や損傷が進行する前に適切な対策を行うことで、全てのトンネルを供用期間中、更新することなく健全な状態に保つことを目標に取り組んできた。令和2年度には、旧計画における取組状況や最新の点検結果等を踏まえ、「第二次トンネル予防保全計画」(以下、「新計画」という。)を策定し、予防保全型管理の更なる推進を図っている。新計画では、令和2年度から令和6年度までに対策を実施することとした44か所のトンネルについて、修繕措置(設計・対策着手)率100%(令和6年度時点)を目指している。

建設局は、これらの計画に基づき、令和2年度末までに17か所への対策に着手している。

4. トンネル定期点検

1) トンネル定期点検

建設局は、国が定める直轄版の『道路トンネル定期点検要領』及び『シェッド、大型カルバート等定期点検要領』(以下、「国の点検要領」という。)を踏まえ、平成29年度に『山岳トンネル点検要領』及び『開削トンネル点検要領』(以下、「都の点検要領」という。)を策定した。

平成29・30年度に実施した定期点検によると、健全性区分Ⅲ判定の割合が山岳トンネルは36%、開削トンネルは26%となった(図-1)。

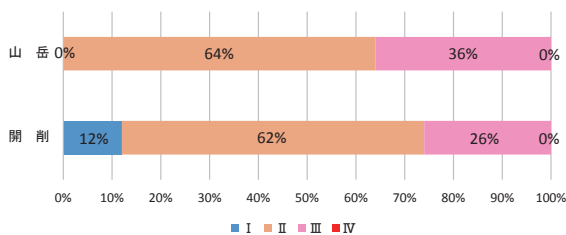


図-1 管理トンネル健全度

2) 建設局独自の取組

定期点検で基本とされる目視点検や打音点検は、点検者の技術・経験により結果に差異が生じやすい。トンネルの点検・診断を確実かつ画一的に行い、的確に変状を把握した上で、適切な措置を講じるためには、点検技術の高度化が不可欠である。

建設局は、交通量の多い主要幹線道路に位置するトンネルや途中で分岐する等、複雑な構造のトンネルを有しているため、とりわけ適切な一般交通の確

保や安全面への配慮等が欠かせない。このため、点検に伴う交通規制は最小限とする必要があり、点検の効率化が求められている。

これらの背景の下、建設局は積極的に新技術の導入を進めている。

(1) 走行型計測

都の点検要領は、「走行型計測により客観的な記録を取得し、定期点検の効率化、点検精度の向上、見落とし防止等を図る」と定めている。具体的な方法として近接目視点検を実施する前に、走行型画像計測及び走行型レーザー計測を活用し、壁面画像や内空断面(3次元点群座標値)計測を実施する。取得した壁面画像や内空断面のデータを継続して収集・蓄積することで、過去と現在のデータを定量的に比較分析することが可能となる。

図-2は、平成24年と平成29年に取得した走行型レーザー計測による3次元点群座標値を用いて、山岳トンネル覆工表面の凹凸を表現したものである。2つの計測結果から差分コンタ図を描くことで、全体が黄色(凹凸0mm)で表され、外力に起因する断面変化が無いことを定量的に把握できた。

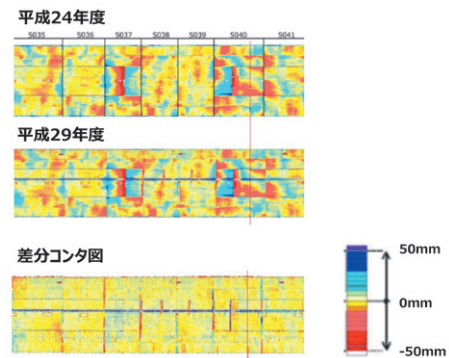


図-2 トンネル断面レーザー計測結果

(2) レーダー探査

在来工法(矢板工法)で施工された山岳トンネルは、当時の覆工コンクリートの打設方法の特性により、覆工背面に空洞が残りやすく、突発性崩壊を招く一因となることや、外力に対する反力不足から変状の発生が懸念される。

建設局では、平成24・25年度に定期点検に加え、レーダー探査による覆工背面空洞調査を実施しており、多くの山岳トンネルにおいて背面空洞が確認された。このため、背面空洞の最大高さ30cm

程度以上かつ最小覆工厚30cm以下であることが確認されたトンネルを対象に、対策を実施することとしている。

5. 走行型赤外線技術の検証

建設局は、内部欠陥（うき・はく離）の見落としの防止と交通規制が必要となる打音検査の効率化を目的に、走行型赤外線技術の検証を延長1,500mを超える2か所の開削トンネル（管理トンネルにおいては最長となる開削トンネル）で実施した。

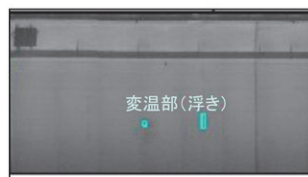
赤外線技術はコンクリート表面の熱画像を取得することで、内部欠陥を検出するものである。コンクリート表面と大気温の微小な温度差を利用するため、橋梁やビル壁面等の温度差が出やすい環境下で利用されることが多い。一方、トンネル内は温度が比較的安定していることから、熱画像の撮影に適した温度環境となる時間帯を把握する必要があった。このため、トンネル内の気温及び覆工表面の温度を調査し、熱画像の撮影に適した時間帯が0時～4時であることを把握した。

その後、定期点検において内部欠陥が確認されていないトンネル（以下「Aトンネル」という。）と、複数の内部欠陥が確認されたトンネル（以下「Bトンネル」という。）において、当該の時間帯に熱画像を取得し、過年度の走行型画像計測の成果等も活用しながら内部欠陥を抽出した。その結果、Aトンネルでは定期点検結果と同様に内部欠陥は確認されず、Bトンネルでは既知の内部欠陥に加えて、新たに20か所の内部欠陥が確認された。なお、これらの内部欠陥は技術の検証のために実施した打音調査にて、存在が確かめられている。

本技術は微小な温度変化の動きを捉えるため、内部欠陥以外の漏水等も検出するものの、走行型画像計測により得られた画像データを併用することで、過抽出の削減が期待できる。撮影時間帯に留意する必要はあるが、定期点検では把握することのできな

かった内部欠陥を検出する等、点検の高度化が図られた。また、管理トンネルの延長は500m程度のも

赤外線画像



定期点検 変状図



図-3 赤外線画像による浮き検出箇所

のが多く、温度環境は検証した2トンネルよりも赤外線技術を用いた調査に適していると想定される。信頼性の高いデータを積み重ねることで、打音点検削減による点検の効率化が期待されるところである。

6. 今後の展望

建設局は、走行型の画像、レーダー、赤外線等の技術の組み合わせや適用するトンネルの選定等を進め、有用性が高い技術を都の点検要領に定める等、点検の質向上と現場作業の省力化を目指す。正確に把握したトンネルの状態に応じて、予防保全計画を見直し、メンテナンスサイクル（PDCAサイクル）を継続することで、持続可能な維持管理を実現する。

7. おわりに

道路施設は、利用状況や設置された自然環境等に応じ、劣化や損傷の進行はそれぞれ異なり、状態は時々刻々と変化するものである。このため、定期的な点検・診断によりトンネルの状態を把握し、必要な対策を適切に実施しながら長期的な観点からの計画的かつ体系的な取組が重要である。東京都は今後もトンネル等の劣化損傷が進行する道路施設に対して、新技術を活用しながら、予防保全型管理の取組を積極的に進め、世界一の都市・東京の実現を支える重要なインフラである道路の適切な管理に努め、良好なインフラを次世代に引き継いでいく。

本稿が、トンネルの点検に関係する皆様の参考となれば幸いである。

【著者紹介】

三浦 和広（みうら かずひろ）

昭和61年東京都入都（土木職）。道路管理、道路整備等の職務に従事。安全施設課長を経て現職。

風間 敏勝（かざま としかつ）

平成元年東京都入都（土木職）。下水道局、水道局、総務局を経て現職。

間峠 康公（まとうげ やすとも）

平成25年東京都入都（土木職）。水道局、中央卸売市場を経て現職。