

道路トンネルの現状とメンテナンスサイクルを支える取組み

澤村 学・藤原 茜・澤口啓希・西田秀明

1. はじめに

橋梁やトンネル、シェッド、大型カルバート等といった道路構造物では老朽化が進む中、適切な維持管理が重要な課題となっている。

本稿では、道路トンネルを対象にメンテナンスに係る行為のうち点検に関わる取組みの変遷や、現在実施されている2巡目の定期点検結果による健全性の傾向など、道路トンネルの現状を紹介する。また、トンネル点検の合理化・効率化に向けた支援、健全性診断の質の向上等の観点から、国土技術政策総合研究所（以下「国総研」という。）が関わってきている道路トンネルのメンテナンスサイクルを支えるための取組みについて紹介する。

2. 道路トンネル点検の変遷

国内の道路トンネルにおける維持管理にかかるもののうち、主に点検を取り巻く動きとその契機となった主な出来事を表-1に示す。

平成年代よりも前の道路の維持管理は、「道路技術基準（第9編 維持修繕）」（昭和37年3月2日）、「直轄維持修繕実施要領」（昭和33年6月最終改正昭和37年10月）、「道路の維持修繕等管

理要領」（昭和37年8月28日）といった通知等に基づいていた。このような中、道路の維持管理の技術指導書としての役割を果たすものとして、昭和41年に「道路維持修繕要綱」³⁾が日本道路協会から発刊された。この要綱はその後、昭和53年に改定されており当時は実質的にこれに基づいてトンネルの維持管理が行われていたと考えられる。

平成年代に入り道路トンネルの点検の転機となった事象として、平成2年2月4日に千葉県国道127号小山野トンネルでの覆工崩落事故が発生した。この事故は、覆工背面の空洞に起因する崩落であり、国内で供用中の道路トンネルにおいて、覆工の変状が原因により大規模な事故に至った初の事例である。これを受けて、建設省から2月17日に「トンネルの緊急点検の実施について」⁴⁾の通達が発出され、供用中のトンネルのうちトンネル延長方向に5m程度以上のクラックが発生しているものを対象とした緊急点検が行われた。そして、このような事象に対する再発防止や技術的知見の蓄積等を踏まえて、平成5年に「道路トンネル維持管理便覧」⁵⁾が日本道路協会より発刊された。この便覧では、トンネルの変状等が確認されない場合でも5年に1回程度は実施することが重

表-1 道路トンネルの維持管理（特に点検）を取り巻く動きと関連する主な出来事

H2	千葉県内 R127小山野トンネル崩落事故	原因：覆工背面の空洞 事故後の対応：全国の道路トンネルにおいて一斉の緊急点検が実施される
H5～	道路トンネル維持管理便覧(H5) による点検開始	5年に1回、徒歩による遠望目視点検が開始される
H11	JR福岡トンネル 覆工コンクリート塊落下事故	原因：施工時に生じた初期欠陥に起因するひび割れの発生および進展 ¹⁾ 事故後の対応：JR西により山陽新幹線の全トンネルを対象に安全総点検として、トンネル全覆工面を対象に打音検査が実施される
H14～	道路トンネル定期点検要領(案) による点検開始	初回点検と2回目以降点検および近接目視、打音検査の実施が導入される 初回点検：新設トンネルを対象、建設後1～2年以内に本体工を対象に近接目視、打音検査を実施 2回目以降点検：遠望目視を基本
H24	笹子トンネル天井板崩落事故	原因：天井板設置に関わる設計、材料、施工、点検の各事項における要因の複合的な作用 ²⁾ 事故後の対応：笹子トンネルと同様の天井板設置トンネルの緊急点検および、トンネル内附属物を有する道路トンネルを対象に附属物の取付け状況に関する一斉点検が実施される
H25	社会資本メンテナンス元年 道路法等の一部改正	道路ストックの集中点検として、全国の道路トンネルにおいて総点検実施要領(案)に基づき、本体工・附属物に対し、近接目視、打音検査、触診により変状や異状の有無の確認・記録を行う総点検が実施される
H26～	道路トンネル定期点検要領(H26) による法定点検開始	健全性の診断について、Ⅰ：健全、Ⅱ：予防保全段階、Ⅲ：早期措置段階、Ⅳ：緊急措置段階の4段階の判定区分を設定

赤字：事故関連の出来事、黒字：点検関連の出来事

要であることなどが記載されており、実質的にはこれ以降、徒歩による遠望目視を基本とした定期点検が実施されてきた。

次の契機となった出来事は、平成11年6月27日に発生したJR福岡トンネルでの覆工コンクリートの一部落下により、通行する新幹線を直撃した事故がある。この事故では施工時に生じたコールドジョイント下部のコンクリート片が剥落した¹⁾。それまで実施されていた遠望目視主体の点検では、このような利用者被害に繋がる変状や、外力に起因する変状等に対する状態の把握が十分ではないことが浮き彫りとなった。そこで、国土交通省から平成14年に「道路トンネル定期点検要領（案）」⁶⁾が示され、直轄トンネルを中心に初回点検時における近接目視や打音検査によるうき・はく離等の有無及び範囲の確認が行われることとなった。なお、道路トンネル定期点検要領（案）⁶⁾では、2回目以降の点検は、効率的な点検を行うために補修・補強対策が行われた部分や新たな変状が発生した箇所等を遠望目視点検で特定して、近接目視点検と打音検査を行うこととしていた。

その後、平成24年12月2日に中央自動車道笹子トンネルで天井板崩落事故が発生した。この事故も踏まえて、平成25年に道路関係法令の一部改正、翌平成26年から法令に基づく定期点検が始まり、近接目視を基本とした5年に1回の法定点検の実施が義務付けられた。このため、同年、「道路トンネル定期点検要領」（国土交通省道路局）が策定され、その後平成31年に改定⁷⁾され現在に至っている。これらの点検要領の原案作成は国総研・国立研究開発法人土木研究所（以下「土研」という。）が中心的な役割を果たした。改定された点検要領では、初回点検時は道路トンネル全延長に対しての近接目視と覆工表面全面への打音検査の実施を基本としつつ、2回目以降点検では覆工表面全面に対する近接目視の実施を基本とするとともに、打音検査を行う箇所について1巡目点検の結果を踏まえた必要な範囲（うき・はく離、補修・補強箇所、ひび割れ、横断目地等）を示して合理化している。なお、この法令点検は、現在2巡目の5年目が実施されており、令和6年度からは定期点検3巡目が開始される予定である。

3. 道路トンネルの現状

法定点検の継続的な実施に伴う情報の蓄積により、これまで建設されてきた道路トンネルがどのような状態になっているのかが見えつつある。その一例として、図-1に2巡目点検（令和元年度～令和3年度）が実施された国管理の道路トンネル946本について、材質劣化、漏水、外力の変状区分別にトンネル毎で最も評価の厳しい判定区分の割合及びトンネル毎の健全性の診断の判定区分の割合を示す。ここで、判定区分とはⅠ（措置を必要としない）～Ⅳ（緊急に対策を講じる必要がある状態）の区分で判定するもので、直轄管理施設で用いる「道路トンネル定期点検要領」（国土交通省道路局国道・技術課）⁸⁾で示されている。

トンネル毎の健全性の診断における判定区分の割合は区分Ⅰ（健全）と区分Ⅱ（予防保全段階）で約72%であり、早期措置段階である区分Ⅲは28%である。ここで判定区分Ⅲに着目し、変状区分別に判定区分の割合を見ると、判定区分Ⅲが最も多いのは材質劣化で、漏水、外力の順となる。このことから、材質劣化による変状がトンネル全体におけるⅢ判定の割合に影響していると言える。一方、外力における判定区分Ⅲの割合は0.4%であり、トンネル構造へ大きく影響を与えるような変状は少ないと言える。

次に、材質劣化のうち、うき・はく離についてトンネル覆工延長1m当たりの規模（発生面積）を整理した結果を図-2に示す。なお、矢板工法ではコンクリートの打設方式や圧送方法の変遷等を考慮し昭和49年（1974年）以前とそれ以降で区分し、山岳トンネル工法（「NATM」）では公共工事の品質確保の促進に関する法律が導入された平成17年（2005年）以降とそれ以前で区分し分

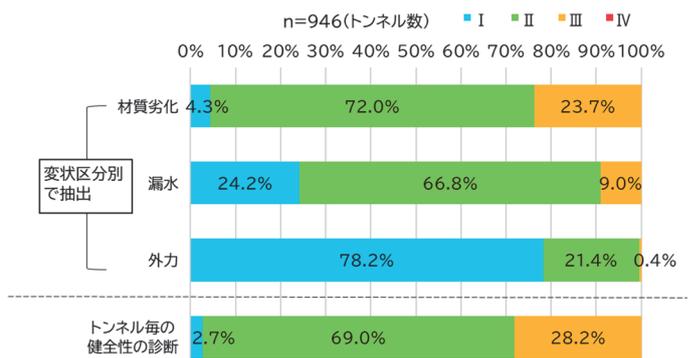


図-1 判定区分の割合

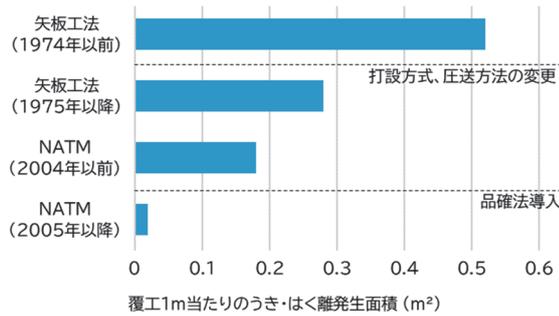


図-2 うき・はく離の発生規模

析した。この結果から、うき・はく離の発生面積は、建設からの経過年数の違いの影響もあるので単純にはいえないものの、工法の変遷や法令の施行といった契機毎に減少する傾向があることは確認できる。

4. 点検の支援に関する取組み

トンネルの定期点検を今後も持続的に行うにあたっては、診断の質を確保しつつ、コスト縮減等の観点から可能なところは点検の合理化、効率化を図っていくことが求められる。本章では、このような観点から国総研が関わってきている取組みについて紹介する。

4.1 診断の質を確保するための取組み

道路トンネル定期点検要領では、健全性の診断を行う際の参考となるよう、典型的な変状及び異常の例が示されている。一方で、変状及び異常には様々な種類や程度があることや、あまり多くは見られない変状もあることから、これらの知見も有していないと結果として変状の要因の推定やその後の進展の見立てなどにばらつきが生じる可能性がある。このようなことから、国総研では変状及び異常について判定を行う際の評価の客観性をより高めるための一助となるように、本体工や附属物、補修・補強材における変状、異常に関する事例写真等を取りまとめた国総研資料「道路トンネルの定期点検に関する参考資料（2021年版）—道路トンネル変状・異常事例集—」⁹⁾を令和4年度に公表した。

本事例集では、トンネル本体工及びトンネル附属物について、変状や異常の種類毎に、対策区分に応じた事例写真や異常の状況写真を示している(図-3)。また、点検要領では本体工に分類されているトンネル補修・補強材については、近年の定期点検において、これら自体の変状や使用されて

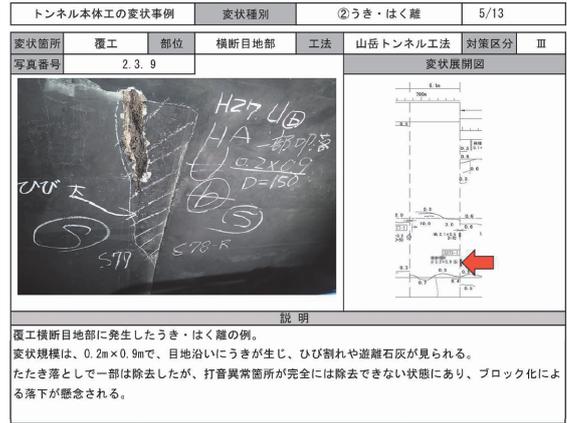


図-3 トンネル変状事例⁹⁾

いる材料の劣化等により周囲の覆工へ影響を及ぼす事例が報告されている。そのため、今後の点検では補修・補強材の変状についても主要な着目点となることを想定し、本体工とは別に補修・補強材における再劣化の事例写真を示している。この事例集を活用して、診断者の経験の中では知り得なかった変状等を知ったうえで現場にて状態の把握を行うことが、診断の質の担保につながると考えている。

4.2 点検の合理化・効率化にむけた取組み

国土交通省から発注される直轄国道の橋梁・トンネルの定期点検業務では、新技術の積極的な活用を目的として、令和4年度以降、点検時における点検支援技術の活用が原則化された。活用する点検支援技術は基本的に、国土交通省から公表されている「点検支援技術性能カタログ」¹⁰⁾に掲載の技術の中から選定される。点検支援技術性能カタログは、各技術を保有・供給する者が個々に公表していた技術の仕様、能力、性能値等について統一様式で取りまとめたものである。点検支援技術の利用者に対し、技術選定時の円滑化や積極的な活用を図ることを目的に、平成31年2月に国土交通省が公表した資料であり、以来毎年度カタログ内の掲載技術の拡充が行われている。

国総研は、トンネルに関する点検支援技術の性



図-4 実大トンネル実験施設での点検支援技術の検証
左:ひび割れパネル 右:画像計測技術の検証状況
(提供: 中部地方整備局)

能を確認するための項目、試験方法、試験結果等について検討する点検支援技術検討委員会に参画している。また、国総研保有の実大トンネル実験施設内に、ひび割れパネルやカラーチャート等を設置し、各開発者が応募した技術の現場検証フィールドの一つとして活用している（図-4）。

4.3 技術者の育成支援に関する取組み

国土交通省では、平成26年度から国、都道府県、市区町村の職員を対象に道路トンネルの定期点検に従事する者に最低限必要な知識と技能を修得させることを目的として道路管理実務者研修（トンネル）を開催している。本研修では、変状の種類や位置・規模などを踏まえた発生要因の推定、次期定期点検までの健全性を見立てるうえでの考え方のほか、技術基準や要領、トンネル工法の特徴とその変遷、補修・補強の考え方や工法選定など、道路トンネルの定期点検を行うための基礎知識として必要となる一連の基礎知識を含めて必要な内容を学ぶことができるようになっている。また、近接目視や打音検査など定期点検での診断に必要な情報を取得し診断に至る一連のプロセスを行う実地研修も併せて行っている（図-5）。トンネルに関しては、従来維持管理について体系だった研修プログラムが直轄でもなかったが、国総研では、土研トンネルチームの協力の下でこの研修のカリキュラムやテキストを作成するとともに、講師の派遣を行うなどして技術者育成の取組みの支援を行ってきている。

5. おわりに

本報文では、道路トンネルにおける点検に関わる取組みの変遷と現在実施されている点検結果から分析した道路トンネルの現状について示すとともに、メンテナンスサイクルを支える取組みとし



図-5 研修風景（提供：近畿地方整備局）

て、国総研が関わっている取組みの事例を紹介した。今後も、持続可能なメンテナンスサイクルの確立に向けて、道路トンネル定期点検結果の整理・分析等の取組みを継続していく予定である。

参考文献

- 1) 松田好史、中村圭二郎、松田一郎：山陽新幹線トンネル安全総点検、トンネルと地下、vol.31、no.2、pp.65～75、2000
- 2) トンネル天井板の落下事故に関する調査・検討委員会：トンネル天井板の落下事故に関する調査・検討委員会報告書、2013.6
- 3) (社)日本道路協会：道路維持修繕要綱、1978.3
- 4) ぎょうせい：[第六次改訂]道路技術基準通達集—基準の変遷と通達—
- 5) (社)日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧、1993.11
- 6) 国土交通省道路局国道課：道路トンネル定期点検要領（案）、2002
- 7) 国土交通省道路局：道路トンネル定期点検要領、2019.2
- 8) 国土交通省道路局国道・技術課：道路トンネル定期点検要領、2019.3
- 9) 七澤利明、落合良隆、佐藤正、佐々木政和：道路トンネルの定期点検に関する参考資料（2021年版）—道路トンネル変状・異常事例集—、国総研資料第1206号、2022
- 10) 国土交通省：点検支援技術性能カタログ
<https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/inspection-support/>

澤村 学



国土交通省国土技術政策
総合研究所道路構造物研
究部構造・基礎研究室
主任研究官
SAWAMURA Manabu

藤原 茜



国土交通省国土技術政策
総合研究所道路構造物研
究部構造・基礎研究室
研究員
FUJIWARA Akane

澤口啓希



国土交通省国土技術政策
総合研究所道路構造物研
究部構造・基礎研究室
交流研究員
SAWAGUCHI Hiroki

西田秀明



国土交通省国土技術政策
総合研究所道路構造物研
究部構造・基礎研究室長
NISHIDA Hideaki