

道路トンネルの定期点検結果の概要と傾向分析

間瀬利明・稲本義昌・高木 繁・上原勇氣

1. はじめに

平成25年の道路法改正等を受け、平成26年7月より、道路管理者は、全ての橋梁、トンネル等について、5年に1度、近接目視で点検を行い、健全性を4段階で診断することとなった。

本稿は、将来的な道路トンネルの点検方法の効率化等を視野に、その基礎資料を得ることを目的として、トンネル台帳データ及び平成26年度に直轄道路トンネルにて実施した、定期点検の結果を整理・分析したものである。

なお、矢板工法及びNATMで建設された山岳トンネルを対象としている。

2. 直轄道路トンネルの現況

今回収集したトンネル台帳に記載のある全てのトンネル(以下「全トンネル」という。)は、矢板工法が657本、NATMが596本の、合計1,253本である。ここで、建設年度とトンネル本数・延長について整理した(図-1, 図-2)。

図-1より、1980年代後半に建設工法が矢板工法からNATMに転換していることが確認できる。これは、1989年5月に『道路トンネル技術基準、建設省』が一部改正され、道路トンネルの工法として、従来の矢板工法とは別に、吹付コンクリート、ロックボルト、鋼アーチ支保工を組み合わせた工法(=NATM)が記載されたためであると考えられる。

また、図-2より、トンネル延長が増加傾向にあること、3,000mを超えるトンネルはNATMのみとなっていることが確認できる。

3. 平成26年度の点検結果

3.1 トンネル工法の傾向

全トンネル1,253本のうち、平成26年度に定期点検を実施したトンネル(以下「H26点検トンネル」という。)は、矢板工法が172本、NATMが

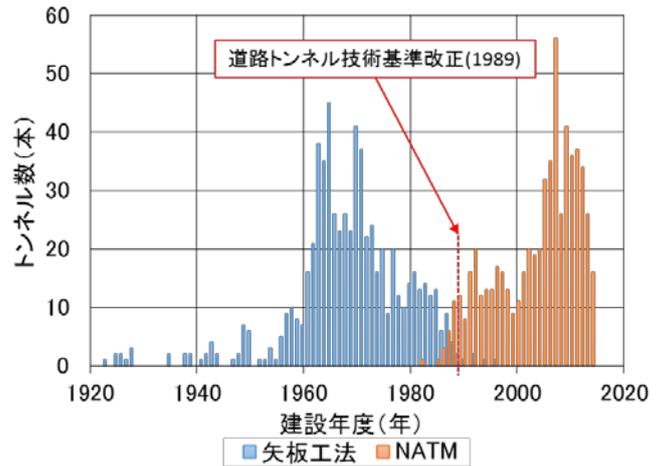


図-1 建設年度とトンネル本数(直轄)

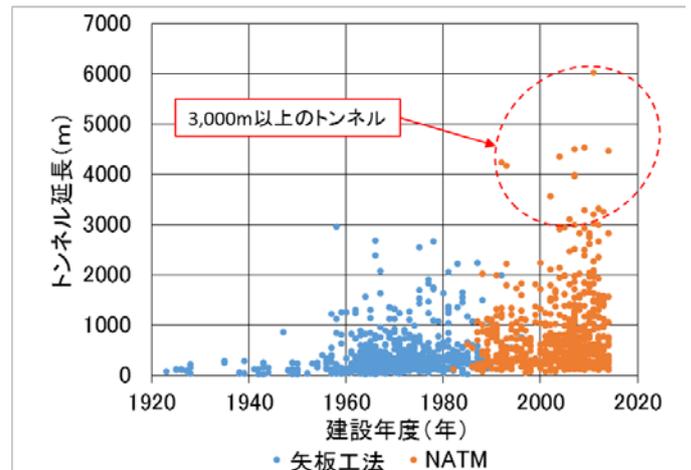


図-2 建設年度とトンネル延長(直轄)

140本の、合計312本である。

分析にあたり、最初に、全トンネルに対するH26点検トンネルの、経過年数別の本数の偏りを確認するため、建設後の経過年数別のトンネル本数の割合を工法別に整理し、全トンネルとH26点検トンネルの比較を行った(図-3)。

図-3より、NATMで建設されたトンネルのうち、建設からの経過年数が5年以下のトンネル本数の割合が、全トンネルでは32%であったのに対し、H26点検トンネルでは半数の16%となっており、5年以下の割合が小さくなっていることが確認できる。一方、矢板工法では、全トンネルに対するH26点検トンネルのトンネル本数の割合は、各経過年数とも-1%~+2%の差に収まっており、偏りがないことが確認できる。このことから、全トン

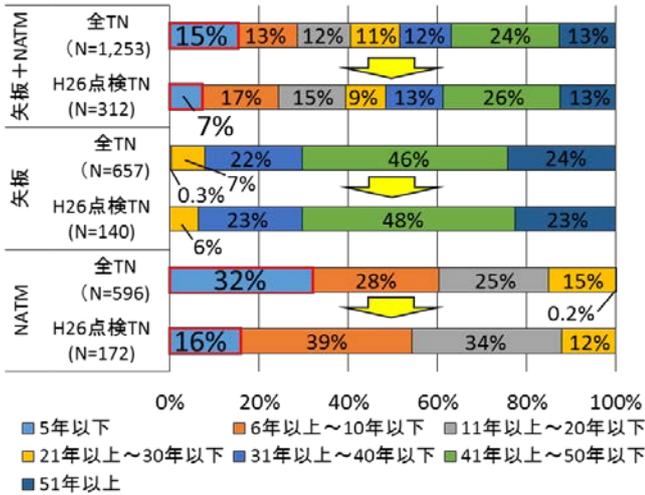


図-3 経過年数別トンネル本数割合(工法別)

ネルに対し、H26点検トンネルは、建設から5年以内のトンネルの本数が、やや少ない。

3.2 覆工スパン別の対策区分の判定の分析

本稿ではより詳細な分析を行うため、トンネル内の覆工スパン毎の変状に着目した。ここで覆工とは、トンネルの内側表面のコンクリートアーチのことであり、スパンとは、覆工を施工する際に、一度にコンクリートを打設する長さのことである。

直轄道路トンネルの定期点検では、スパン毎の変状について、道路トンネル定期点検要領に基づき、外力(地山からの土圧等による変状)、材質劣化(中性化等)、漏水の各変状区分に分類している。また、その程度によって5段階の判定区分に分類している(表-1)。

平成26年度の定期点検における、変状が発生しているスパン数を確認するため、H26点検トンネルにおける全てのスパンに対する、判定区分別の割合について、工法及び変状区分別に整理した(図-4)。

図-4より、「要監視」判定であるII bより悪い判定のスパン数の割合は、外力については、矢板工法で17%、NATMで13%となっており、共に80%以上のスパンがI判定であった。このことから、外力の影響による変状の判定区分については、両工法の間、大きな差が確認できなかった。

一方、材質劣化については、II bより悪い判定のスパン数の割合はNATMで28%であったのに対し、矢板工法では約2倍の59%であった。また、より緊急性の高い判定であるIII、IV判定については、NATMの3%に対し、矢板工法では10%となっていた。

表-1 スパン別判定区分の新旧対比¹⁾

道路トンネル定期点検要領(平成26年6月)		従来(平成26年度以前)
判定区分(5区分)		点検結果判定(3区分)
I:健全		S(変状無、軽微)
II:予防保全段階	II b: 予防保全段階(要監視)	B(変状有:危険性低、要調査)
	II a: 予防保全段階(要監視・要対策)	
III:早期措置段階(要早期対策)		
IV:緊急措置段階(要緊急対策)		A(変状大:危険性高、要応急対策、要調査)

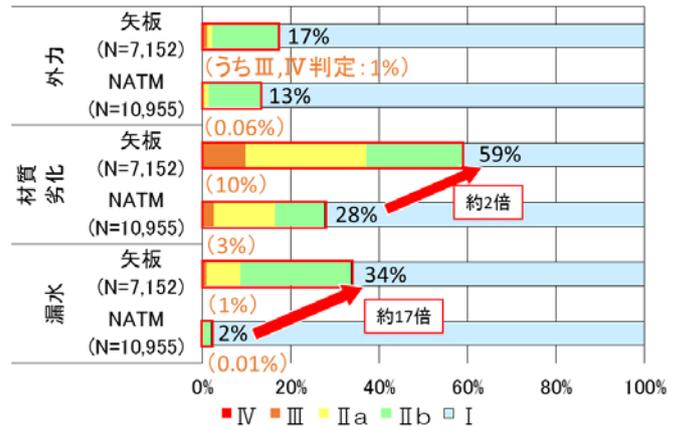


図-4 対策区分の判定別割合(変状区分別・スパン別)

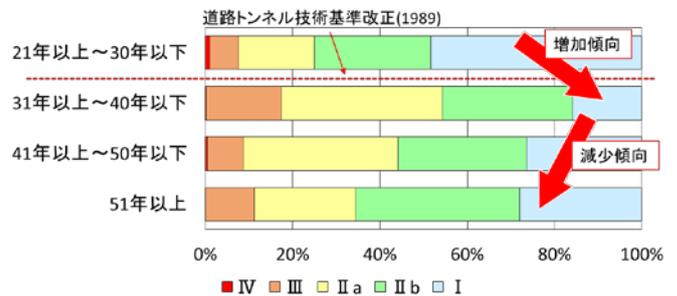


図-5 スパン毎の判定区分と経過年数の関係(矢板工法)

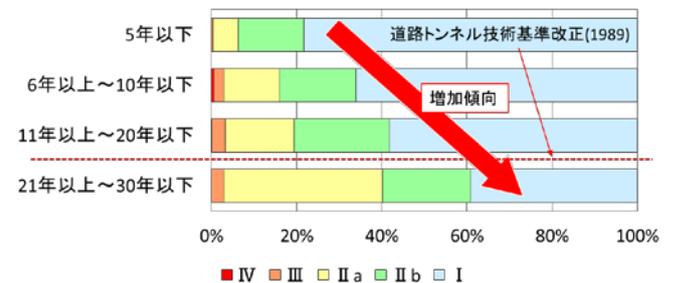


図-6 スパン毎の判定区分と経過年数の関係(NATM)

さらに、漏水については、NATMでは僅かに2%のスパンでII b判定となっている以外は、殆どがI判定であるのに対し、矢板工法では約17倍の34%のスパンで、II bより悪い判定となっていた。NATMで施工された道路トンネルでは、支保工と覆工の間に防水シート等を施工する防水工が行われていることから、漏水の発生が抑えられているのではないかと考えられる。

このことから、材質劣化及び漏水の影響による変状の判定区分について、両工法の違いを確認できた。

また、各変状区分のうち、各スパンの中で最も判定区分が悪いものを、そのスパンにおける判定区分として集計し、判定区分別のスパン数の割合について、工法及び図-3で示した経過年数のグループ別に整理した(図-5, 図-6)。

図-5より、「要監視」判定であるIIbより悪い判定のスパンの数は、経過年数21年以上～30年以下のトンネルと比較して、経過年数31年以上～40年以下のトンネルにおいて増加傾向にあるものの、それ以降の経過年数においてはやや減少傾向にあった。このような傾向を示した要因としては、図中の赤破線に示す通り、1989年の道路トンネル技術基準の改正が行われており、また図-3に示す通り、21年以上～30年以下のトンネル数自体も、矢板工法の中では最も少ない本数となっていることや、対策工の実施による判定の改善等が考えられる。

一方、図-6に示す通り、NATMにおいては、IIbより悪い判定のスパンの数は、経過年数と比例していることが確認できる。

3.3 地山等級の違いによる判定の分析

建設時の施工状況や地山の状態が、その後のトンネルの健全性に与える影響を確認するため、H26点検トンネルのうち、地山等級がトンネル台帳から読み取れるNATMトンネルを77本抽出し、スパン毎の対策区分と地山等級との関係について、変状区分別に整理した。そのうちの外力について、以下に示す(図-7)。

ここで地山等級とは、地山を性質により階級別に分類したものであり、B→C(I, II)→D(I, II)の順に地山は悪くなる。地山が悪いと、一般的にトンネル建設の難度が上がり、施工や品質確保の面で多くの対策が必要となる。

今回の分析では、図-7より、外力については、地山が悪くなるにつれて、IIbより悪い判定の割合が増加傾向にあることが確認できた。しかし、IIa判定については地山区分DIIで減少していること、また外力以外の他の変状(材質劣化・漏水)については、地山等級別の傾向は確認できなかった。これは、同じ地山等級であっても、施工時の掘削方法や、補助工法の種類等が異なること、等

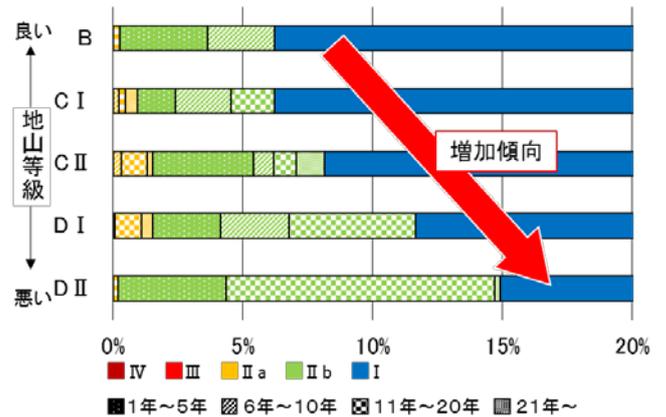


図-7 対策区分の判定と地山等級の関係(外力)

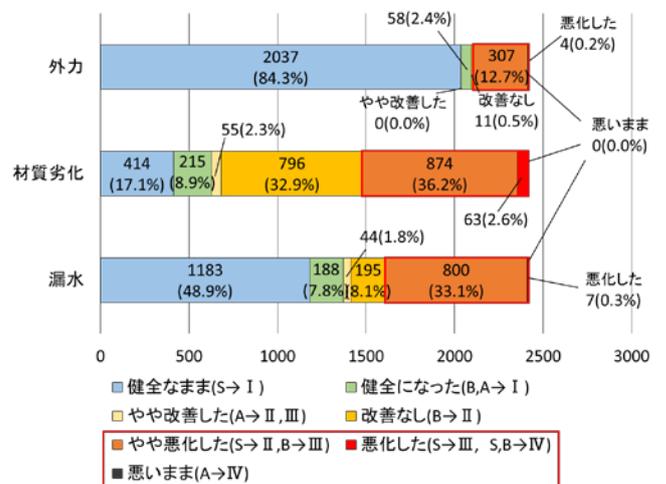


図-8 変状区分別進行状況(矢板工法)

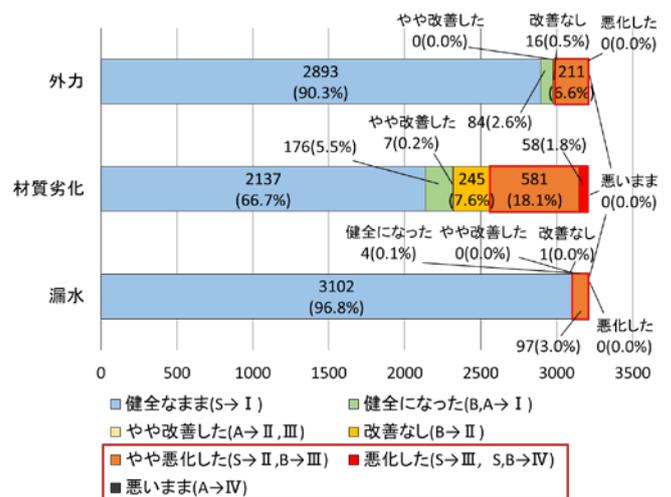


図-9 変状区分別進行状況(NATM)

級別のトンネル本数の偏りや、更には完成後の変状に対する対策工の実施の有無など、様々な要因が考えられるため、引き続き調査・分析を行う必要がある。

3.4 変状区分別の進行状況の分析

変状の進行や対策工の実施の有無が、対策区分に与える影響を確認するため、H26点検トンネル

のうち、平成26年度以前に定期点検を実施したトンネルについて、矢板工法・NATMそれぞれ50本抽出し、スパン判定区分の変化から、変状区分別の進行状況分析を行った(図-8, 図-9)。

ここで、道路トンネル定期点検要領が平成26年度に規定されたことに伴い、変状の判定区分が、従来のS、B、AからI～IVへと変更されており、過年度の点検結果との比較のため、判定区分の対比を行った(表-1)。なお、グラフの簡略化のため、II aとII bはIIに統合している。

図-8より、矢板工法では、材質劣化及び漏水による判定区分の悪化が目立っており、全スパンに占める割合(悪化した、やや悪化した、悪いままの合計)は、それぞれ38.8%、33.4%となっている。とりわけ材質劣化については、I判定(健全)でないスパンの割合が74.0%となっており、材質劣化の影響が大きいことが分かる。

一方、NATMについては、図-9に示す通り、判定区分の悪化した割合は、材質劣化がやや多く、矢板工法の約半分である19.9%となっている。漏水については僅か3.0%と非常に小さく(1/10以下)、外力よりも影響が少ないことが分かる。

道路トンネル定期点検要領中の用語の定義では、材質劣化とは「使用材料の品質が時間の経過と共に劣化が進行するものであり、(後略)」と記述されている。このことは、NATMと比較して古いトンネル工法である矢板工法について、判定区分が悪化した割合が大きいことから確認できる。

また、漏水については「覆工背面地山の地下水が、覆工コンクリートに生じたひび割れ箇所や目地部を通過し、トンネル坑内側に流出するなどの現象の総称をいう(後略)」と記述されている。

矢板工法では、覆工コンクリートが、背面地山からの地下水の影響を受けやすいと考えられるため、漏水の判定区分の悪化の割合が大きくなっている可能性が考えられる。一方、NATMについては、上述の通り覆工コンクリートの外側に防水工が施工されていることから、覆工コンクリートのひび割れが、そのままトンネル内への漏水に繋がりにくく、変状の進行状況への影響が小さかったものと考えられる。

以上より、変状の進行状況は、矢板工法では特に、材質劣化や漏水による影響が大きいこと、NATMでは、矢板工法よりは小さいが、材質劣化による影響があるという結果となった。

4. まとめ

今回の分析では、スパンの変状区分と判定区分に着目した結果、建設からの経過年数や工法により、それぞれ傾向が明らかに異なっているということを確認することができた。一方で、傾向や要因が不明な部分もあった。引き続き点検結果の基礎調査・分析を行い、今回の分析結果との比較も行いながら、トンネルの変状についての正確な傾向の把握に努めたい。

謝 辞

データを提供していただきました各地方整備局、北海道開発局、沖縄総合事務局のご担当者様に、御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 道路トンネル定期点検要領、国土交通省道路局 国道・防災課、2014

間瀬利明



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
Toshiaki MABUCHI

稲本義昌



研究当時 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、現
国土交通省北陸地方整備
局長岡国道事務所 副所
長
Yoshiaki INAMOTO

高木 繁



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
Shigeru TAKAGI

上原勇気



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
研究官
Yuki UEHARA