

13.6 道路トンネルの合理的な点検・診断手法に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 26

担当チーム：道路技術研究グループ（トンネル）

研究担当者：砂金伸治，石村利明，日下 敦

【要旨】

今後財源が制約される中で効率的に道路トンネルの維持管理を実施するためには、トンネルの条件や管理者に要求される水準に見合った点検や診断に関する手法の確立が急務であるとともに、トンネルに発生している変状が致命的な損傷に至る可能性を内含しているかどうかの判断材料があれば、監視や対策の決定が一層合理的になり、効率的な維持管理のあり方に大きく資する可能性が高いと考えられる。本年度は実際のトンネルにおける変状の進展の傾向の把握と目視による健全度判定を通じ、道路トンネルの合理的な点検・診断手法の確立に向けた研究とともに、トンネルが致命的な損傷に至る可能性があるか否かを評価する手法に関して実大規模の覆工コンクリートの載荷試験による検討を行い、道路トンネルの合理的な点検・診断手法の確立に向けた研究を行った。

キーワード：トンネル，変状，維持管理，点検，判定区分

1. はじめに

供用中の道路トンネルでは各種の基準類¹⁾²⁾に基づいて点検や調査、監視の内容等が定められており、点検等の実施を通じて変状の発生の有無やその程度を管理している。トンネルにひび割れや巻厚不足などの変状や構造的欠陥が点検等によって発見された場合、対策工の必要性や実施時期の判断は基準類やマニュアル³⁾等を参考としつつ、主として過去の経験や実績に基づいた定性的な評価により行われることが多い。

今後財源が制約される中で効率的に道路トンネルの維持管理を実施するためには、点検や調査等を通じてトンネルの変状に関する情報を的確に得ると同時に、それらの情報から変状の発生原因をなるべく正確に推定し、適切な対策を実施することが重要である。また、その変状に関する情報を得るためにはトンネルの条件や管理者に要求される水準を考慮しつつ、それに見合った点検や診断に関する手法の確立が急務である。さらに、トンネルに何らかの変状が発生している場合、その変状が致命的な損傷に至る可能性を内含しているかどうかの判断材料があれば、監視や対策の決定が一層合理的になり、効率的な維持管理のあり方に大きく資する可能性が高いと考えられ、その手法の確立も望まれている。

上記の観点から、本研究では①「管理水準に応じた構造物の調査・点検技術の確立」、②「構造物の健全度・安全性に関する診断・評価技術の確立」について以下の検討を行った。

第一に、管理水準に応じた構造物の調査・点検技術についての検討は、供用中のトンネルに発生している変状の実態とその進行性の確認、点検方法と健全度判定結果の実態等の基礎情報を把握することを目的として、供用中のトンネルにおける既往の点検結果を比較・分析を行うことにより、供用年数・施工方法の違いがトンネルの変状の実態に及ぼしている影響、およびNATMを対象とした地山等級（支保パターン）と発生している変状との関係を把握した。また、遠望目視の精度の向上について供用中のトンネルにおいて複数の点検員により遠望目視を実施し、各点検員の健全度判定の個人差を把握するとともに、近接目視と遠望目視による点検結果の比較・分析を行った。さらに、点検手法の変状の進展の状況に関するデータを継続的に収集し、はく落の観点から点検頻度を検討するうえでの基礎的な傾向を把握した。

第二に、構造物の健全度・安全性に関する診断・評価技術については、トンネルの安全状態を簡易に診断する手法の適用可能性を把握することを目的として、トンネルの覆工に過大な応力が発生しているかを簡易に判定し、致命的な損傷に至る可能性があるか否かを判断する手法の検討として、実大規模の覆工コンクリートの載荷試験により外力が作用している条件下での覆工内の音速変化率を把握した。以下に検討した結果を報告する。

2. 研究方法

2.1 管理水準に応じた構造物の調査・点検技術の検討

本節では、管理水準に応じた構造物の調査・点検技術について、既往の点検データの分析および実際のトンネルにおける点検・調査等を実施することにより、トンネルに発生している変状の実態とその進行性、点検方法と健全度判定結果の実態等について以下の検討を行った。

2.1.1 供用年数・施工方法の違いによるトンネルの変状の実態

供用中の道路トンネルの既往の点検結果の収集を行い、点検結果の比較・整理を行い供用年数・施工方法の違いによるトンネルに発生する変状の違いについて分析した。分析対象とした道路トンネルは図-1に示す1923年から2011年に供用を開始した716本のトンネル（総延長328km）である。分析は、平成14年以降に各トンネルで実施された初回定期点検の結果や、方法・時期等の情報が入手困難であったため、各トンネルの最も新しい点検結果をもとに最新のトンネルの変状実態について整理・分析を行った。したがって、本分析結果は最新の点検結果に基づくものであるため初回定期点検時で発見された変状に限っていないということを前提としなければならない。

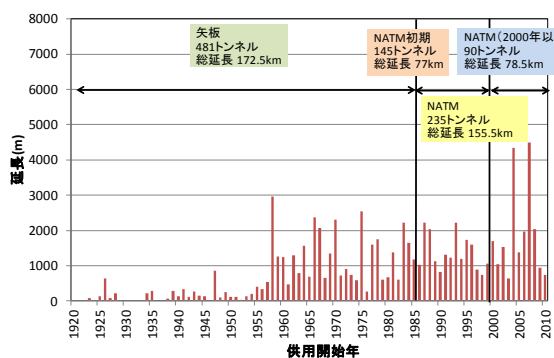


図-1 分析トンネルの供用開始年毎のトンネル延長

2.1.2 NATM を対象とした支保パターンとトンネル変状との関係

NATMにより施工されたトンネルの変状実態は、トンネル施工時の資料が収集できた昭和62年(1987年)から平成20年(2008年)に施工された28トンネルをそれぞれNATM初期(2000年より前)(8トンネル)、NATM(2000年以降)(20トンネル)と分類し、図-2に示す地山等級(支保パターン)の分析スパン数について1スパンあたりに発生する変状数、地山等級との関係について分析した。

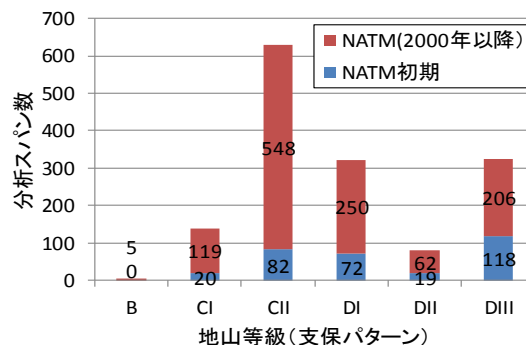


図-2 地山等級毎の分析スパン数

2.1.3 遠望目視の精度の向上

トンネルの維持管理を行うにあたって、その管理水準を設定するためには、発生することが多いうき・はく落といった変状を評価するための指標を抽出する必要がある。これまでに、打音検査および近接目視による種々のデータをもとに文献1)2)に示されている点検や調査の判定区分を参考に変状の程度の判定・分析を行い、うき・はく落に関連する変状に対して点検者が着目すべきと考えられる指標として、打音検査およびひび割れの状態や材質劣化の状態などによる覆工の外観の状態により表-1に示す項目を抽出した。

本年度は、前年度までに提案した評価指標を用いて、平成8年(1996年)にNATMにより施工された供用年数17年が経過したトンネルにおける12事例の変状を対象に、複数の点検員により遠望目視を実施し、各点検員の健全度判定のばらつきを把握するとともに、遠望目視の改善案として提案した変状部分の拡大写真による各点検員の健全度判定のばらつきを把握し、遠望目視の精度の向上に関して検討した。

表-1 抽出したうき・はく落に対する評価指標

評価指標		
大区分	小区分	
(A)打音の音質		
(B)ハンマー打撃による落下の状態		
(C)覆工の外観の状態	(a)ひび割れの状態	(1)ひび割れ・分離面が鋭角 (2)ひび割れ・分離面が開口 (3)ひび割れ等が閉合 (4)派生するひび割れがある (5)ひび割れに段差がある (6)ひび割れ沿いにはく離
	(b)材質劣化の状態	(1)骨材・異物等が露出 (2)漏水の凍結 (3)表層劣化・はく離

2.1.4 変状の進展状況に関する調査

合理的かつ効果的なトンネルの維持管理を行っていくためには、トンネルの条件（道路種別、交通量、延長、供用年数等）に応じた管理水準に応じた適切な点検・診断手法に基づく必要がある。そこで、点検手法の違いによる判定区分への影響度の把握、点検頻度を検討するうえでの基礎資料として変状の進展に関するデータを収集し、その傾向の把握を試みた。

変状の進展の把握は、図-3 に示す延長が 915m の 2 車線道路トンネルで実施した。本トンネルは、過年度に実施した徒歩によるトンネル内の調査により、顕著な盤ぶくれ区間が①～③の 3 箇所が存在することが判明している。この区間①～③における遠望目視による覆工等の状況観察では盤ぶくれだけではなく、覆工にひび割れや圧ざ、せん断破壊等が多く発生し、一部には漏水が見られることが判明している。その後、これらの区間を含む対象に変状に対する詳細な調査とともに、近接目視および打音検査による覆工に対する観察・写真撮影を実施し、変状の進展状態の把握を継続的に実施した。検討は、複数の変状箇所のうち、特に顕著な 30 箇所の変状に着目し、その進行等の情報の補完を行う観点で調査を行うとともに、各変状に対する健全度の判定結果の比較を行った。なお、これらの変状は道路トンネル維持管理便覧に示されている判定区分による判定では、1 回目の調査の時点で 27 箇所で 3A、1 箇所で 2A、2 箇所で A と判定されたものである。ここで 3A とは変状が大きく通行者・通行車両に対して危険があるため直ちになんらかの対策が必要と位置づけられるものである。

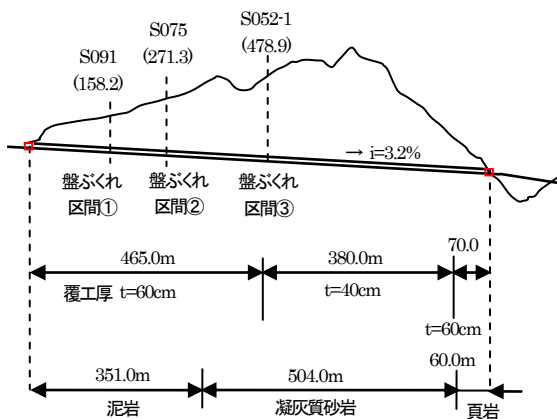


図-3 分析対象トンネル

2.2 構造物の健全度・安全性に関する診断・評価技術の検討

本節ではトンネルの安全状態を簡易に診断する手法の検討として、トンネルの覆工に過大な応力が発生しているかを簡易に判定し、致命的な損傷に至る可能性があるか否かを判断する手法の検討を行った。前年度は、模型供試体を用いて軸力と曲げが同時に作用する状態での載荷試験を行い、複雑な応力状態においても音速変化率が変化することが明らかとなり、発生しているひずみの傾向を概略的に簡易に判断できる可能性があることが分かった。

本年度は、本手法の適用可能性について、実大規模の覆工コンクリートの載荷試験を行い、実物規模における供試体でのより複雑な応力状態の場合に覆工内の音速がどのように変化するかを把握した。

載荷試験は、図-4、図-5 に示すように外径 9.7m、覆工厚さ 30cm の半円形の覆工コンクリートを模擬した供試体の天端付近に油圧ジャッキにより載荷し、各載荷ステップの段階で供試体の音速を測定した。音速の計測は、

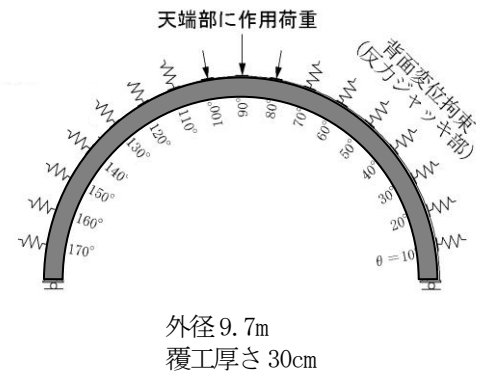


図-4 実物規模の覆工載荷試験



図-5 載荷実験時の状況

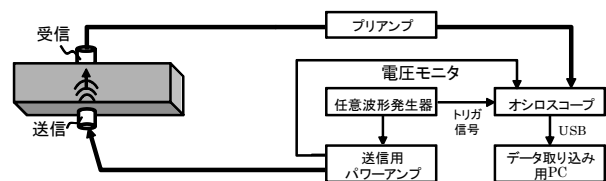


図-6 音速の計測方法

図-6 に示すように音波を送信または受信するためのトランスデューサを表面にセットし、波形発生器から音波を発生させ、供試体内に送信した。その後、受信用トランスデューサで音波を受信し波形を取り込んだ。音波の伝搬時間の計測は、初めに無荷重状態、その後、荷重装置の荷重能力上限まで段階ごとに荷重した。その計測した波形データを用いて、供試体内における音波の伝搬時間を算出した。ここで無荷重状態における伝搬時間を t_1 、荷重状態の伝搬時間を t_2 、無荷重状態の音速を c_0 、音速の変化量を Δc とした場合、音速変化率 $\Delta c/c_0$ は式(1)から算定される。

$$\frac{\Delta c}{c_0} = - \frac{\Delta t}{t_1} = - \frac{t_2 - t_1}{t_1} \quad (1)$$

なお、実験に使用した覆工コンクリートは、呼び強度 18N/mm^2 、スランプ 12cm 、最大粗骨材寸法 40mm のプレーンコンクリートで、試験実施日の材料試験によれば弾性係数 $E=20.2\text{GPa}$ 、ポアソン比 $\nu=0.176$ 、密度 $\rho=2.31\text{g/cm}^3$ であった。

3. 研究結果

3.1 管理水準に応じた構造物の調査・点検技術の検討

3.1.1 供用年数・施工方法の違いによるトンネルの変状の実態

図-7 に最新の点検結果に基づいた各供用開始年毎のトンネルの延長 100m あたりに発生している変状数を示す。変状は、図中に示した段差、うき・はく離・はく落、豆板、補修材、ひび割れ、漏水、つららの変状毎に延長 100m あたりに発生した変状数を示す。図より、1920年代のトンネルで漏水、ひび割れの変状数が極端に多い。これは、1920年代～1930年代のトンネルは一般的に木製支柱式支保工を用いた掘削を行い、コンクリートブロック製の材料を用いた覆工のトンネルで施工されており、

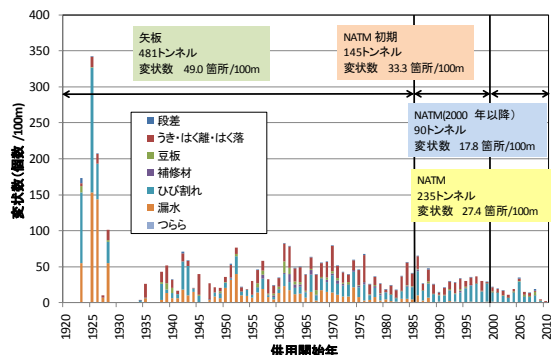


図-7 供用開始年毎のトンネル変状数

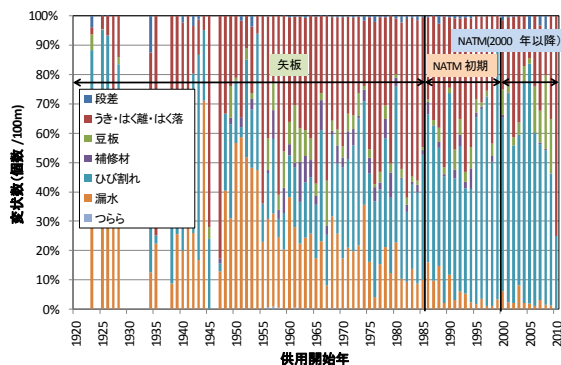


図-8 供用開始年毎のトンネル変状割合

供用年数の経過とともに、これらの施工方法の違いの影響が変状の発生数に関係しているものと考えられる。

1980年代中頃からはNATMが標準的な施工法として用いられるようになり、それ以前の矢板工法によるトンネルに比べて、 100m あたりの変状数が少ない傾向が見られた。また、覆工コンクリートの品質向上や耐久性向上等に対して諸対策が採用されることが増加したと考えられる2000年以降におけるNATMによるトンネルでは、さらに変状数が少なくなっている傾向が見られた。これらは図中に示したように、工法別に矢板～NATM初期～NATM(2000年以降)の各区分毎の平均値で整理した 100m あたりの変状数が、それぞれ49個、33個、18個と減少している。なお、前述したとおり、本分析結果は最新の点検結果に基づくものであるため初回定期点検時で発見された変状に限っておらず、また、個々の変状の劣化の進行が考慮されていないということを前提として考えなければならない。

次に、図-8に供用開始年毎のトンネルに発生している各変状の発生割合を示す。これより変状は、主にうき・はく離・はく落、ひび割れ、漏水の変状が多いことがわかる。具体的には、比較的供用年数が経過している矢板工法によるトンネルの場合は、供用年数が増えるにしたがって漏水による変状割合が多くなる傾向にある。一方で、NATMによるトンネルは防水シートが設置されていることから漏水による変状割合が非常に少ない結果となっている。また、矢板工法の場合はうき・はく離・はく落の変状割合も比較的多く、NATMの場合は、ひび割れ、うき・はく離・はく落の発生割合が多いことがわかる。

3.1.2 NATMを対象とした支保パターンとトンネル変状との関係

図-9に各トンネルの地山等級毎に1スパンあたりに発生した変状数を示す。これより、トンネルによって発生する変状数が大きく異なっており、地山等級による顕著な差は見られなかった。これは個々のトンネルで使用材

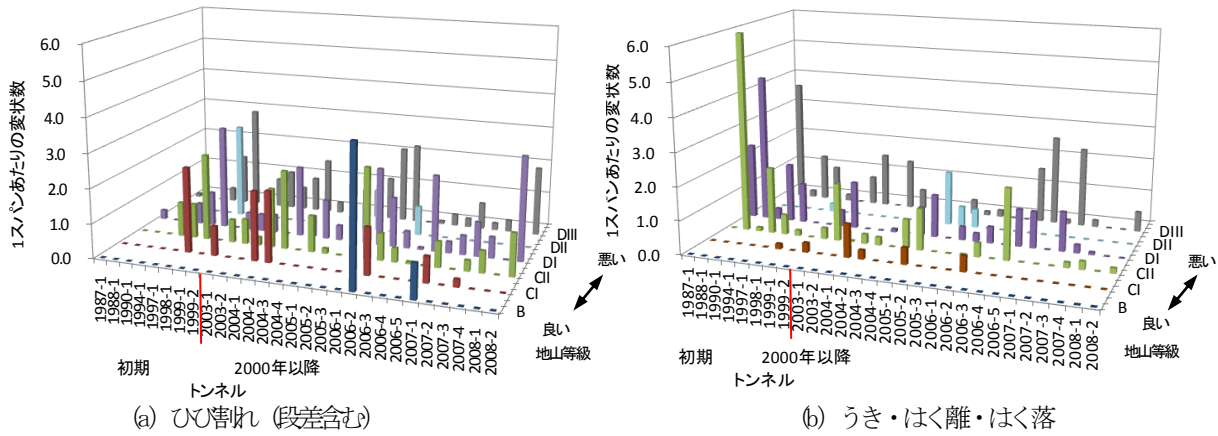


図-9 1スパンあたりの変状数

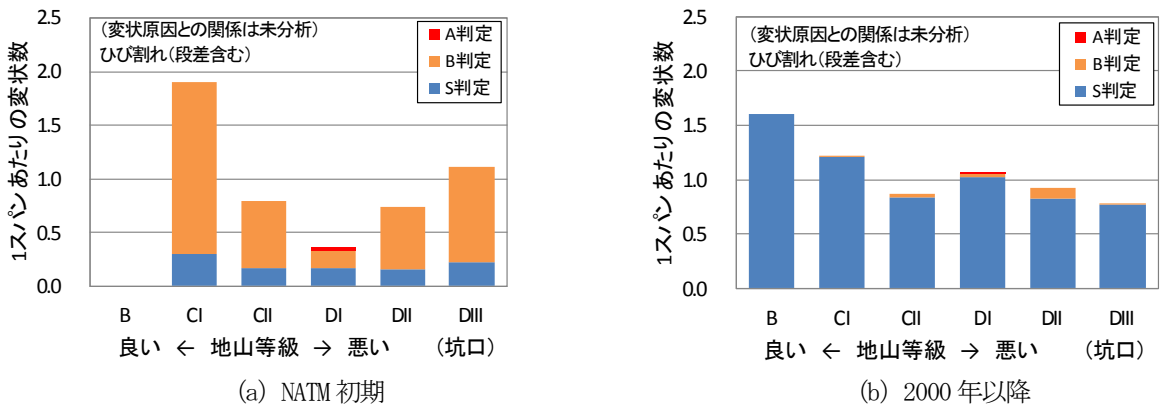


図-10 1スパンあたりの変状数 (ひび割れ (段差含む))

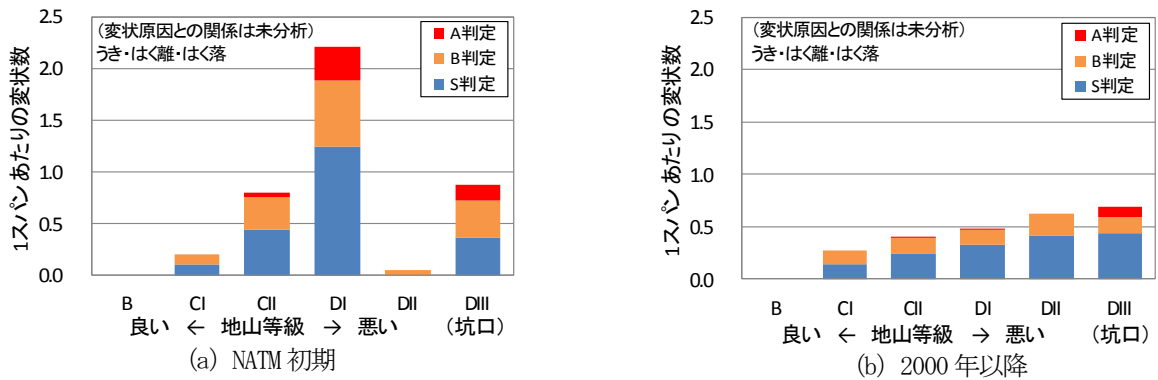


図-11 1スパンあたりの変状数 (うき・はく離・はく落)

料や環境が異なっていることが原因の1つとして考えられる。また、地山等級毎の全データを用いた1スパンあたりの変状数を図-10、図-11に示す。図中には、従来の点検要領²⁾に従った変状の判定結果(変状原因との関係は未分析)も示す。28トンネルの限定された結果であり、地山等級がCIとDIIでは分析したスパン数が少ないことに留意する必要があるが、マクロ的な傾向のみの考察となるが、図より、ひび割れ、うき・はく離・はく落ともに、平均的には1スパンあたり概ね2箇所程度が最大変状数となっている。また、NATM初期は2000年以降

と比較して、変状が著しく応急措置や対策を必要とするA判定や、変状があり調査を要するB判定の変状があることがわかった。一方で、2000年以降のトンネルでは変状があっても健全か軽微な変状のS判定が多いことがわかった。これらの結果は、供用年数との関係は明らかではない前提に留意する必要があるものの、覆工の品質向上等の諸対策による効果も現れていると考えられる。地山等級による変状数の違いは、一部の地山等級を除き、ひび割れて地山等級が良い場合に変状数が多く、うき・はく離・はく落で地山等級が悪い場合に変状数が多い傾

向にあるが、この点に関しては、今後はデータを増加させることで、より精度の高い分析を行う必要があると考えられる。

3.1.3 遠望目視の精度の向上

図-12 に5人の点検員による通常の遠望目視により変状の健全度評価を行った結果を示す。図中の縦軸は、前年度までに提案した各変状のひび割れの状態や材質劣化の状態などによる覆工の外観の状態などの点検指標をもとに、表-3および式(2)により求めた健全度の評価点数を示す⁴⁾。ただし、今回は遠望目視を対象としているため打音検査での評価指標である(A)(B)を除いて算出した。また、図中の横軸は上記の評価とともに、各点検員が各変状に対して従来から用いられている変状の健全度をを用いて評価した結果を示す。ここで、Sは「変状がないか、あっても軽微な変状」で、B、A、2Aの順で健全度が悪い評価となり、3Aが「変状が大きく通行者・通行車両に対して危険があるため直ちに何らかの対策を必要とするもの」の評価である。

$$Y = \sum_{i=1}^{11} W_i \cdot X_i \quad (2)$$

ここに、Y：健全度評価点

W_i：評価指標iに対する重み係数

X_i：評価指標iに対する評価の基準点(X_i=0~1)

表-3 基準点と重み係数

評価指標		説明	基準点X _i	重み係数 W _i
大区分	小区分			
(A)打音の音質		濁音(響きを響く)	1.0	34
		濁音(鈍い音)	0.4	
		清音	0.0	
(B)ハンマー打撃による落下の状態		軽打で落ちる	1.0	46
		強打で落ちる	0.5	
		強打しても落ちない	0.0	
		鋭角である	1.0	
(C)覆工の外観の状態	ひび割れの状態	鋭角ではない	0.0	10
		開口している(1mm程度以上)	1.0	
		開口していない(1mm程度未満)	0.0	
		ひび割れ等で完全に閉合	1.0	
		ひび割れ等で閉合が不完全	0.5	
		ひび割れ等で閉合していない	0.0	
		主ひび割れから派生するひび割れがある変状を重要視する	1.0	
		主ひび割れから派生するひび割れがある変状を重要視しない	0.0	
		せん断による段差がある	1.0	
		せん断による段差がない	0.0	
		ひび割れ沿いにはく離が見られる変状を優先する	1.0	
ひび割れ沿いにはく離が見られる変状を優先しない	0.0			
材質劣化の状態	骨材・異物等が露出	骨材が露出する変状を重要視する	1.0	3.3
		骨材が露出する変状を重要視しない	0.0	
	漏水の凍結	漏水が凍結膨張する環境を重要視する	1.0	10
		漏水が凍結膨張する環境を重要視しない	0.0	
		表面のひび割れ、補修材のうきを重要視する	1.0	
	表面劣化・はく離	表面のひび割れ、補修材のうきを重要視する	1.0	3.9
		表面のひび割れ、補修材のうきを重要視しない	0.0	

図より、遠望目視による評価点と健全度の関係はある一定の傾向を示しており、今回提案した評価指標を用いることで定量的な健全度評価ができる可能性があること

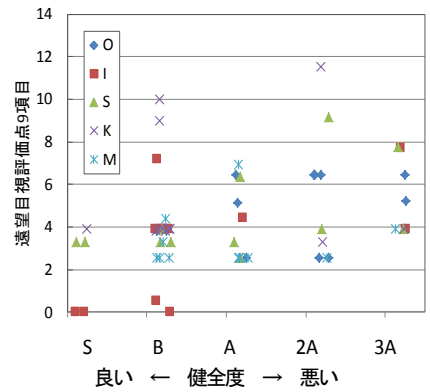


図-12 遠望目視点検結果

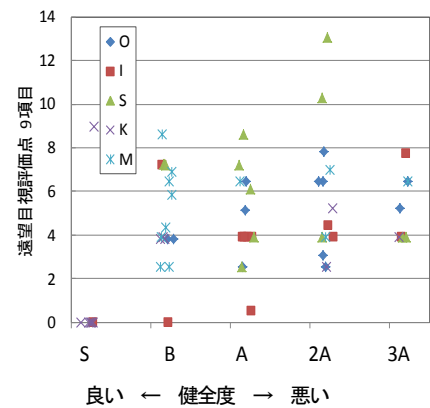


図-13 写真判読結果

がわかった。ただし、各変状に対する健全度の判定が点検員毎に大きく異なっており、点検員による健全度評価の個人差が大きいことがわかる。また、遠望目視の精度の向上のため拡大写真を併用した各変状に対する同様の点検結果を図-13に示す。図より、点検員による評価のばらつきはあるものの、一部の点検結果を除き、拡大写真併用により通常の遠望目視による健全度判定が多少改善傾向にあることがみられる。

以上より、適切なメンテナンスサイクル実施のためには、個人差による評価のばらつきを解消することが重要であると考えられる。

3.1.4 変状の進展状況に関する調査

図-3のトンネルを対象とした変状の進展状況調査結果を以下に示す。表-4、図-14に顕著な30箇所の変状に関して、対象とした変状の箇所における変状現象の区分毎の、初年度調査時を基準にして1年後～3年後の調査時において見られた変状のはく落数を示す。1年後においては、初年度で3Aと評価されたうち18箇所、2Aと評価されたうち1箇所の合計19箇所、また2年後においては、初年度で3Aと評価されたうち新たに5箇所を含む合計24箇所に変状の一部もしくは大部分がはく落し

た状況が確認された。また、3年後は2年後までにはく落した箇所9箇所の9箇所が継続してはく落が発生した。

部位（アーチ・側壁・水平打継目）の分類では、アーチが全26箇所中で1年後で19箇所、2年後で22箇所、3年後で9箇所ではく落しており、側壁および水平打継目の変状では2年後で2箇所のはく落が見られたが、3年目以降のはく落は見られなかった。

本結果より、豆板、スケーリング等が生じている場合の変状のうち、3Aと評価された変状に関しては実際に1年程度以内ではく落が生じることが多く、またひび割れやコールドジョイント沿いに生じている変状部分についても、2年程度以内ではく落が生じることが多かった。また、はく落が生じた要因を推定すると、材質劣化の進行に加え、漏水の凍結膨張などによるはく落の進行が考えられた。

以上より、判定区分が3Aとなった変状については、実際に2年以内ではく落を生じることが多く、現場においても早急な対策が求められることが分かる。特に、3A

表-4 各年度のはく落箇所の変状現象の区分

変状現象区分	全数	1年後はく落数	2年後はく落数	3年後はく落数
ひび割れ:ひび割れ沿い、コールドジョイント沿い	11	5	9	3
ひび割れ:圧ざ	2	1	1	1
ひび割れ:コールドジョイント目地との複合	0	0	0	0
覆工の材質劣化:豆板、スケーリング、ポップアウト	10	9	9	4
鉄筋腐食:ひび割れ	0	0	0	0
溶脱物:遊離石灰他	0	0	0	0
補修材劣化:セメント系材料	6	4	5	1
補修材劣化:鋼材系材料	0	0	0	0
補修材劣化:FRP系材料	0	0	0	0
補修材劣化:漏水対策材料	0	0	0	0
補修材劣化:追め部化粧モルタル	0	0	0	0
その他	1	0	0	0
計	30	19	24	9

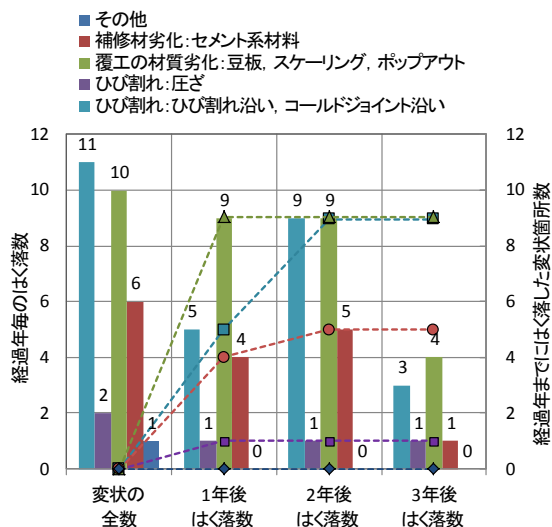


図-14 経過年によるはく落箇所数の推移

と評価されたアーチ部の変状の一部については3年経過後においてもはく落が継続して発生することがあるため、利用者被害を防止するためにも早急な対策が必要と考えられる。

今後は各判定区分後の変状の進行に応じたはく落現象と、前項で抽出した評価指標との関連性についてさらなる詳細な分析を行う必要がある。

3.2 構造物の健全度・安全性に関する診断・評価技術の検討

載荷試験時の覆工コンクリートに発生するひずみ分布図（最大載荷時）を図-15に示す。本実験条件では、トンネル天端（90度）付近からの載荷であるため、覆工外面側に圧縮ひずみが、覆工内面側に引張りひずみが発生する。そのため、最大の荷重が作用した場合の天端付近の覆工コンクリートには、覆工内面側に複数の引張りひび割れが発生した。図-15に示す載荷状態に至るまでの各載荷段階における音速変化率の変化を図-16に示す。図は音速の計測ポイント周辺（95度）の覆工内面・外面に貼付したひずみ値との関係で示した。これより、音速変化率は覆工外面の圧縮ひずみが-1000 μ 程度まではほとんど変化が見られず、圧縮ひずみが-2000 μ 程度を超えると急激な変化を示す傾向があることがわかる。したがって、トンネルの覆工コンクリートに外力等が作用することによって応力状態が変化した場合、音速変化率に着目す



天端（90度）付近の覆工内面の状況

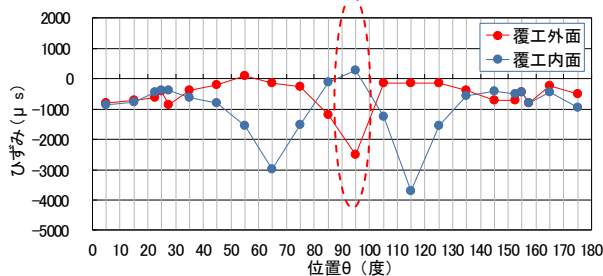


図-15 最大載荷時におけるひずみ発生分布

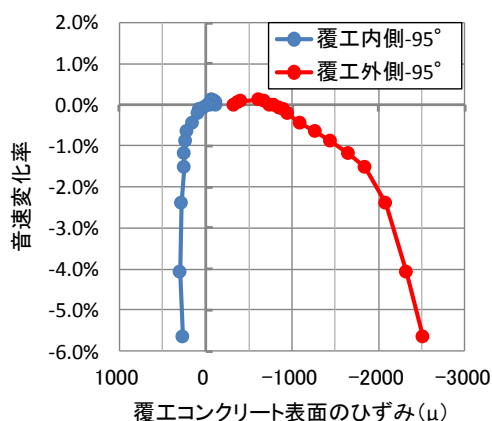


図-16 各载荷重段階における音速変化率

ることにより致命的な損傷に至る前に把握できる可能性があることが明らかとなった。

次に、音速変化率の増減について考察する。理論的には縦波の音速変化率は主応力とに比例することから、材料が圧縮されている場の音速は一般的に速くなると考えられている。本結果によれば、音速変化率がマイナス側に変化している。最大载荷時の覆工コンクリート内部の状態について考えると、覆工外面側で圧縮側、覆工内面側で引張側の応力状態となっており、音速変化率の変化は、引張側の応力状態が支配的であると考えられる。

試験では、圧縮ひずみが約2500 μ までの音速変化率-6%程度までの範囲を確認できた。本試験は载荷装置の仕様から覆工コンクリートが破壊に至るまでの载荷ができなかった。そのため、今後、破壊に至るまでの覆工コンクリートの主応力の状態、それを踏まえた音速変化率の傾向を把握することが必要であると考えている。

4. まとめ

本研究では第一に、管理水準に応じた構造物の調査・点検技術について、供用中のトンネルにおける既往の点検結果を比較・分析を行うことにより、供用年数・施工方法の違いによるトンネルの変状の実態、NATMを対象とした地山等級（支保パターン）と発生している変状との関係について把握した。また、複数の点検員により同一

の変状に対する遠望目視を実施し、点検結果のばらつきを確認するとともに、遠望目視の精度の向上について検討を行い、適切なメンテナンスサイクル実施のためには、個人差による評価のばらつきを解消する必要があることを示した。さらに、点検手法の変状の進展の状況に関するデータを継続的に収集し、はく落の観点から点検頻度を検討するうえでの基礎情報を把握した。

また第二に、構造物の健全度・安全性に関する診断・評価技術について、実大規模の覆工コンクリートの载荷試験を行い、音速変化率を把握することによりトンネルの安全状態を把握できる可能性があることを示した。

今後は、道路トンネルの適切なメンテナンスサイクルの実現と合理的な点検・診断手法の確立に向けて、下記の検討が重要であると考えられる。

管理水準に応じた構造物の調査・点検技術については、提案した評価指標を活用した数多くの変状事例に対する分析等を行い判定区分との関係の把握や、点検員による個人差による評価のばらつきを解消するため検討が必要である。

また、構造物の健全度・安全性に関する診断・評価技術については、トンネルの安全状態を簡易に診断する手法に対して、覆工コンクリートの主応力の状態と破壊に至るまでの音速変化率の関係を把握する必要がある。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局国道課：道路トンネル定期点検要領(案)，平成14年4月
- 2) (社)日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧，平成5年
- 3) 真下英人，石村利明：道路トンネル変状対策工マニュアル(案)，土木研究所資料第3877号，2003年2月
- 4) 砂金伸治，角湯克典，真下英人：うき・はく落による変状の健全度評価に関する考察，トンネル工学報告集第21巻，pp.195-201，2011

13.6 RESEARCH ON METHODOLOGY OF RATIONAL INSPECTION AND DIAGNOSIS FOR ROAD TUNNEL

Budgeted : Grants for operating expenses
General account

Research Period : FY2011-2014

Research Team : Road Technology Research
Group(Tunnel)

Author : ISAGO Nobuharu
ISHIMURA Toshiaki
KUSAKA Atsushi

Abstract : The methodology of inspection and diagnosis for road tunnel, which meets to the criteria that road administrators require and the condition of tunnel, should be established to maintain the road tunnel properly under the limitation of budget and investment on the public structure. In addition, the decision of surveillance and countermeasure against defect will be easily done when the decision-making materials are developed for the judgment of the possibility whether the crucial defects for tunnel are included or not, and it will have a great influence on the maintenance of tunnel. In this year, a full-scale loading test of tunnel lining was carried out to examine a method to evaluate whether the deformation can pose a serious risk of crucial collapse to the tunnel or not.

Key words : tunnel, defect, deformation, maintenance, inspection, judgment rating