

特集：土工・舗装・トンネルにおける維持管理の取組み

橋梁以外の道路構造物（土工・舗装・トンネル）の アセットマネジメント体系の構築に向けた取組み

玉越隆史・横井芳輝

1. はじめに

我が国には現在、延長で120万kmを超える道路が整備されている。そして橋長2m以上の道路橋が約70万橋、簡易舗装を含む舗装区間が約100万km、道路トンネルが約1万本、そのほかにも道路には斜面安定工、擁壁、落石防護工、ボックスカルバートやスノーシェッド、ロックシェッド等の様々な種類の膨大な数にのぼる道路構造物が整備されてきている¹⁾。これらの道路構造物は道路ネットワークが所要の機能を果たし、安全で円滑な交通の確保のためにはいずれも不可欠なものであり、着実に高齢化していくこれらの資産を将来にわたり良好な状態に維持できる方策の確立が喫緊の課題となっている。

国の管理する道路橋については、予算や人的資源の制約の中で、経済的かつ合理的に適切な機能水準が維持できる方策として、既設橋の最新状態を確実に把握して重大事故を未然に防止するとともに、それらの情報に基づく将来予測を行うことで予防保全の実現性について検討を行ってきている。

なかでも平成16年の定期点検要領の見直し²⁾では、点検間隔を10年から5年に短縮するとともに、専門家による定性的な診断以外に、部材を細分化した要素単位で損傷の有無やその程度の客観的なデータを取得することとし、我が国の道路橋の劣化特性に関するデータが統一的な基準により全国規模で集積できる体制が整えられた。これまでに同じ要領に基づく2回の点検データが整備された橋がようやく半数以上となってきており、国土技術政策総合研究所（以下、「国総研」）において地方整備局の協力を得て現在これらの分析を進めているところである³⁾。

一方で、橋梁以外の主要な道路構造物である土工構造物やトンネル等についても、道路橋と同様に高度経済成長期頃から積極的な整備が行われて

きており、個々に傾向は異なるものの経年により着実に劣化や損傷のリスクが高まることを踏まえた合理的な維持管理手法の確立が求められている。

本稿では、橋梁以外のこれらの道路構造物の合理的な維持管理体系の確立に向けた近年の取り組みについて紹介する。

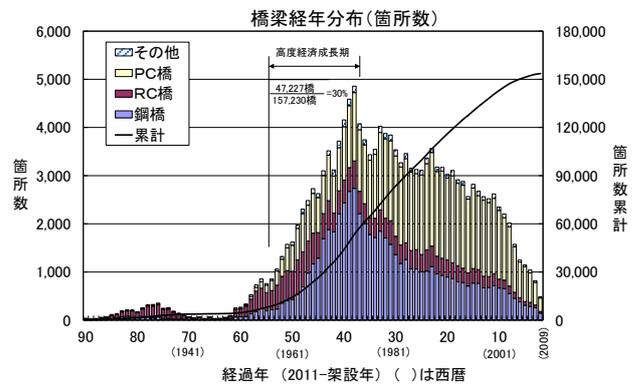


図-1 道路の実延長及び舗装整備状況

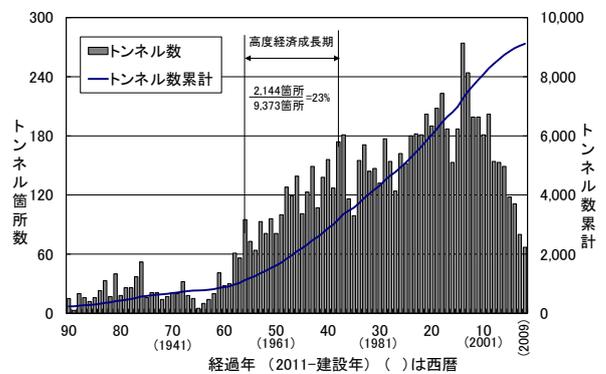


図-2 トンネル資産の経年変化

2. トンネルの維持管理

国の管理する道路トンネルの点検は、道路トンネル定期点検要領（案）（平成14年4月）⁴⁾に基づいて実施されてきている。点検頻度は、建設後2年以内に実施した後、点検結果に応じて2年ないしは5年に1回の間隔で行うこととされており道路橋と大きな差はない。点検内容も、近接目視に加えて必要に応じて打音等を行って外観変状や浮き・剥離の有無や状況を確認するなど道路橋と大きな相違はない。一方、道路橋では大きな繰り返し変動応力の発生による疲労や直接風雨に晒される部材の腐食及び防食機能の低下、飛来塩分によ

Review and foresight of the approach to improve durability and maintenance of road bridges

る塩害が耐久性喪失要因として重要な着目事象であるが、トンネルの場合、本土工では外力や環境作用との関係において経時的な性能への影響が予測できるような劣化事象が見当たらない場合がほとんどである。以上から、実績データなどから将来予測に基づいて予防保全の時期や効果を評価することは難しい。一方、トンネルは、構造的特徴から本体の覆工に加えて上方にとりつけられた照明や換気などの設備の損傷が第三者被害に直結しやすく、その危険性を如何に検知するのかが維持管理において重要な課題である。そのため国総研では、これまでの点検で確認された覆工コンクリートのひびわれや浮き・はく離などの変状を形態の特徴によって分類し、それらと過去の補修履歴や専門家による所見などとの対比を行うことで相対的にリスクの高い変状の特徴の抽出を試みている。図-3及び図-4は、それぞれ、トンネルの覆工コンクリートのひび割れ及びうき・はく離を対象に、トンネルの定期点検結果から得られる変状展開図を元に、損傷を発生パターンに分類した例である。この分類を直轄国道における39トンネル（NATM工法）の点検結果に当てはめて集計した結果を図-5に示す。ひび割れについては、

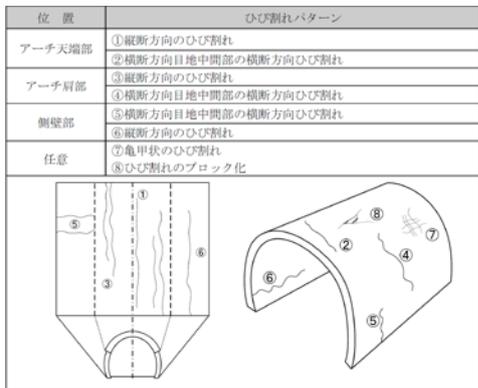


図-3 損傷パターンの例（ひび割れ）

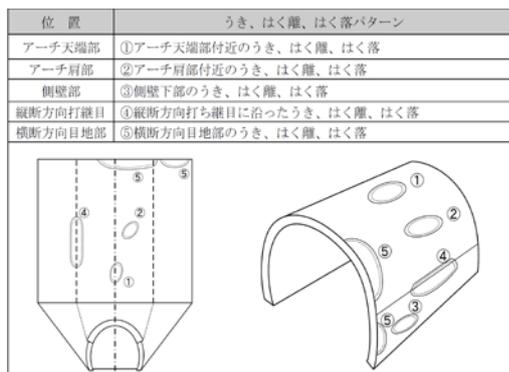


図-4 損傷パターンの例（うき・剥離）

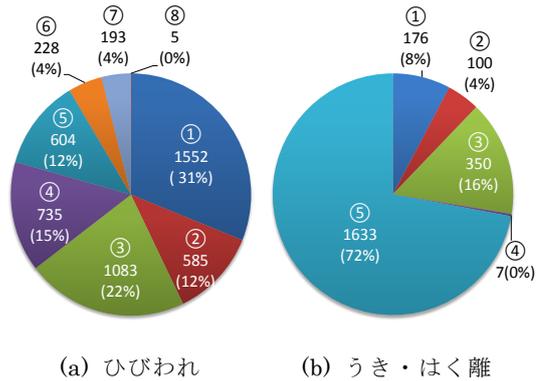


図-5 損傷の発生パターンの整理

①～④の覆工コンクリートのアーチ部のひび割れが全体の8割を占めており、どのひび割れパターンも偏りなく存在していることがわかる。一方で、覆工コンクリートのうき・はく離については、特に横断方向の目地部の損傷パターンが顕著であることがわかる。引き続き、位置、工法等で組み合わせるなど分析を更に進め、事故の防止や劣化予測につながる知見が得られるかについて検討していく。

3. 土工構造物の維持管理

土工構造物の点検は、平成8年及び平成18年に行われた道路防災点検において、道路災害の可能性のある箇所、将来的に対策が必要な箇所において、危険要因や安定度を評価する際の参考とする「防災カルテ」が作成され、この防災カルテに基づいて定期的に、斜面の地形・地質等の状況や既設対策工の効果、災害の発生等に対する点検が行われる。土工構造物では荷重等の作用と抵抗の関係が比較的明確な橋梁やトンネルと異なり、実際に生じる損傷や被災の形態、メカニズムも多岐にわたり予測も難しい場合が多い。そのため災害を未然に防ぐために、斜面や対策工の状態と地形や気象など様々な情報を組み合わせて専門的知見を有する者による総合的評価が行われている。

一方、落石防護工やシェッド、各種の擁壁など、土工構造物の中には道路橋のように、鋼構造やコンクリート構造として構造物全体のみならず構成部材毎にも損傷や劣化による機能状態の評価ができる可能性があると考えられるものもある。

そのため国総研では、点検データを構造物としての機能状態の評価や将来の劣化状態の予測に使用するために、土工構造物においても、トンネル同様に橋梁のように構造や部材の単位で評価でき

るかについて検討をしている。写真-1は、のり砕工にグラウンドアンカー工を施している切土斜面である。例えば、グラウンドアンカー工について、損傷程度を評価できる現実的で最も詳細な単位は、グラウンドアンカー毎の単位となる(図-6)。この単位であれば、個々の変状の発生や推移を確実に追跡できる。一方で、変状パターンの分類方法などによってはデータ量も膨大となるなどの課題もある。

これまでの点検では、主に斜面の安定性に着目した点検が行われているが、構造物の劣化に着目する場合には、点検で対象とする構造物や部材とそれらに生じる損傷の種類と観点で評価する必要がある。図-7に、抑止工とのり砕工に考えられる点検の対象部材とそれに対する損傷、変状等について整理した例を示す。このように、防災の観点以外に、構造物としての劣化等の変状の把握を合理的に行える手段について検討を進めていく。



写真-1 土工構造物の例

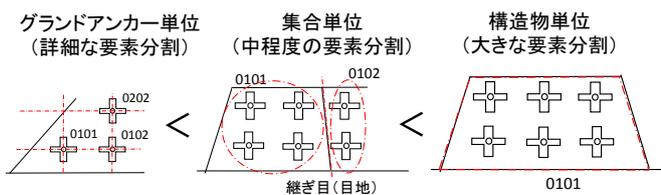


図-6 グラウンドアンカー工の記録単位の例

点検対象			損傷、変状等
工種	工法	部材区分	
抑止工	杭工	杭部	鋼部材 腐食 亀裂 ゆるみ・脱落 破断 防食機能の劣化
	グラウンドアンカー工	アンカー部	
		アンカー頭部	
	ロックボルト工	ロックボルト部	コンクリート部材 ひび割れ 剥離 鉄筋露出 遊離石灰 抜け落ち 継ぎ目開口
のり砕工	吹付砕工	砕	
	現場打ちコンクリート砕工	中詰め	
	プレキャスト砕工		その他 木の侵入 変形
			共通 沈下・浮き上がり・段差 移動・傾斜 漏水・滞水・地表水 洗掘

図-7 点検で着目する対象と損傷の例

4. 舗装の維持管理

舗装の点検は、路面性状基礎調査に従って、路面に現れる劣化の状況をひび割れ、わだち掘れ、平坦性を把握することにより行われる⁵⁾。また、直接自動車の車輪の影響をうける厳しい環境にある舗装の場合には、突如ポットホールや陥没などが発生することも多く、通行車両の安全のためにもこれらの突発的事象をできるだけ早期に発見して障害を取り除く必要があることから、巡回パトロールなどによる高頻度の状態確認が維持管理において重要な位置づけを占める。いずれの場合も、これまでの舗装の点検では、主として路面として舗装の表面性状の把握が行われてきているものの、舗装の下の路盤や路床・路体、あるいは橋梁床版などの状態については土工部の空洞探査を除けば評価の対象としては認識されていない。

しかし近年、地震や洪水に伴う盛土の沈下や崩壊、雨水の浸入の影響も疑われる補強土壁のはらみ等の変状、重交通路線での橋梁の鋼床版の疲労亀裂など舗装区間における舗装以外の道路構造の異常が舗装のひびわれなどの異常として間接的に検知できる可能性が示唆される事例が報告されている⁶⁾。例えば、鋼床版舗装は、鋼床版上面に直接施工され一体化されているため、舗装の変状から鋼床版の交通荷重実態、鋼床版そのもののき裂等の異常の有無を推定することのできる様々な情報が得られる可能性が高い。特に、鋼床版近傍に発生したき裂損傷に対しては、鋼床版の挙動の変化や変形状態を反映して舗装のひびわれという形で路面に現れる場合が多い。

そこで、国総研では、過去に、全国の延べ50橋の鋼床版橋梁の現地調査により、鋼床版の疲労損傷と舗装の損傷とを結びつけて整理を行っている⁷⁾。図-8は、輪荷重走行位置直下の鋼床版とUリブ溶接部に沿って発生する舗装ひび割れである。主桁ウェブ位置と同様に、舗装がUリブのウェブが支点となった負曲げ変形になることが原因であ

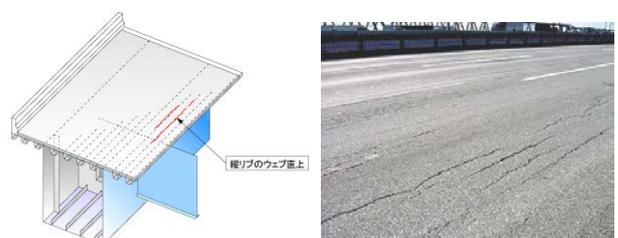


図-8 Uリブの溶接位置に沿った舗装ひび割れ

る。多くの場合、舗装ひび割れは複数本の橋軸方向の直線となり、その間隔はウリブ上縁幅（例えば320mm）となっている場合が多いのが特徴である。損傷が進行すると、蜘蛛の巣状のひび割れに進展する。このため、同じラインで損傷が繰り返される場合には、デッキプレートのき裂の可能性もあると考えることができる。

5. 道路構造物のアセットマネジメント

これまでは道路構造物の種類毎に点検方法やそこでの評価内容などの維持管理手法が構築されてきている。一方で、道路構造物それぞれの機能状態が道路ネットワークの機能維持の観点から調和していないと、個々の構造物にとって最適であっても道路ネットワークの機能確保上最適とされない可能性がある。したがって、道路をネットワークとして管理し、必要な水準を維持することが必要であり、そのためには、個別構造物の最適管理から全体最適管理に移行することが求められる。

そこで、国総研では、道路構造物を道路ネットワークの機能維持という視点からマネジメントする手法の確立を目指して、橋梁、トンネル、土工構造物、舗装について、点検データを用い、道路構造物の種類を問わず共通の評価軸による相対評価を行う手法の研究にも取り組んでいる⁸⁾⁹⁾。

なお、構造物間で共通の評価軸による評価を行う前提として、構造物毎の状態を客観的なデータに基づいて適切に評価することが重要である。さらにこれらの経時的な状態遷移の特徴の把握により、予防保全や将来予測が行える可能性も出てくると考えている。このため、点検におけるデータの蓄積と分析により、損傷の特徴を把握するとともに、得られた知見を設計基準の高度化や維持管理の合理化に反映していくことが重要である。

一方で、個別の構造物の維持管理においては、定期的な点検により専門技術者による部材の健全性や措置の必要性などの一次診断を行うとともに、それを基にした措置等の意志決定がなされていくことが必要である。また、構造部材のみならず、構造物に付帯する付属物についても、損傷した場合には落下等により第三者被害につながる可能性のある対象物は数多く存在し、これらの危険性のある対象物の洗い出しや予防措置についても今後取り組んで行く必要があると考えている。

6. おわりに

平成 25 年 9 月の道路法の一部改正により、道路の老朽化や大規模な災害の発生の可能性等を踏まえた道路の適正な管理を図るため、予防保全の観点も踏まえて道路の点検を行うべきことが明確化された。道路ネットワークを構成する橋梁、土工、舗装、トンネル等の構造物のそれぞれについて単体あるいは構造物毎に機能の最適化をするだけでなく、道路機能（安全・安心）の観点からの維持管理の合理化が必要である。このため、道路機能として同じ尺度での相対評価ができるよう、道路機能の維持管理の性能規定化を目指していく。

参考文献

- 1) 平成23年度道路構造物に関する基本データ集、国土技術政策総合研究所資料第693号、2012。
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0693.htm>
- 2) 国土交通省道路局、橋梁定期点検要領(案)、2004。
- 3) 玉越隆史、大久保雅憲：道路構造物群のマネジメント（管理）における点検データの活用～定期点検結果の分析から見た損傷発生・進行の特徴及び現有性能の指標化～、土木技術資料、第53巻、第12号、pp.18～21、2011。
- 4) 国土交通省道路局、道路トンネル定期点検要領(案)、2002。
- 5) 渡邊一弘、久保和幸：舗装マネジメントの体系～より効果的・計画的な舗装管理に向けて～、土木技術資料、第53巻、第4号、pp.6～9、2011。
- 6) 道路橋の定期点検に関する参考資料（2013年版）一橋梁損傷事例写真集一、国土技術政策総合研究所資料第748号、2013。
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0748.htm>
- 7) 損傷状況を考慮した鋼床版の構造形式見直しに関する研究、国土技術政策総合研究所資料第608号、2010。
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0608.htm>
- 8) 国総研道路構造物管理研究室：道路橋の計画的管理に向けて～総合評価指標の開発と点検データ分析から見た損傷の特徴～、建設物価、12月号、記事32、2007。
- 9) 森望：道路構造物から見た大規模震災に備えたネットワーク・マネジメント、橋梁と基礎、Vol.47、No.8、2013。

玉越隆史



国土交通省国土技術政策
総合研究所道路研究部道
路構造物管理研究室長
Takashi TAMAKOSHI

横井芳輝



国土交通省国土技術政策
総合研究所道路研究部道
路構造物管理研究室 研
究官
Yoshiteru YOKOI