

◆特集：「ストック・メンテナンスの世紀」への対応◆

道路橋資産管理の現状と課題

玉越隆史* 中洲啓太**

1. はじめに

国土交通省では、我が国の膨大な道路資産を効率的に管理し、健全な道路ネットワークを将来にわたって維持していくため、データに基づく科学的な道路資産管理に向けた取り組みを推進している。そして、近い将来、全国の直轄国道を対象に、より総合的で体系的な道路資産の管理システムを本格導入することが検討されている。これにより、鋼橋の疲労やコンクリート橋の塩害等、道路橋の耐久性に深刻な悪影響を及ぼす特定の重大損傷への適切な対応と、点検データに基づき、様々な劣化要因に対して、予防保全的措置を実施することによる道路橋のライフサイクルコスト（以下、「LCC」という）の低減が図られることになる。

しかしながら、科学的な道路資産管理に向けた本格的な取り組みは、始まったばかりであり、今後、管理システムを拡充・高度化していくにあたり、長期的な点検データの蓄積、多方面からの技術開発、関連する制度の整備などを同時に進めていかなければならない。そのため、道路資産管理の高度化に向けた取り組みは、中長期的なビジョンを持ちながら、戦略的かつ計画的に進め、順次、成果をシステムに反映させていくことが不可欠となる。

本稿では、道路橋を対象として、我が国における管理システムの現状と課題について述べるとともに、中長期的な管理システムの高度化に向けた研究開発の最新動向について報告する。

2. 道路橋資産の管理システム

2.1 管理システムの現状^{1), 2)}

国土交通省が導入した道路橋資産の管理システムは、点検、データ管理、健全度評価、劣化予測、

管理計画策定などの部分から構成されており、図-1に示すような橋のLCC縮減や将来の更新時期の平準化を実現する維持管理計画の策定など管理施策の検討に利用される。図-2には、道路資産の管理システムの基本的な構成を示す。このシステムを効果的に機能させるためには、図-2の右側に示されている点検手法、健全度予測手法、劣化予測手法といった関連技術の開発が重要な鍵を握っている。

また、道路橋の管理には、橋梁群に対する投資のあり方について、マクロ的に管理の最適化を支援するものと、比較的小規模な橋梁群について補

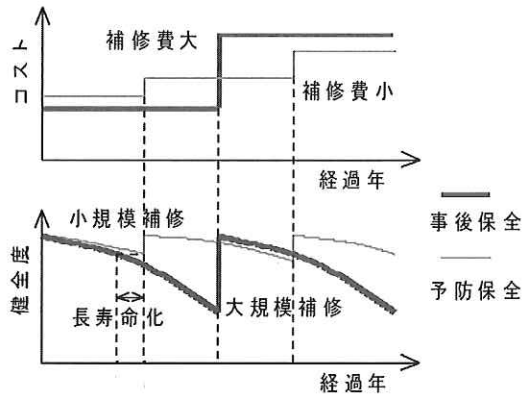


図-1 LCCを縮減する予防保全の考え方

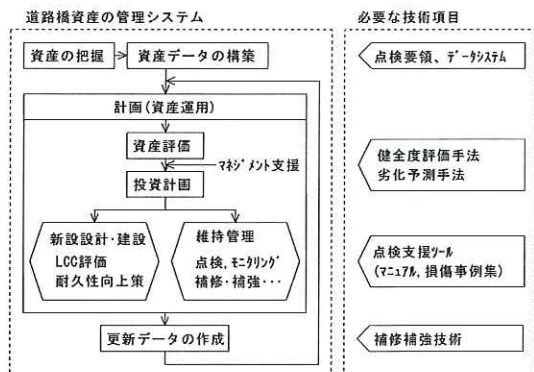


図-2 道路橋資産の管理システムの構成

Current Status of Bridge Management and Challenges for the Future

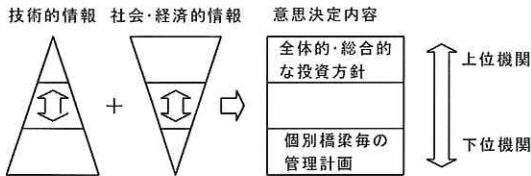


図-3 行政の意思決定レベルと必要とする情報

修補強対策の優先順位づけやLCCが低減できる管理シナリオの立案を支援するような、よりミクロ的なものがあり、図-3に示すように行政における意志決定のために必要となる情報は、行政機関内のレベルの応じて異なってくる。国土交通省が導入した道路橋資産の管理システムは、このような様々な場面での道路資産管理にも適用できる総合的なシステムとして基本的な枠組みが構成されている。

2.2 道路橋資産管理の課題

現在のところ道路橋資産の管理システムは、いくつかの課題を残しながらも、早期の導入を図ることを優先し、実際に運用しながら、必要なデータを蓄積し、より実態に即した予測モデルに改良していくなど、システムの高度化を効率的に進めていくこととしている。

現在のシステムが有する主な課題としては、以下に示す3点が挙げられる。

①システムの適用性

ミクロ的な管理の支援の適用範囲を広げるため、点検、検査手法の高度化、健全度、劣化予測等の精度向上が必要。

②管理水準や管理意図の説明性

道路管理者の管理意図、ユーザー等関係者に対する投資の必要性を適切に説明できる指標等の開発が必要。

③技術者の教育と活用

システムの支援を受けながら、高度な知識や判断を要する意志決定を効率的に行うための技術者教育が重要。

こうした、道路橋管理システムに残された諸課題をふまえ、国土技術政策総合研究所橋梁研究室では、関係機関とも連携しながら、中長期的な視点で、システムの高度化に向けた取り組みを行っている。ここでは、こうした取り組みの中から、

点検システム、劣化予測手法、管理指標の3項目を取り上げ、研究開発の最新動向について報告する。

3. 点検システム

3.1 点検システムの現状

(1) 橋梁定期点検要領の改訂

直轄国道における道路橋の点検は、これまで、昭和63年に建設省土木研究所から出された「橋梁点検要領(案)」に基づいて行われてきたが、この度、橋梁研究室では、その見直しに関する検討を行い、それらの成果を反映して、平成16年3月に「橋梁定期点検要領(案)(以下、「定期点検要領」という)」が道路局から通達された。

従来の橋梁点検では、全国の橋梁の状態を表す基礎的情報としての膨大なデータが記録されてきたが、それらのデータを具体的な管理施策に活用する上では、管理者を含む関係者それぞれの経験に多くを頼らざるを得ないのが現状であった。そのため、新しい定期点検要領では、橋梁管理に必要な様々なデータを有機的に結びつけてとらえ、一元的管理を行うことを念頭に、補修補強などの履歴データの整備、管理する橋梁の状態を効率的に把握できる管理カルテの整備などの管理支援体制を充実させた。

また、定期点検におけるデータ取得の方法に関しても、データの有効活用および信頼性向上の観点から、損傷等の状況の客観的事実である「損傷程度」と、着目している損傷について発生原因、構造物の安全性、第三者への影響なども考慮して対策の必要性や緊急性を推定する「対策区分」との二つの側面から記録するとともに、点検頻度や項目など全般にわたって見直しがなされた。

(2) 橋梁定期点検の方法

今回の定期点検要領の改訂により、道路橋の点検の体系は、原則として5年に一度行われる定期点検を中心として、日常的な巡回に併せて行われる通常点検、塩害など特定の事象に特化した特定点検、災害などの大きな事故が発生した場合や予期せぬ異常が発生した場合に行われる異常時点検、さらにこれらに加えて初期欠陥など供用後早期に現れる不具合の検出のための初期点検、2回の定

期点検の中間年に定期点検と同程度の点検を補う中間点検などが適宜組み合わせられることとなる。表-1に橋梁点検の種類とその概要を示す。

定期点検の方法は、近接目視を中心に、必要に応じてテストハンマーのような簡易な点検機械・機具を用いて行うことを基本としている。点検結果は、橋梁の部位、部材の最小評価単位毎に損傷の状況を記録して、損傷毎に規模や進行段階などをもとに定められた評価基準に基づき、表-2に示すように程度の小さいものから順にaからeの五段階で行われる。また、同じ損傷について、周辺環境や構造特性など一定の専門的知識と経験をもとに、原因の推定や対策の緊急性などの考察

を行い、別途、表-3に示すような対策区分を判定する。そして、これらのデータは維持や補修・補強の計画を検討する上で参考とされるとともに橋梁の状態についての最も基礎的な資料として保管・活用される。

現在のこうした定期点検の方法について、損傷程度の把握については、いかにして主観的判断を排除するか、一方、対策区分の判定については、いかにして一定水準以上の判定レベルを確保するかがそれぞれ課題となっている。また、膨大なデータを取得しなければならない点検業務をいかにして合理化していくかも課題である。

3.2 点検システムの高度化

(1) 点検、検査技術の開発

橋梁部材の損傷は、塗膜の下や部材の内部のように表面からはわからない状態で進行する 경우가多く、現在の目視を主体とした点検方法では発見が困難となるケースも多い。また、予防保全の観点からは、変状を目視で確認できる状態に至る前の初期段階で発見したり、劣化の原因となる水分や塩分の存在を検出することは非常に効果的である。さらに、変状が発生した場合であっても、その後の変状の進行状況を監視することができれば、点検の効率化につながる。

こうしたことから、部材内部の変状を構造物に悪影響を及ぼさずに把握したり、変状を監視できる非破壊検査手法やモニタリング技術を開発し、点検業務に組み入れていくことは、重要な課題の一つである。現在、独立行政法人土木研究所を中心に非破壊検査、モニタリング技術に関する研究が盛んに行われている。

鋼部材に適用される非破壊検査手法に関しては、

表-1 橋梁点検の種類

種別	写真	概要
通常点検		日常の道路巡回時にパトロールカー内から点検
定期点検		損傷状態の把握、判定のため、供用開始後2年以内に一度、それ以降は5年に一度実施
特定点検		塩害等特定の事象を対象に、予め頻度を定めて実施
異常時点検		地震、台風など災害や大きな事故による異常発見時に行う点検

表-2 損傷程度の評価区分

評価区分	a	b	c	d	e
損傷の程度		小	←	→	大

表-3 対策区分の判定基準

判定区分	判定の内容
A	損傷なし。補修、補強の必要なし。
B	状況に応じて補修を行う必要有り。
C	速やかに補修等を行う必要有り。
E1	構造の安全性。緊急対応の必要有り。
E2	その他。緊急対応の必要有り。
M	維持工事で対応する必要有り。
S	詳細調査の必要有り。



写真-1 鋼部材溶接部の超音波探傷試験

超音波探傷試験 (UT)、磁粉探傷試験 (MT)、浸透探傷試験 (PT)、渦流探傷試験 (ET)、放射線透過試験 (RT) など様々な手法が実用化されている。その中でも、鋼部材内部の亀裂を比較的精度良く検出できる手法としては超音波探傷試験がほとんど唯一の手段である。しかしながら、信頼できる測定結果を得るためには板組や溶接方法についての知識と高度な熟練を要し、また、原理的に継手形状や溶接線の条件によっては検出しづらい場合があるなどの課題もあり、測定結果の検証や適用性に関する検討が行われている³⁾。

一方、コンクリート部材に適用される非破壊検査手法に関しては、うきやびびわれ、鋼材破断など部材内部の欠陥を赤外線、超音波、電磁波、放射線、電磁誘導、シュミットハンマーなどにより検出する方法の他、構造物の最小限の破壊によって、塩分量や水分量を測定する手法などについて研究開発が行われている⁴⁾。

また、長期的なモニタリング技術としては、各種のセンサーを用いて部材のひずみや振動を常時観測し、変状の兆候やその原因を検知するための技術開発が行われている。

(2) 点検方法の高度化

点検データに基づく橋梁の損傷状況の判定結果は、具体的な維持管理の方針を決める上での重要な判断材料となる。現行の方法では、損傷程度の評価は、それぞれの橋梁の最小部材単位毎に行い、すべての要素のうち、最悪の状態にあるものをその橋梁の代表値として健全度評価を行っている。しかしながら、損傷の発生頻度や損傷が橋の性能に及ぼす影響は、部材、部位によって大きく異なるため、点検や診断を効果的に行うためには、損傷実態の傾向や構造形式、部材の違いによる影響度を考慮し、過不足のない点検項目や点検データを用いた健全度評価方法を見直していく必要がある。



写真-2 鋼桁の端部に生じた腐食の例

例えば、鋼桁の腐食については、海岸からの飛来塩分の影響で、桁全体が一様に腐食する場合、桁端部の湿気の多い箇所、配水管や床版からの漏水箇所のように特定の場所が集中的に腐食する場合など、いろいろな腐食パターンが考えられる。このような代表的な損傷形態を考慮して、損傷の発生頻度や橋の性能に対する影響度に応じて、点検箇所を重点化したり、診断時の評価方法をより実態を表現できるものに改良していくことは有益である。橋梁研究室では、現在、点検により蓄積されている損傷データを多角的に分析しながら、より効果的な点検体系、項目のあり方について検討を進めている。

(3) 点検技術者教育と熟練技術者の活用

橋梁点検においては、点検者が目視ないしは点検機具を用いて様々な情報を収集し、それらは、一定のルールに従って評価される。このとき、客観的事実として捉えられ、記録されるべきものと、橋梁のおかれた状況や構造的特性なども考慮して供用性や第三者への安全確保などの観点から評価されるべきものがある。前者については劣化予測など種々の分析や統計的処理に用いる基礎データともなるため、評価者の主観に左右されない客観性の確保が重要であり、後者については補修補強や詳細調査の実施など具体的処置の必要性や緊急性を判断するための基礎的情報となるため、評価の信頼性や的確性の前提となる技術者の専門的知識や経験レベルを一定水準以上に保つことが重要である。

そこで、橋梁研究室では、定期点検要領の改訂もふまえて、道路橋の管理にかかわる官民それぞれの技術者を対象に点検業務への関与のレベルに応じて理解しておくことが望まれる技術的情報を体系立てて整理した技術資料の作成を進めている。例えば、実際の点検作業を行う技術者では、損傷メカニズムや検査技術など点検におけるデータ取得段階での知識が必要である。一方、行政サイドで、補修補強の優先順位や工法を計画する技術者は、損傷の状態が橋の性能に及ぼす影響や各補修補強工法の特徴に関する知識が必要である。

一方で、総合的な評価や判断を行うためには、すべてを定量化、マニュアル化しようとするので

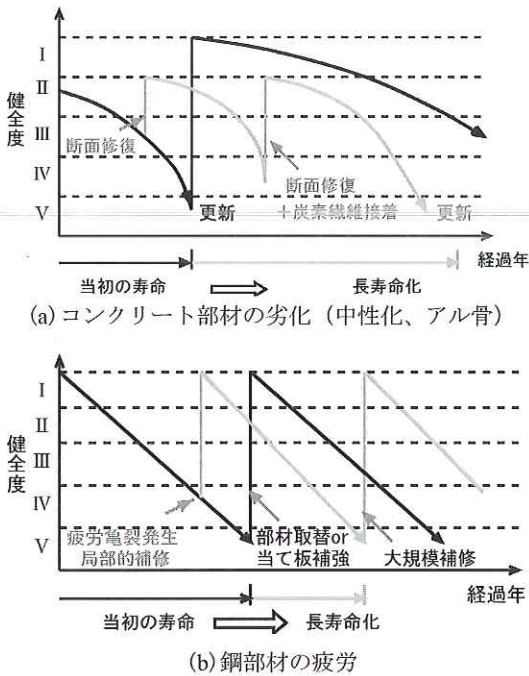


図-4 道路橋の劣化予測手法の例

はなく、熟練した技術者による長期的な診断、総合的な判断もが不可欠であり、これらをシステムにどのように組み合わせていくかが重要な課題である。

4. 劣化予測手法の高度化

4.1 劣化予測手法の現状

個々の橋梁のLCCを考慮して、最適な補修補強計画を立案するためには、劣化予測手法を劣化メカニズムに基づいて高度化し、将来発生するコストを精度良く算定することが課題となる。

現状では、図-4に示すように、コンクリート部材の塩害、床版の疲労といった主要な損傷毎に、標準的な補修周期と性能の回復程度を設定することにより、維持管理に要する将来の費用を算定している。しかしながら、道路橋の交通条件、環境条件、構造条件等により、劣化の進行速度等の傾向は異なると考えられ、劣化予測の精度を高めるためには、実際に起こりうる様々な条件に対応した劣化シナリオを構築していく必要がある。

4.2 劣化予測手法の改良

劣化予測手法の改良にあたっては、損傷メカニズムが明らかになっていない損傷に対しては、こ

れを明らかにし、点検データの経年的な変化の傾向から、各種条件に対応した劣化シナリオを設定していかなければならない。

我が国においては、現行の定期点検要領に基づく点検データの蓄積が十分ではないが、点検データの蓄積や損傷メカニズムの解明を進めることで、一律の標準値から確定論的に設定された劣化予測モデルから、条件に応じて、柔軟に劣化シナリオが設定される方法へと発展させることも可能となる。現在は、劣化メカニズムがわかっていないコンクリート系床版の疲労や鋼部材（鋼床版）の疲労についてメカニズムの解明に取り組んでいる。

5. 道路橋管理の説明性の向上

5.1 管理指標の現状

道路資産の管理において、最適な時期に最適な規模の投資を戦略的に実施していくためには、道路管理者が適切な合意形成の下に必要な投資を行っていくことが課題となる。そのためには、管理者が道路橋のあるべき保全水準といった管理意図をわかりやすい指標を用いて定量的に示し、利用者に対しても説明責任を果たしていくことが重要である。

現在、道路橋の管理において、管理水準や目標を表現する一つの方法として「構造物保全率」という指標が提案されている。道路構造物保全率の意味は、「今後5年間程度は通行規制や重量制限の必要がない段階で、予防的保全が行われている延長の割合」とされており、点検データから、各部材の損傷程度の最悪値から求めた健全度がある一定レベル以上となっている橋の割合として計算されている。例えば、平成15年度道路行政の業績計画書（国土交通省道路局）によると、直轄国道における構造物保全率に関しては、平成15年現在の87%から、平成19年までに93%まで改善することを目標としている⁵⁾。

このように定量的指標を用いることで管理者にとっても利用者にとっても維持管理行為の必要性や効果が把握しやすくなるが、このような指標は、それを用いる管理者や利用者の様々なニーズに合わせてより理解しやすく、説明したい内容により合致するよう改善あるいは新規に開発されていく

ことが必要である。

とくに道路橋ではその特徴として構造物の安全性にかかわる状態が、利用者や通常外観のみしか目にする機会のない住民等にとっては体感できにくく、橋の条件などを適切に反映し、維持管理行為の必要性やその効果が管理者だけでなく利用者などにも理解しやすい形で表現できる指標の開発が重要な課題となっている。

そのため、橋梁研究室では、それぞれの橋の重要度や損傷の種類、程度、発生箇所、構造特性等の個々の条件に応じて、定量的に橋梁の状態を表現できる総合指標の開発を進めている。

5.2 道路橋の総合指標の開発

道路橋の総合指標を確立するためには、橋の性能と関連した評価項目を設定し、条件に応じた重み付け(点数化)をしていくことが課題となる。橋の性能と関係した評価項目の体系については、いろいろな分類の方法があると考えられるが、表-4では、構造物としての安全性、交通路としての使用性、周辺物への影響の3つに大別し、その下に項目を例示している。

表-4 橋の性能項目の例

大項目	小項目
安全性	・耐荷性 ・耐震性 ・安定性
使用性	・走行性
影響性	・落下物等、第三者への被害 ・騒音、振動等の環境問題 ・景観

総合指標は、その利用目的に応じて、必要な評価項目を適宜、重み係数や組合せを変更して用いることもできる。例えば、緊急時の通行可否の判断では、耐荷性、安定性、走行性などが重視される。また、都市部で人口密度の高いところに位置する橋梁では、影響性の諸項目が重要となると考えられる。

評価の中心として位置づけられるのは、橋の安全性のうちの耐荷性に関わる部分であり、橋梁研究室では、まず、耐荷性の評価方法の検討を優先的に進めることにしている。耐荷性の検討にあたっては、損傷の位置、程度、橋梁構造の特性な

どを考慮することになるが、構造形式別に部材の重要度をその部材が機能を失った場合の影響度合いに応じて評価し、それに損傷の種類、程度の違い、機能低下度合いとを関係づけることにより評価が可能であると考えている。

構造の安全性以外にも、道路の重要度、景観や歴史性といった社会的価値も総合的な評価項目の中には含まれている。しかしながら、社会的価値などは、現時点では、それを定量的に評価するのが難しいと考えられるため、現在、それらの検討を道路事業のプロセスの中に介在させるシステムのあり方について検討している。

6. おわりに

科学的な道路橋管理に向けた本格的な取り組みは、まだ、始まったばかりであり、本稿で述べてきたように様々な課題が存在する。橋梁研究室では、中長期的なビジョンを議論、提案しながら、こうした課題に対して、関係する機関とともに、戦略的かつ計画的に取り組んでいく予定である。

参考文献

- 1) 玉越隆史、中洲啓太、石尾真理、武田達也：道路橋資産管理に関する施策動向と国総研の取り組み、土木技術資料, 2004.11
- 2) 中谷昌一、玉越隆史、中洲啓太：道路橋資産の総合的管理システムについて、アニュアルレポート2003
- 3) 国土交通省国土技術政策総合研究所、東京工業大学、日本道路公団、(社)日本橋梁建設協会、(社)日本鉄鋼連盟、(社)日本非破壊検査工業会：鋼道路橋溶接部の非破壊検査手法に関する共同研究(I)、国総研資料第31号, 2002.3
- 4) 久田 真、渡辺博志：コンクリート用非破壊検査の原理と応用、土木技術資料, 2004.9より連載中
- 5) 国土交通省道路局：平成15年度道路行政の業績計画書
- 6) (社)日本建設機械化協会施工技術総合研究所：2002米国土木構造物補修・補強調査報告書, 2003.3

玉越隆史*



国土技術政策総合研究所道路研究部橋梁研究室長
Takashi TAMAKOSHI

中洲啓太**



国土技術政策総合研究所道路研究部橋梁研究室研究官
Keita NAKASU