

◆特集：橋梁の耐久性を向上させる技術◆

# 道路橋資産管理に関する最近の施策動向と取り組み

玉越隆史\* 中洲啓太\*\* 石尾真理\*\*\* 武田達也\*\*\*\*

## 1. はじめに

我が国の道路橋は、橋長15m以上の主要なものだけでも、図-1に示すように14万橋以上という膨大な数に達している。それらは1950年代半ば以降の高度成長期以降に集中的に建設されており、このままでは、今後、更新や大規模な補修補強を必要とする時期を一齐に迎えることになると予想される。

一方、道路橋数の増加、供用年数の増大等により、写真-1～写真-4に示すようなコンクリート床版の疲労、鋼部材の疲労、コンクリート部材の塩害やアルカリ骨材反応といった橋梁の耐荷力に重大な影響を与える損傷事例の報告も増加している。

こうした状況の中、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には、データに基づく科学的な道路橋資産管理を戦略的に実施し、いかに将来の道路橋資産の維持・更新にかかる負担の平準化および低減を図っていくかが重要な課題となっている。

本稿では、我が国の道路橋資産の現状といくつかの将来予測を紹介するとともに、科学的な道路橋資産管理の実施を目指す我が国の施策動向や研究開発への取り組み状況について報告する。

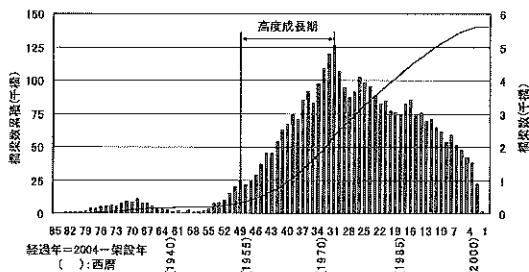


図-1 総道路橋数と建設数の推移

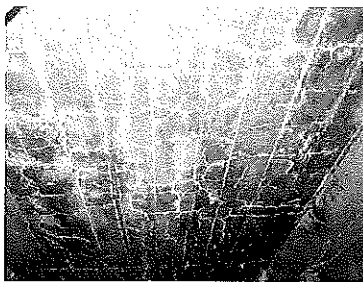


写真-1 コンクリート床版の疲労損傷

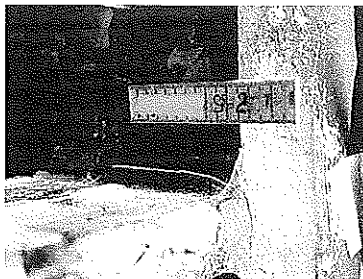


写真-2 鋼製橋脚の疲労損傷



写真-3 塩害を受けたコンクリート橋

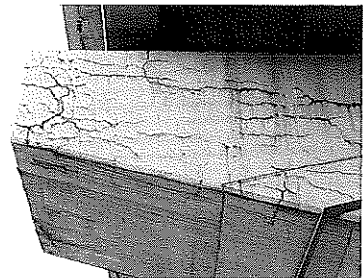


写真-4 アルカリ骨材反応を生じた橋脚

## 2. 道路橋資産の現状と更新投資の将来予測

### 2.1 道路橋資産の現状

現在、我が国には14万橋を超える道路橋が存在し、その多くが1955年から1973年にかけての高度成長期に建設されている。一方、橋梁の寿命に関しては、「減価償却資産の耐用年数等に関する大蔵省令」等を根拠に一般に50年程度と考えられている<sup>2)</sup>が、国土交通省が定期的実施している橋梁の架替えに関する実態調査結果<sup>3)~5)</sup>の分析から、橋梁の寿命は、建設年代によって、傾向に違いがみられることがわかってきている。

図-2は、橋梁の建設年代と寿命の関係について概略的に示したものである。物資が不足していた第二次大戦中から戦後にかけての橋梁の寿命が、30~40年程度と短くなっている。その後、地震被害や様々な損傷を経験しながら、順次、基準類が見直され、橋梁の寿命は徐々に長くなり、近年建設されたものは、平均して100年程度の寿命を有するものと推定されている。

### 2.2 更新投資の将来予測

こうした各年代毎の平均寿命の推計値を橋梁建設数の実績にあてはめることによって、将来の架替橋梁数を試算したものを図-3 (a) に示す。なお、試算は橋長15m以上の14万橋を対象とした。また、試算では、更新数に等しい数の新規建設が行われるものとしている。

図-4 (a) には、図-3 (a) をもとに算定した維持修繕、更新負担の将来予測を示す。これらによると2030年から2040年に道路橋の架替需要のピークが現れ、更新投資の負担が大きくなることが予想される。

こうした既存資産の更新時期の集中による投資

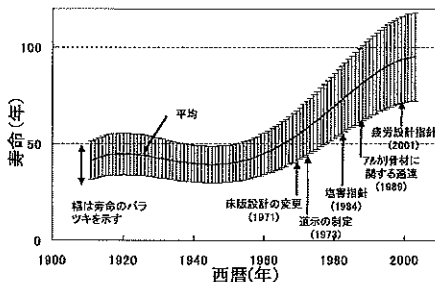
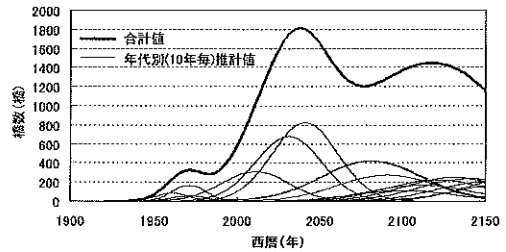


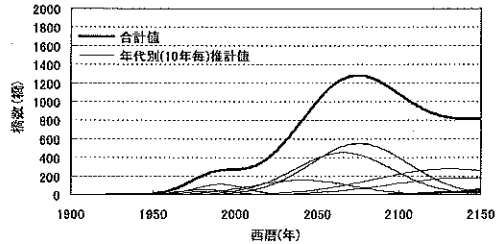
図-2 道路橋の寿命の変化と設計基準の変遷

負担のピークを低減するためには、損傷や劣化等耐久性を失う要因に対して、予防保全的な対策を実施し、個々の橋梁にかかる管理負担の低減を図るとともに、長寿命化によって負担が大きい更新頻度の減少を図ることが有効である。

図-3 (b) には、図-3 (a) に対して、各橋梁の平均寿命が、予防的保全や耐久性向上策の導入に

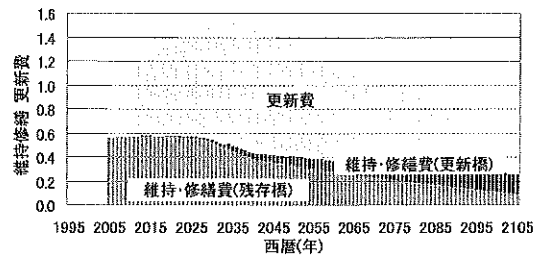


(a) 予防保全なし

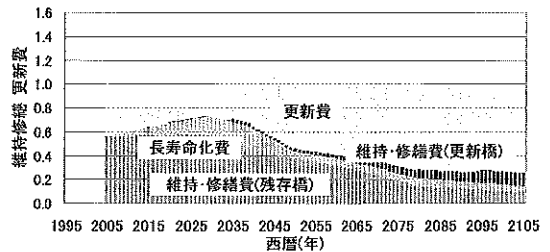


(b) 予防保全あり

図-3 将来の架替数予測



(a) 予防保全なし



(b) 予防保全あり

図-4 将来の維持更新投資予測

より、それぞれ1.5倍に延ばせるとした場合の架替数の推計を行ったものを示し、図-4 (b)には、図-3 (b)に基づいて算出した維持更新費の推移傾向を示す。各年代の橋梁の平均寿命が長くなることで、維持更新投資のピークが平準化される傾向にある。このようにデータに基づいて、将来予測を行うことなどにより、戦略的な道路資産管理を計画的に進めていくことで、より合理的な維持管理が行えるものと考えている。

### 3. 科学的な道路資産管理システム

#### 3.1 科学的な道路資産管理とは

道路橋をデータに基づいて予防保全的に管理するとともに、長寿命化を図ることにより、道路橋のライフサイクルコスト（以下、「LCC」という）を低減させる科学的な道路橋資産の考え方を図-5に示す。予防保全の効果の具体的な例として、コ

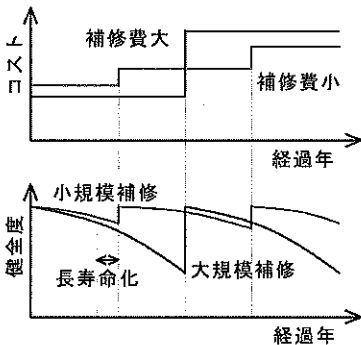


図-5 道路橋の計画的管理の考え方

表-1 コンクリート床版の補修補強

| 状況 | 損傷段階                | 対策の考え方                |
|----|---------------------|-----------------------|
|    | 損傷無し                | 健全                    |
|    | 乾燥ひび割れの発生梁状化        | 曲げ補強<br>炭素繊維接着        |
|    | ひび割れの格子状化           | 曲げ補強<br>鋼板接着          |
|    | 格子状化の進行・貫通          | 曲げ・せん断補強<br>鋼板接着、上面増厚 |
|    | ひび割れ面の擦れ合いせん断抵抗力の低下 | 曲げ・せん断補強<br>上面増厚      |
|    | コンクリートの抜け落ち         | 取替え                   |

ンクリート床版の補修補強法を表-1に示す。このように、損傷が軽微な段階では、炭素繊維や鋼板接着といった軽微な補修ですが、損傷が進むと上面増厚工法や取替えのように、交通規制を要する大規模な工事が必要となり、長期的には、早い段階で対策を講ずるほどコストが小さくなる。長寿命化については、多額の費用を要する更新の回数が少なくなることにより、長期的なコストが低減される。

#### 3.2 意思決定レベルと管理システム

道路橋の管理においては、行政各機関の位置づけや役割に応じて、それぞれ実行される意志決定の内容が異なるため、管理施策の検討や判断に必要とする情報もそれに依拠して異なったものとなる。図-6に示すように、より上位の機関では、保全水準や投資規模の最適化計画等の総合的な施策が検討され、直接構造物を管理する現地の事務所のような機関では、個別橋梁等の構造物に対するより具体的管理施策として補修補強工法の検討や工事実施の優先順位の見直しなどが立案される。

このように、道路資産管理システムには、それを活用する機関や施策の性格などにも依拠して必要な出力が求められることに注意しなければならない

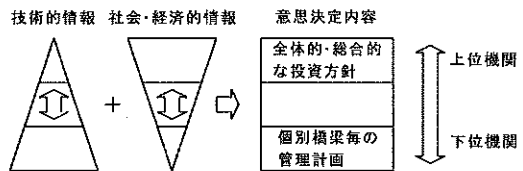


図-6 行政の意思決定レベルと必要とする情報

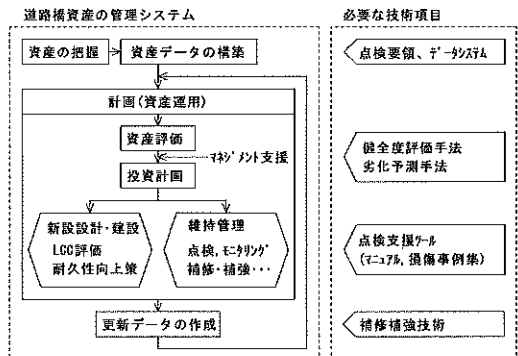


図-7 道路橋資産の管理システムの構成

い。現在、国総研においても国内の道路橋管理の実態に対応して、どのようなシステムが構築するかについて継続的に研究を進めている。

### 3.3 道路橋資産の管理システム

図-7には、道路橋資産の管理システムの一般的な構成と各構成要素に関連した技術開発項目を示す。システムは、点検等のデータの蓄積、健全度評価、劣化予測、資産評価、投資シミュレーションと計画立案等の様々な部分から構成されており、その高度化にあたっては多様な周辺技術の開発が重要な鍵を握っている。

現在、国土交通省では、例えば、地域的な予算バランスの評価、全国的な維持管理水準の現状把握と将来予測、各橋梁に対する補修補強対策の優先順位の設定といった様々な切り口から道路橋の計画的な管理を支援できるよう管理システムの検討を行っている。概念的には、橋梁群に対する投資のあり方について、より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修補強等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ミクロ的なものがあると考えられるが、将来のシステムの高度化も視野に入れ、現在はシステムの確立を目指し精力的に検討が行われているところである。

### 3.4 マクロ的なシステムの活用例

道路橋資産の管理システムを全国的な維持管理水準の決定のようなマクロ的な検討に活用する事例を示す。図-8は、全国のMICHIデータに登録されている橋梁を対象に、健全度を良好な状態から劣悪な状態までIからVの5段階に区分し、今後、事後保全的に健全度の低いものから順に対策を施した場合（ケース1）、予防保全的に健全度Ⅲとなった橋梁に対して対策を施した場合（ケース2）それぞれについて、橋梁の健全度区分毎の橋数比率および維持管理費用の推移を試算したものである。

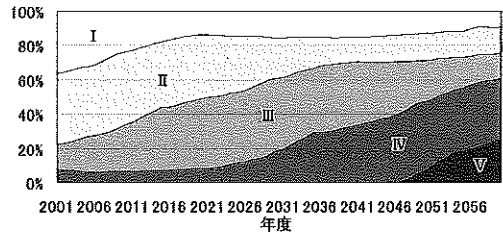
これらの試算結果から、マクロ的な維持管理水準や予算バランスを管理することにより、予防保全的な維持管理を行うことができ、将来の維持管理負担のピークを平準化できることが示されている。

## 4. 点検、診断等、関連技術への取り組み

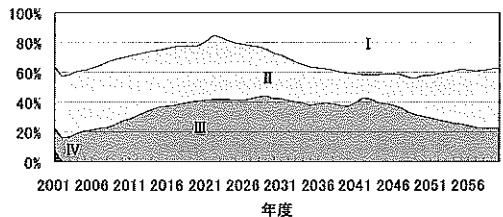
### 4.1 点検、診断の高度化

科学的な道路資産管理を実施する上で、基礎データを取得するための橋梁点検は極めて重要なものである。橋梁点検は、これまで昭和63年の「橋梁点検要領（案）」（以下、「点検要領」という）に基づいて行われてきたが、点検要領は平成16年3月に改訂され、道路局から通達されている。

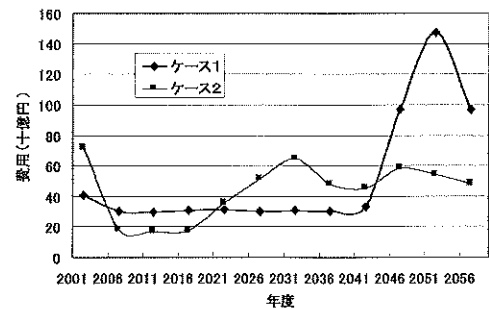
新しい点検要領の特徴は、点検項目については、従来と変わらないものの、「診断」という項目が新設されるとともに、点検技術者による総合的かつ長期的な診断、データ蓄積のあり方についても考



(a) ケース1（事後保全的）



(b) ケース2（予防保全的）



(c) 比較

図-8 システムの活用例

慮された内容となっている。これによって、橋梁点検が単にデータを記録するだけの行為でなく、その結果をふまえ、今後、どのように行動すればよいのかの指針を与える実効性の高いものを目指している。

一方、点検、診断を適切かつ効率的に実施するためには、要領によって、点検の体系、情報の質を規定する他、点検を支援するツールの整備も不可欠である。例えば、鋼部材、コンクリート部材内部の状況を把握するための非破壊検査技術、構造物の変状の発生の検出、進展状況の監視をするモニタリング技術等に関して、独立行政法人土木研究所を中心として、活発な取り組みがなされている。

#### 4.2 劣化予測手法の設定

LCCを考慮して、最適な投資の時期や規模を決定するためには、塗膜の劣化、コンクリート床版の疲労、コンクリート部材の塩害といった代表的な損傷、劣化現象に対して、定量的な劣化予測、対策の評価を行うことが重要となる。現状では、損傷のメカニズム等が、完全に解明されていない場合も多く、既往の実績に基づいて、標準的な補修周期や補修による回復レベルを設定している。将来的には、劣化メカニズムを反映させることによる予測精度の向上や確率論的な将来予測手法の導入を検討していく予定である。

### 5. 重大損傷に対する取り組み

ここでは、橋梁の耐久性に重大な影響を及ぼす危険性が高く、将来の道路橋資産管理のコスト縮減上、重要な耐久性喪失要因であるコンクリート床版の疲労、鋼部材の疲労、コンクリート部材の塩害、アルカリ骨材反応について、国総研の最近の取り組み状況について述べる。

#### 5.1 コンクリート床版の疲労

道路橋に用いる床版の疲労に対しては、昭和40～50年代頃に多く発生した抜け落ち等の深刻な損傷に対する反省から、床版の最小厚さを制限するなど、数度にわたって基準の改定を行い、耐久性の確保を図ってきた。また、最近では、輪荷重走行試験機を用いて、耐久性がある程度明らかな床版との相対比較による耐久性評価が行われる

ようになっている。

しかしながら、現在のところ疲労耐久性を絶対的に評価する手法は確立されておらず、既設床版に対しては劣化予測や最適な補修補強時期の推定を精度よく行うことができない。また、新設橋の設計においても、要求される耐久性に応じて柔軟に合理的な設計を行うことが困難な状況にある。

国総研では、現在、既往の輪荷重走行試験データを改めて多角的に分析し直すなど、床版の損傷過程の分析と挙動の解明を進めており、コンクリート系床版の疲労耐久性を絶対評価する手法の確立を目指している。

#### 5.2 鋼部材の疲労

鋼部材の疲労に関しては、平成13年12月の道路橋示方書の改訂で、疲労設計が義務づけられ、具体の設計手法の例として、「鋼道路橋の疲労設計指針」が示された。しかしながら、現在のところ、一部の代表的な構造形式以外の橋梁や応力状態が複雑な構造部位に対する疲労照査方法としては、適用性が十分ではないという問題を有している。

そこで、国総研では、鋼製橋脚隅角部や鋼床版のような応力評価に基づく疲労照査が困難かつ緊急度の高い課題に対しては、損傷事例の分析等から、構造細目等によるみなし仕様の耐久性を確保する対策の充実を目指して検討を行っている。

#### 5.3 コンクリート部材の塩害

コンクリート部材の塩害については、依然として厳しい被害状況が継続している状況をふまえ、平成13年12月の道路橋示方書の改訂で、塩害に関する規定が見直され、塩害環境が特に厳しい地域では、かぶりによる対策に加えて、別途、塩害対策を講じることとされた。

こうした中、塗装鉄筋、コンクリート塗装、電気防食などの様々な塩害対策技術が開発されている。しかしながら、それらの塩害対策工法に本来要求されるべき性能に対して、所要の機能を有することを評価、検証する手法が十分に確立されておらず、採用が円滑に進んでいない現状がある。

そこで、国総研では、こうした塩害対策に求める性能とその検証方法のとりまとめを進めており、今後、性能規定型の塩害対策基準として提案していく予定である。

#### 5.4 アルカリ骨材反応による変状

アルカリ骨材反応によるコンクリート部材の損傷については、近年、一部の鉄筋が破断している場合もあるなど、深刻な被害が報告されており、変状を生じたコンクリート部材の耐荷性能の評価と、補修補強設計法の確立が緊急の課題となっている。

現在、各関係機関と連携しながら実橋調査や各種実験を進めており、変状を生じたコンクリートの物性変化、付着性状、プレストレスの変化等の評価方法とそれらを考慮した補修補強設計法について順次成果をとりまとめていくこととしている。

#### 6. 今後の課題

道路資産管理において、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。しかしながら、道路橋では、経年的な機能低下などの状況を利用者や管理者が体感しにくく、特に予防保全的な対策の必要性を正確に認識することは容易ではない。

そのため、国総研では、道路橋の重要度や損傷の種類、程度、発生箇所等に応じて、定量的に表現できる総合指標の開発、道路管理者の管理意図が利用者にわかりやすい形で説明できる手法について検討している。

#### 7. おわりに

科学的な道路橋管理に向けた本格的な取組みは、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。今後とも引き続きこれらの課題に精力的に取り組み、データに基づく科学的かつ計画的な道路資産管理システムの確立を目指していく予定である。

#### 参考文献

- 1) 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
- 2) 西川和廣：道路橋の寿命と維持管理、土木学会論文集、1994.10
- 3) 藤原 稔、岩崎泰彦：橋梁の架替に関する調査結果 (I)：土研資料2723号、1989.1
- 4) 藤原 稔：橋梁の架替に関する調査結果 (II)、土研資料2864号、1990.3
- 5) 西川和廣、村越 潤、上仙 靖、福地友博、中島浩之：橋梁の架替に関する調査結果 (III)：土研資料3512号、1997.10

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  
Nakasu Keita

石尾真理\*\*\*



国土技術政策総合研究所道路研究部橋梁研究室研究員  
Ishio Mari

武田達也\*\*\*\*



国土技術政策総合研究所道路研究部橋梁研究室研究員  
Takeda Tatuya