

[要旨]

橋を保全する手順やしゅみが大きく変わってきた。たとえば、直轄の橋梁においては5年ごとに定期点検が始まっており、近く地方自治体においても点検が始まろうとしている。同時に、点検結果をもとにした橋梁マネジメントシステム(BMS)の本格的な運用も始まろうとしている。

塗装工事関係者に関連する橋梁保全の最近の動きをいくつか紹介する。

(1)道路橋ストック

道路橋は約 14 万 6 千橋あり、管理者別で分類すると、高速道路及び直轄国道で1万8千橋(12%)、都道府県管理が4万4千橋(30%)、市町村管理が8万4千橋(58%)で、大半の橋梁(88%)を地方公共団体が管理している。

道路橋の橋齡について見ると、高度成長期に建設された橋梁の割合は全橋梁の約 40%を占めている。一般道路における全橋梁 14 万橋のうち、建設後 50 年以上たつものは、2006年度で6%(8900橋)、10 年後の2016年度では 20%(28400橋)、20 年後の2026年度では 47%(66300橋)を占める。

(2)直轄国道における橋梁管理

直轄国道においては、効率的な橋梁維持管理を行うために、定期的な点検から補修補強工事の実施までのマネジメントサイクルを用いている。

橋梁マネジメントシステムは定期的な点検から塗装工事、補修補強工事までを効率的に行う支援システムであり、多くの地方整備局において導入が進められている。橋梁マネジメントシステム(BMS)は有効な手段である。

(3)鋼部材の塗装劣化点検

定期点検における鋼部材の塗装劣化に関する健全度の評価対象は、鋼部材の塗膜劣化から腐食に至る一連の劣化過程のうち、塗装の劣化過程としている。

鋼部材の塗装の劣化過程に対応して健全度区分の対応付けを行った例などを示す。

(4)予防保全

予防保全への動きが高まっている。予防保全として塗装工事の有効性・重要性を訴える必要がある。

以上

最近の 橋梁保全マネジメント

片脇 清士※

1. まえがき

橋を保全する手順やしぐみが大きく変わってきた。たとえば、直轄の橋梁においては5年ごとに定期点検が始まっており、近く地方自治体においても点検が始まろうとしている。同時に、点検結果をもとにした橋梁マネジメントシステム（BMS）の本格的な運用も始まろうとしている。

道路管理者はもちろんこれらの動きを承知されているが、塗装工事の受注者も道路橋をまもるプロフェッショナルの一人として、橋の管理が、橋の保全がどのようになされているか、いま橋梁保全マネジメントを良く理解しておくことが有用であろう。

塗装工事関係者に関連する最近の動きをいくつか紹介したい。

2. 道路橋ストック

道路橋は約14万6千橋あるとされる。管理者別で分類すると、高速道路及び直轄国道で1万8千橋（12%）、都道府県管理が4万4千橋（30%）、市町村管理が8万4千橋（58%）で、大半の橋梁（88%）を地方公共団体が管理している。（図-1）

道路橋の橋齢について見ると、高度成長期に建設された橋梁の割合は全橋梁の約40%を占めている。一般道路における全橋梁14万橋のうち、建設後50年以上たつものは、2006年度で6%（8900橋）、10年後の2016年度では20%（28400橋）、20年後の2026年度では47%（66300橋）を占める。

建設後50年以上経過した橋梁は、20年後には現在の約17倍に達し、高齢化が今後集中的に進むことになる。過去の架け替え実績や単価を参考に試算すると、直轄国道に現存する橋梁約19,000橋のうち、2020年頃のピーク時には年間800橋が更新対象となり、その更新費用として約5,600億円が必要となる。これだけでも、現在の直轄国道の維持・修繕に係る予算全体の2.6倍に相当し、対応が不可能な状況が発生するとされる。しかもちょうどいまのわが国は米国の1970年頃の状況と類似しているといわれる。（「道路橋の予防保全に向けた有識者会議資料、国土交通省道路局、2007年10月」）

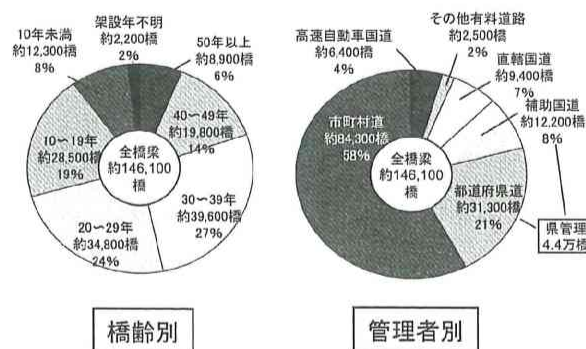


図-1 道路橋の現状（国土交通省道路局）

3. 点検の現状

橋梁管理ではまず点検を基本としている。

(1) 直轄国道における点検

直轄国道の場合、昭和63年（1988年）に点検要領を策定し、10年ごとの定期点検を開始している。

平成16年（2004年）に、5年ごとに点検するように、損傷の進行状況の連続的な指標とその蓄積を目的とした『損傷程度の評価』と、損傷の種類や原因、部材の重要度、損傷の進行状況などを基に点検後の措置を示唆する『対策区分の判定』という二つの評価を行う、改定が行なわれた。供用後2年以内に初回点検を実施し、その後は5年ごとに点検をする。方法は目視によるものですべての部材を肉眼で観察している。腐食、亀裂、ひび割れなど、全体で26種類の損傷の分類に基づいて『損傷程度の評価』を行い、すべての部材について7段階で『対策区分の判定』をし、点検調書に蓄積している。（図-2）

改訂後、これまでに全体の約60%の橋梁で点検が進んできており、その4割程度に「速やかに補修を行う損傷等」があると判定されているようである。

(2) 地方公共団体における点検

地方公共団体が管理する道路橋（橋長15m以上）133,191橋のうち、過去5年以内に一度も点検が実施されていない橋梁の数は、88,134橋（66%）にのぼる。その内訳は、都道府県管理の橋で1万2,649橋（管理す

※(財)道路保全技術センター 道路保全技術研究所 工博 技術士（建設部門）



図-2 道路橋定期点検の概要 (直轄橋梁)

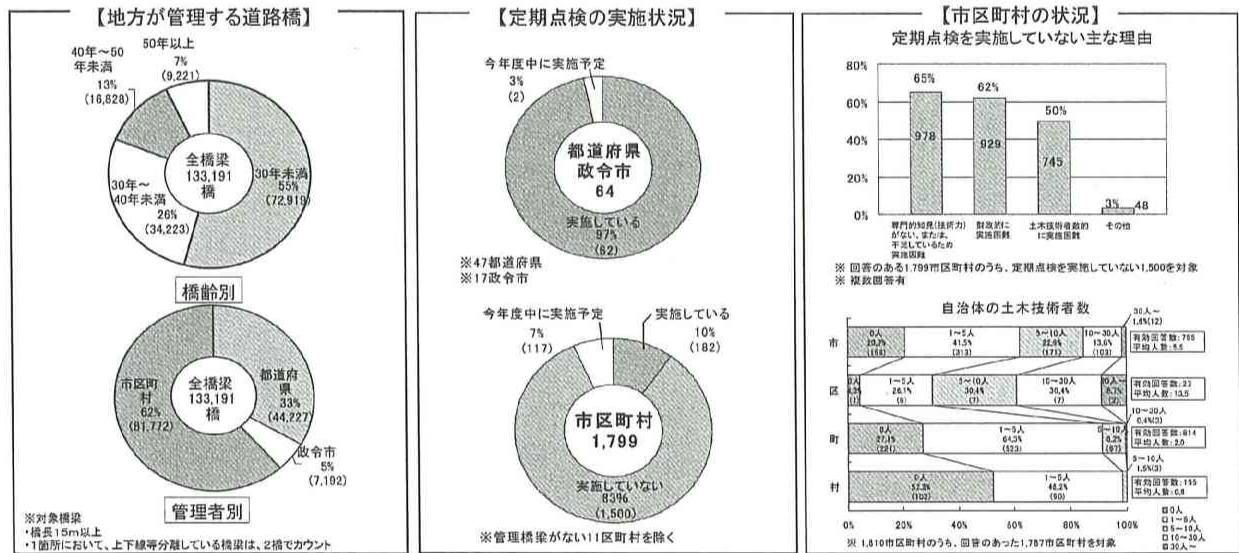


図-3 道路橋定期点検の概要 (地方自治体橋梁)

る44,227橋の約29%)、政令市で3,186橋(管理する7,192橋の44%)、市区町村で72,299橋(管理する81,772橋の88%)である。特に市区町村では、技術力不足、財政的な問題、技術者の人材不足、の3つを主な理由として約83%(約1500の市町村)が定期点検を実施していない。(図-3)

老朽化や損傷などにより通行規制が講じられている橋梁数は、地方自治体監理の橋梁を主に、通行止めが85橋、通行規制、重量制限などの規制が599橋、計684橋となっている。

国土交通省は19年度から5ないし7年間の予定で、地方公共団体への補助事業として長寿命化修繕計画策定事業を行っている。補助国道、主要地方道、そのほか重要な道路ネットワーク上の橋梁を対象に、地方公共団体が橋梁の長寿命化を図るための計画を策定する際の費用の半分を国が補助する。(図-4)

事業の狙いは「老朽橋の増大を近い将来に控え、従

来の対処療法的な修繕や架け替えから、予防保全的な修繕や計画的な架け替えへと、円滑な政策転換を図り、ライフサイクルコストを削減すること」(国土交通省)であり、計画策定に当たっては、学識経験者などの参画と、計画の公表を条件付けてる。ここでいう学識経験者などとは「橋梁の健全度の診断や損傷への対応について工学的な観点から、対策時期や次回の点検時期などを環境条件等から総合的に判断し、計画の立案に対して的確な助言ができる方」である。

補助事業の期間は23年度までの5年間、市町村については25年度までの7年間であり。事後的な修繕や架け替えへの補助は5年後、市町村道については7年後に廃止となる。その後は、この長寿命化修繕計画策定事業、もしくは独自にまとめた長寿命化のための計画に位置づけられた修繕と架け替えのみが補助対象となる。

従来の事後的な修繕及び架替えから、予防的な修繕及び計画的な架替えへと円滑な政策転換を図るため、長寿命化修繕計画を策定する地方公共団体に対して、国が支援(当該計画策定に要する費用の1/2を国が補助)。

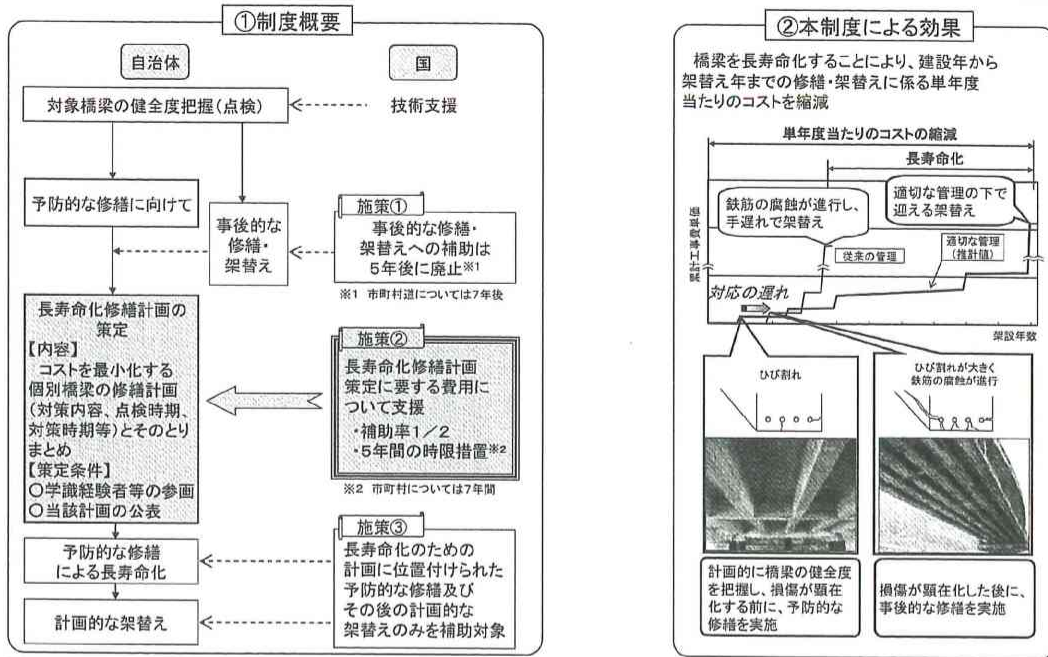


図-4 道路橋を対象とする長寿命化修繕計画策定事業

4. 橋梁点検とその種類

(1) 点検の種類

橋梁点検の種類を図に示す。(図-5)

①通常点検

通常点検とは、損傷の早期発見を図るために、道路の通常巡回として実施するもので、道路パトロールカー内からの目視を主体とした点検をいう。

②定期点検

定期点検とは、橋梁の損傷状況を把握し損傷の判定を行うために、頻度を定めて定期的実施するもので、近接目視を基本としながら目的に応じて必要な点検機械・器具を用いて実施する詳細な点検をいう。

③中間点検

中間点検とは、定期点検を補うために、定期点検の中間年に実施するもので、既設の点検設備や路上・路下からの目視を基本とした点検をいう。

④特定点検

特定点検とは、塩害等の特定の事象を対象に、予め頻度を定めて実施する点検をいう。

⑤異常時点検

異常時点検とは、地震、台風、集中豪雨、豪雪等の災害や大きな事故が発生した場合、橋梁に予期していなかった異常が発見された場合などに行う点検をいう。

⑥詳細調査

詳細調査とは、補修等の必要性の判定や補修等の方法を決定するに際して、損傷原因や損傷の程度をより詳細に把握するために実施する調査をいう。

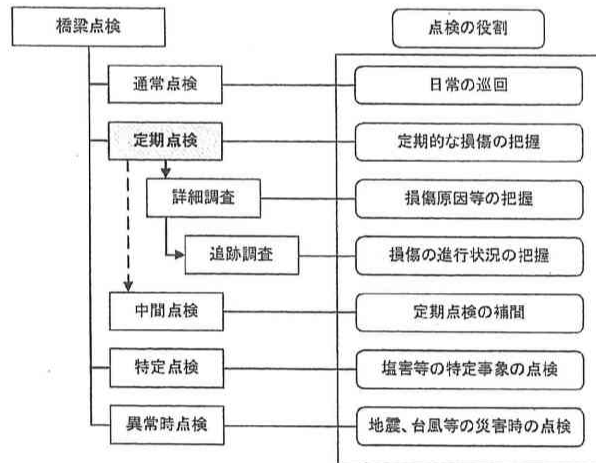


図-5 道路橋点検の種類

⑦追跡調査

追跡調査とは、詳細調査などにより把握した損傷に対してその進行状況を把握するために、損傷に応じて頻度を定めて継続的に実施する調査をいう。

(2) 定期点検の概要

定期点検は、部位、部材の最小評価単位(以下、「要素」という)ごと(主桁の要素:主桁1本ごとに、横桁で区切られた単位)、損傷の種類ごと(たとえば鋼部材の損傷では①腐食②亀裂③ゆるみ・脱落④破断⑤防食機能の劣化)に損傷の状況を把握して損傷程度の評価を行ったうえで、当該損傷を構造上の部材区分あるいは部位ごと、損傷種類ごとに7つの対策区分に判定し、維持や補修・補強の計画を検討するうえで基礎的

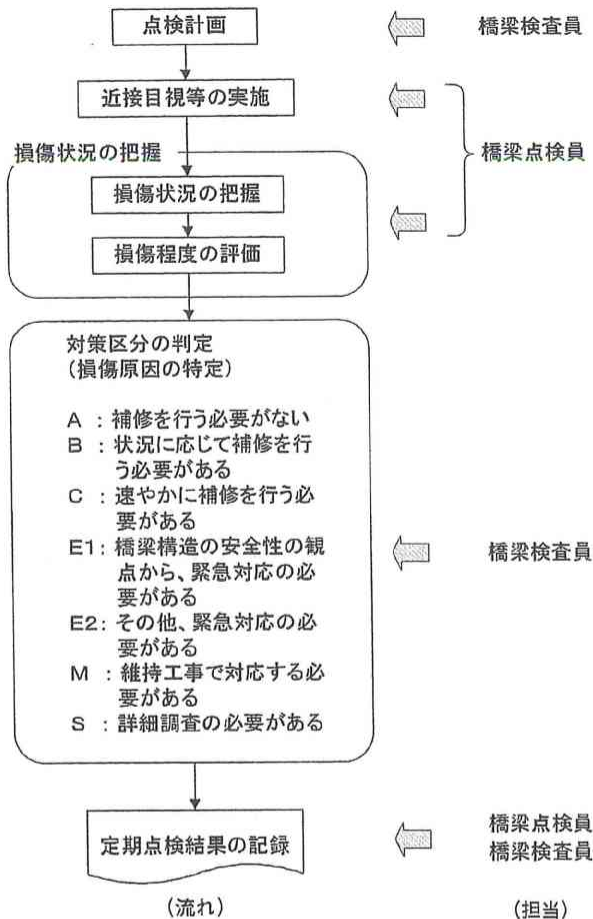


図-6 道路橋定期点検の流れ

な資料を取得するものである。

定期点検は、橋梁点検員（橋梁点検員は、近接目視により橋梁各部材の損傷状況を把握したうえで、損傷程度の評価を行いその結果を記録する）と橋梁検査員（橋梁検査員は対策の必要性について点検で得られる情報の範囲で概略判定し、点検結果から損傷原因の推定に努め補修等の範囲や工法の検討などが行えるよう必要な所見を記録する）により実施される。（図-6）

5. 直轄国道における橋梁管理

直轄国道においては、効率的な橋梁維持管理を行うために、定期的な点検から補修補強工事の実施までのマネジメントサイクルを用いている。（図-7）

1) 橋梁点検業務

- ・事務所は橋梁定期点検業務を年度初めに発注し、当該年12月末までの点検結果をとりまとめ（工期中のもは中間成果）成果品を提出させる。
- ・提出された成果品はすみやかに検査業務受託者、更新業務受託者に貸与する。

2) 橋梁検査業務

- ・事務所は橋梁検査業務を年度初めに発注し、貸与した当該年度の点検結果にもとづき、直ちに検査業務を実施させ3月末までに検査結果を提出させる。
- ・事務所は提出された検査結果をすみやかに更新業務受託者に貸与する。

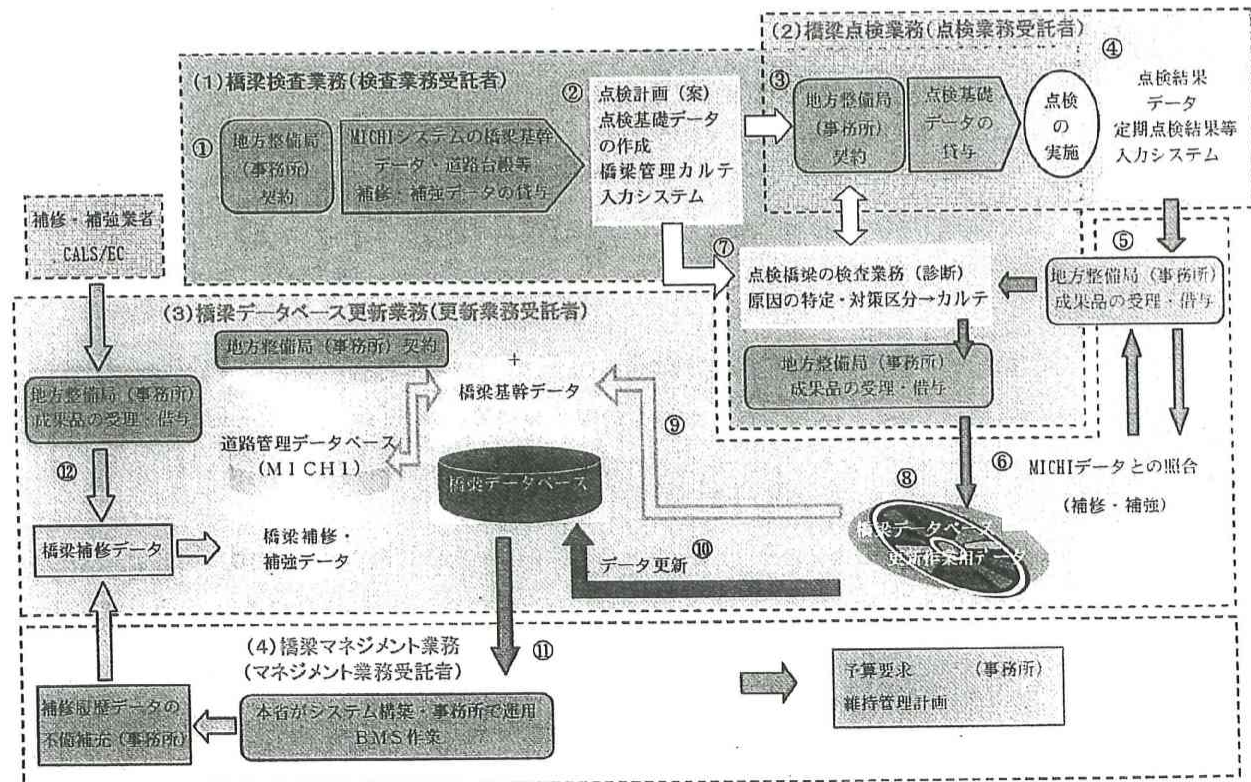


図-7 橋梁マネジメントサイクルの流れ

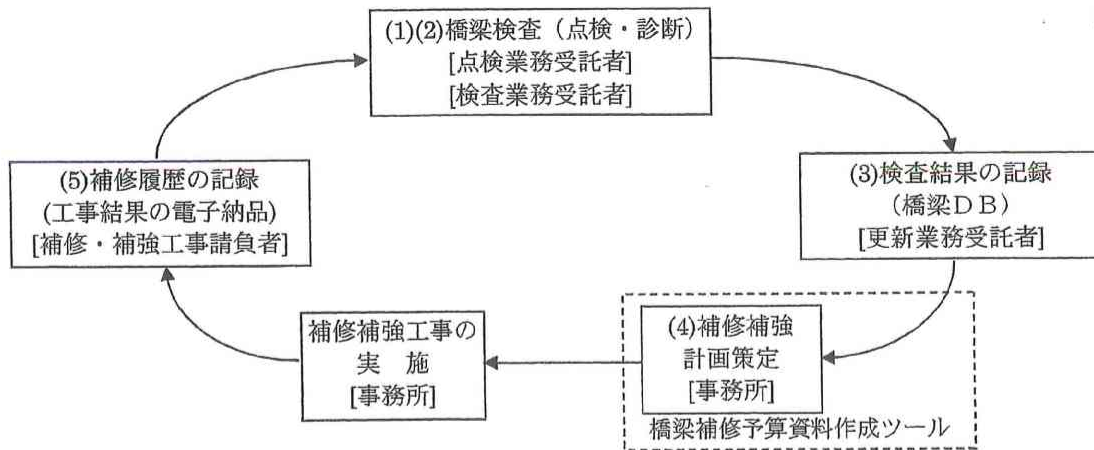


図-8 橋梁マネジメントシステム

3) 道路管理データベース更新業務

・事務所は貸与した当該年度の点検結果をもとに、更新業務受託者に橋梁点検データとMICHIDATAとの照合を実施させたのち、MICHIDATA更新業務を実施させる。

4) 橋梁補修予算資料作成ツールの活用

・事務所の概算要求ヒアリング準備作業までにBMSデータを提出する。

5) 補修履歴データ整備

・補修補強工事の結果について電子納品を実施し、補修履歴データベースへの投入を実施させる。
 ・このため、橋梁の補修補強工事の竣工図書は、「補修・補強工事調書」作成要領に従い定期点検調書の部材番号を用いて整備するため、発注図に部材番号図を添付する。
 ・事務所（出張所、監督官）は、竣工検査の際に電子納品についても検査する。

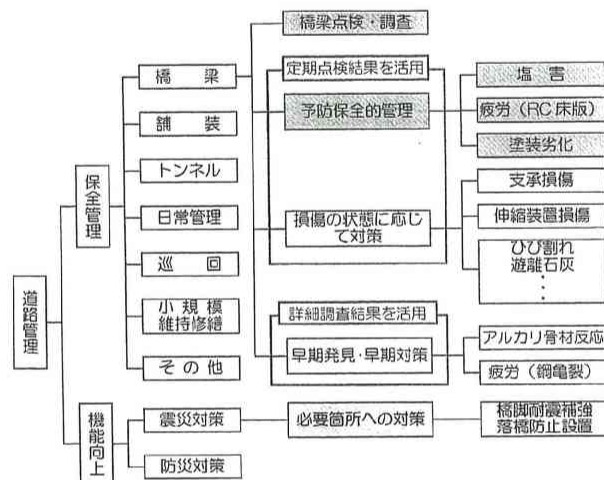


図-9 橋梁マネジメントシステムの対象

6. 橋梁マネジメントシステム

(1) マネジメントのフロー

橋梁マネジメントシステムは定期的な点検から塗装工事、補修補強工事までを効率的に行う支援システムであり、多くの地方整備局において導入が進められている。直轄国道の定期的な点検から補修補強工事の実施までのマネジメントサイクルにおいては橋梁マネジメントシステム（BMS）を用いている。（図-8）

(2) 対象部材および対象劣化要因

BMSにおいて対象とする橋梁構成部材および、そのうちの主要部材に関する劣化要因、損傷の種類は次のようである。（図-9）

1) 対象部材

a) 劣化予測を行う部材

橋梁を構成する主要部材は以下のとおり。

- ・主桁、横桁、縦桁、主構トラス（上・下弦材、斜

- 材、垂直材、橋門構）、アーチ（アーチリブ、補剛桁、吊り材、橋門構）、ラーメン（主構桁、主構脚）
- ・床版
- ・橋脚、橋台

b) 点検結果に応じて交換時期を計算する部材

- ・支承
- ・伸縮装置

c) 点検結果より補修箇所を抽出する部材

- ・全部材

2) 対象劣化要因

BMSにおいて劣化予測を行う対象の劣化要因は以下のとおり。

a) 鋼部材

- ・塗装劣化

b) コンクリート部材

- ・塩害
- ・RC床版の疲労

塗装劣化は塩害や疲労と同じく予防保全的管理と位置づけられている。

表-1 橋梁マネジメントシステムの構成

構成要素		機能
入力データ	道路管理データベース	・橋梁諸元データ (MICH I) : 橋梁名、建設年、橋長、幅員、床版厚さ、塩害地域区分、大型車交通量等 ・補修履歴データ : 部材ごとの補修年、補修内容等
	橋梁点検データベース	・定期点検データ : 点検年、損傷の種類、損傷程度等 ・橋梁管理カルテ : 橋梁名、劣化要因、対策区分の判定結果等
	進捗管理データ	・三大損傷管理リスト : 三大損傷 (塩害、疲労、AS R) の対策実施状況 ・耐震補強状況リスト : 耐震補強の実施状況
	塩害特定点検データ	・塩害特定点検データ : かぶりの測定結果、塩化物イオン量試験結果等
本体機能	健全度評価	・点検結果を用いて、部材ごと、劣化要因ごとに損傷程度の評価区分を健全度ランクおよび定量的な評価値に変換
	劣化予測	・部材ごと、劣化要因ごとに、劣化予測モデルを用いて、現時点の健全度評価および将来の劣化を予測
	補修時期・補修工事費の計算	・点検結果、劣化予測に基づく個別橋梁の補修時期・補修工事費を計算 ・補修時期 ・補修工事費の計算結果より、短期計画支援ツールに取り込む橋梁の補修時期、補修工法、補修数量、補修工事費等を入力
短期計画支援機能	損傷箇所の抽出	・全部材について、対象劣化要因以外で、損傷の対策区分が E1、E2、C、S、M の部材をスパンごとに抽出
	短期計画支援ツール	・補修優先橋梁の選定を支援・次年度予算要求資料作成を支援・予防保全率算定を支援
中長期計画支援機能	中長期計画支援ツール	・管理パターンごとの中長期の必要費用を計算

(3) 橋梁マネジメントシステムの構成

橋梁マネジメントシステム (BMS) は、入力データ、BMS 本体機能、短期計画支援機能、中長期計画支援機能から構成される。(表-1)

(4) 工事予算資料作成

保全工事予算要求時には、補修優先橋梁の選定、次年度予算要求資料作成などを行うが多くの作業量となる。

「橋梁補修予算資料作成ツール」(以下、作成ツール) が国道事務所において用いられている。塗装工事の予算要求においてもこのツールが用いられる。これは概算要求資料の作成を支援することを目的とするものであり、橋梁マネジメントシステムによる計算結果や橋梁定期点検結果等から得られた補修計画リストに基づき補修実施橋梁を選定、必要予算の算定を行い地方整備局への概算要求時に必要な資料を作成する機能を持

つ。MICH I データベースより必要となる橋梁諸元を読み取り、補修数量を算出する。

具体的には

①橋梁リストの確認

②橋梁の選択

・補修計画を作成する橋梁を選択

③補修計画

・補修設計時期、補修実施時期の入力

・補修工法

・補修数量、補修工事費の修正入力

④補修計画の追加入力

⑤集計計算の実行

・予算内訳表、予算要求書の自動集計

・損傷管理リストおよび対策状況グラフの自動作成

・次年度予防保全率、予防保全率の推移の自動計算がコンピューター上で行われる。

表-2 鋼部材の塗装劣化に関する健全度区分例

劣化過程	健全度区分	劣化状態	さび発生面積(%)の「目安」
健全	I、II	異常なし。さびが認められないか、さびらしきものがあったても無視し得る程度のもの	$X < 0.03$
点さび発生	III	わずかにさびが見られる。さびが観測される部分以外の塗膜の防食性能はほぼ維持されていると思われる状態。	$0.03 \leq X < 0.3$
(塗装系の塗替え検討時期)			
全面点さび防錆効果の失効	IV	明らかにさびが見られる。発錆部分が多く、何らかの処置をほどこさなければならない状態。	$0.3 \leq X < 5.0$
全面さび	V	ほぼ全面にわたってさびが見られる。早急に再塗装しなければならない状態。	$5.0 \leq X$

予算要求時には

1) 橋梁リスト

- ・システムで劣化予測した結果、損傷の悪い順にリストアップ

2) 橋梁諸元

- ・選択した橋梁の補修計画立案に参考となる基本情報を表示

3) 補修計画リスト

- ・補修設計、積算の段階に応じて(実際に行う補修工法の確定、補修工事費の積算精度の向上に応じて)補修工法、補修工事費のリスト内容を更新
- ・劣化程度に応じた標準的な補修工法、補修時期を表示
- ・足場工、塗装工など工種ごとに標準的な単価を設定し、橋梁諸元より求まる補修数量から工種ごとの補修費を算出し、それらを加算することで補修工事費(事業費)を算出して表示

これらの操作を繰り返して予算要求資料が作成される。

以上の例はある事務所の様子であるが、もちろん、事務所全てがこのようにしくみと流れで予算要求されているわけではない。とはいえ、予算要求の過程はきわめて厳密であり、その精度を高める努力がたえずなされている。このため、一連の作業は人手を要するだけでなく、橋梁台帳などのデータベースとのやりとりや点検結果との照査などにもこまかな神経を使う緊張感が要求される。さらに、現況報告や補修計画、内訳書、集計表などの書類をつくり、チェックを重ねることになる。

BMSは作業を支援するだけでなく、ヒューマンエラーによる間違いやケアレスミスを防ぐことにも寄与する。多くの用事に追われている職員に、機械的な作業部分を楽にして、そのゆとりをより良い計画や判断に役立ててもらえることにもなる。このような目的のシステムではあるが、ここで紹介したものも、開発され

た国土交通省において現在でも改良が続けられている。

BMSには他にも多くの種類があり国や地方自治体ごとでも異なるシステムが採用されている。これは保全業務の手順が管理者によって異なり、書類や様式が異なるためでもある。

外国にはPONTIS(米国)やIQA(仏)などのBMSがある。いずれもデータベースとコンピューターソフトウェアを組み合わせているが、多年にわたる改良が行なわれ必要な機能を加え、使い勝手を良くしたものである。

わが国においてもデータベースの重要性は認識されるようになった。データベースのもととなる5年ごとの定期点検も国だけでなく、地方自治体にも波及するようになるであろう。管理者には、なぜいま補修するのか、なぜ塗り替えるのか、補修方法は、塗替え方法はどのようにして妥当なのか、説明する責任が問われることになれば、合理的な説明をするためにも、過去のデータや点検データの分析を行うことができるBMSがその一助となると期待される。

7. 鋼部材の塗装劣化点検

鋼橋部材において床版の損傷や疲労と同じく腐食が管理上大きな問題となっている。防食において塗装の果たしている役割はいまさら言うまでもないが、塗膜の防食効果を実証する、塗膜の劣化と腐食との関係、構造的な耐力との関係はこれまで定量的に把握が難しいとされてきた。

しかし、国立研究や大学における各種力学実験や調査によってその関係が次第に明らかとなってきた。近年、さまざまな環境や立地条件下にある橋梁の点検が全国に広がったことによって、橋梁特有の腐食形態がわかってきたことも新しい発見につながっている。

本来、点検では構造物部材の塗装劣化から腐食に至る一連の過程として把握する必要がある。塗装の劣化過程と鋼材腐食の一連の流れはまだ一部にうまくつな

がっていないところがあるように見えるが、これも、定量的な把握が広がってくれば、つながってくるであろう。

部材全体に平均的に進行する劣化と、漏水や滞水により桁端部や支承周辺に見られる局所的な劣化を分けて考えるようになったのは、橋梁特有の腐食形態がわかってきたことによる。前者の、部材全体に平均的に進行する劣化としてとらえる場合には、さびの発錆面積と劣化状態、健全度が比較的容易に対応させることができる。

著しい局所的な腐食が生じたときは、詳細調査によって、その腐食原因と影響の及ぼす範囲をきちんと把握しておかなければならないし、この調査は、塗膜と腐食に詳しい専門家が行うべきことがらであろう。

局所的な塗膜劣化や腐食については、一部でパターン化が試みられている。これまであまり注視されることのなかった腐食形態であることから、多くの事例を集めていくつかの要因に分けてパターン化するまでには時間がかかると思われるが、橋梁特有の環境と関係づけられれば、橋梁塗膜劣化の抑止に役立つ内容となり、点検にも有益であろう。

いまのところ、定期点検は次のように考えている。

定期点検においては、鋼部材の塗装劣化に関する健全度の評価対象は、鋼部材の塗膜劣化から腐食に至る一連の劣化過程のうち、塗装の劣化過程としている。部材全体に平均的に進行する劣化を対象とし、漏水、滞水等により比較的厳しい腐食環境にある桁端部や支承部周辺に見られるような局所的な劣化については、個別に対応を行う。

鋼部材の塗装の劣化過程に対応して健全度区分の対応付けを行った一例を表に示す。(表-2)

定期点検においては塗装機能の劣化の判定区分は以下の通りである。

分類1：塗装

区分	一般的状況
a	損傷なし
b	
c	最外層の防食皮膜に変色を生じたり、局所的なうきが生じている。
d	部分的に防食皮膜が剥離し、下塗りが露出する
e	防食皮膜の劣化範囲が広く、点錆が発生する

参考までに塗装以外の防食機能の劣化の判定区分は以下の通りである。

分類2：メッキ、金属溶射

区分	一般的状況
a	損傷なし
b	
c	局所的に防食皮膜が劣化し、点錆が発生する
d	
e	防食皮膜の劣化範囲が広く、点錆が発生する

注) 白錆ややけは、ただちに耐食性に影響を及ぼすものではないため損傷とはならないが、その状況は損傷図に記録する。

分類3：耐候性鋼材

区分	一般的状況
a	損傷なし(安定錆は粒子が細かく、一様に分布、黒褐色を呈す) (安定錆の形成過程では黄色、赤色、褐色を呈す)
b	
c	錆の大きさは1~5mm程度で粗い
d	錆の大きさは5~25mm程度のうろこ状である
e	錆は層状の剥離がある

注) 一般に、錆の色は黄色・赤色から黒褐色へと変化して安定して行くが、錆色だけで安定錆かどうかを判断することはできない。

8. あとがき

本稿では、塗装工事を念頭に、橋梁保全工事について点検から工事までのマネジメントの流れについて紹介した。いま、道路橋を取り巻く社会情勢は大きく変わってきている。しかし、日本の道路橋は、厳しい地形条件、腐食が進行しやすい気候条件、台風や地震などが頻発する自然条件のもとに存在しており、落橋まで至らなくても重大な損傷などで通行止めになると、その社会的影響は甚大なものになる。このための予防として、塗装工事の有効性・重要性をさらに訴える必要がある。塗装関係者に橋梁の点検から工事予算要求までの流れを理解していただく一助となれば幸いである。

財団法人道路保全技術センターは、国土交通省道路局、地方整備局の業務をサポートするために、また、道路保全技術に関する調査・研究・開発を行い、効率的な保全技術を広く提供することを目的として、1990年11月に設立された。橋梁やトンネル、舗装やその他の道路施設の保全に関して多くの研究を行っており、適切な予算の使い方や事業計画に関する研究もその一つである。橋梁に関しては、国土交通省道路局のご指導のもとに、橋梁マネジメントシステムを地方整備局へ普及支援している。

【参考文献】

- 1) 道路橋の予防保全に向けた有識者会議資料 国土交通省道路局 2007年
- 2) 橋梁定期点検要領(案)国土交通省道路局国道・防災課 平成16年
- 3) 橋梁点検ハンドブック(財)道路保全技術センター道路構造物保全研究会 2007年