

第 1 章 長寿命化に関する取り組み事例と 橋梁長寿命化の考え方

第1章 長寿命化に関する取り組み事例と橋梁長寿命化の考え方
目次

§ 1. 橋梁の長寿命化とマネジメント	1-1
1-1. 長寿命化の役割と必要性	1-1
1-2. 橋梁の長寿命化とメンテナンスサイクル	1-2
§ 2. 橋梁の長寿命化に関する取り組み事例	1-4
2-1. 国の道路に関する老朽化対策	1-4
2-2. 地方自治体の橋梁長寿命化修繕計画	1-5
2-3. 高速道路会社の更新計画等	1-6
2-4. 学協会及びその他の機関における取り組み	1-7
2-5. 機関誌等における維持管理及びインフラ長寿命化に関する話題など	1-9
§ 3. 本研究部会における橋梁長寿命化の考え方と研究の対象範囲	1-11
3-1. 長寿命化型の橋梁維持管理の考え方	1-11
3-2. 研究の対象範囲	1-12
§ 4. 研究テーマ設定の背景と達成目標	1-14
4-1. 防錆・防食手法による長寿命化検討ワーキング（WG1）	1-14
4-2. 水じまい対策による長寿命化検討ワーキング（WG2）	1-15
第1章の参考文献	1-16

§ 1. 橋梁の長寿命化とマネジメント

1-1. 長寿命化の役割と必要性

現在のわが国の橋梁数は約 70 万橋（橋長 2m 以上）であり、その多くが高度経済成長期に集中的に建設された。そのため、建設後 50 年以上経過する橋梁の割合が、2033 年には全橋梁の 67% に達すると見込まれている。つまり、既設橋梁の老朽化等により、維持・補修や架替えが集中的に発生することが予想でき、このため、橋梁の長寿命化、効果的な維持管理の取り組みが必要となっている。また、約 70 万橋の内訳を見ると、市区町村の管理する橋梁が 68% であり、都道府県・政令市の管理する橋梁の約 26% を加えた 90% 以上が地方自治体管理の橋梁であることも特徴となっている（図 1-1）。

◎約20年後には建設後50年を超えた橋梁(2m以上)の割合が7割近くになる！



(出典:国交省道路局)

◎市区町村の管理する橋梁が約7割。都道府県・政令市の管理する橋梁約26%を加えた9割以上が地方自治体が管理する橋梁！



劣化損傷が進行して老朽化した橋梁が多く、適切な維持管理が必要！

(出典:国交省道路局)

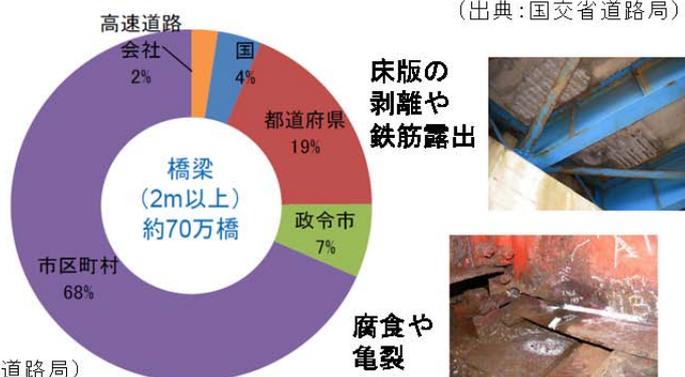


図 1-1 橋梁の高齢化と老朽化の現状

このような現状を踏まえ、国土交通省は道路橋の維持管理体制を、従来の対症療法型維持管理から予防保全型維持管理へ政策転換し、各地方自治体に橋梁長寿命化修繕計画の策定を促した¹⁾。橋梁長寿命化修繕計画とは、地方自治体が、今後老朽化する道路橋に対応するために橋梁の長寿命化を図り、維持管理費用の縮減を目指す計画のことである。定期点検を実施した橋梁の健全度を把握すると共に、将来の劣化を予測し、橋梁のライフサイクルコストを算定する。そして、橋梁の補修優先度を踏まえた自治体独自の管理シナリオを提案し、予算シミュレーションによって最適な長寿命化計画を算定すると共に、これに基づく維持管理対策を実施する。これら一連の作業は、継続的に実施していくことで、劣化予測や計画の精度を高めていくことが可能となり、効率的で効果的な維持管理となる。

一方、従来の対症療法型維持管理は、点検やパトロールによって構造物の状況把握は行うものの、大規模補修及び架替えなどで、事後対応していく方法である。ただし、今後、補修対象の橋梁が集中的に増加することが避けられないことから、大規模補修にかかる費用が所定の予算を上回り、更新が間に合わない橋梁が続出することが自明である。また、橋梁の健全度が悪化することによって、利用者や周辺への第三者被害に対する危険性を増大させることにも繋がる。

橋梁の長寿命化修繕計画は、劣化損傷が顕在化する前に予防的な措置を施すマネジメント手法であり、大規模補修を施す橋梁が減り、維持管理費用を低減することができる。また、計画的に補修できるため、事業を無理なく進めることができ、健全度の維持が安全性の維持にも繋がることが期待される。

1-2. 橋梁の長寿命化とメンテナンスサイクル

2012年12月の笹子トンネル天井板落下事故の直後から、第三者被害防止の観点から安全性を確認するための道路ストックの集中点検が実施され、道路法の改正（2013年6月）、定期点検に関する省令・告示公布（2014年3月）を経て、2014年4月に「道路の老朽化対策の本格実施に関する提言」が公表された。この提言では、『産学官のリソース（予算・人材・技術）を全て投入し、総力をあげて本格的なメンテナンスサイクルを始動』すること、いわゆる『道路メンテナンス総力戦』が提案され、その具体的な取り組みとして、

- ・ メンテナンスサイクルの確定（道路管理者の義務の明確化）
- ・ メンテナンスサイクルを回す仕組みの構築

の2点が挙げられている（図1-2）。

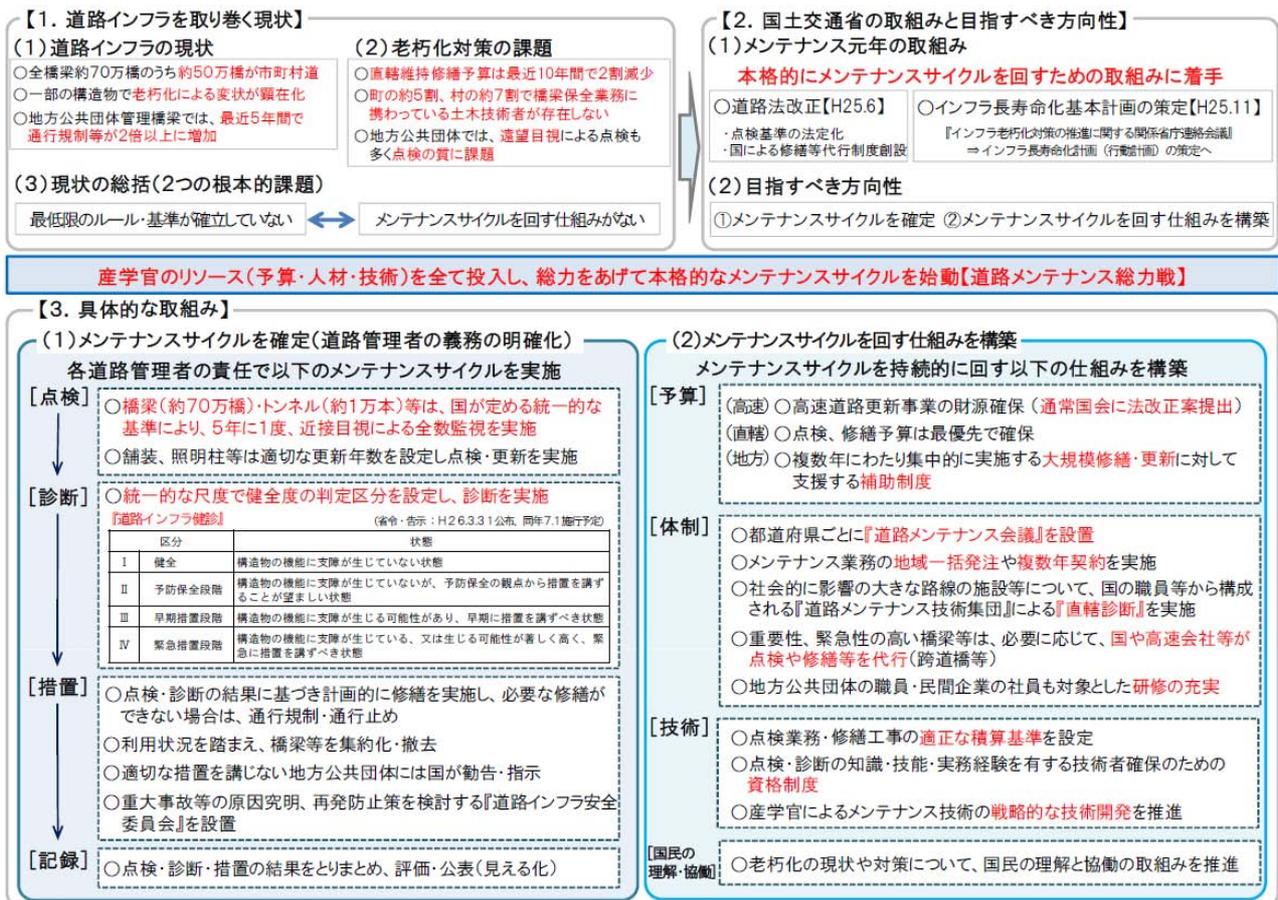


図1-2 道路の老朽化対策の本格実施に関する提言の概要（抜粋）（出典：国土交通省 HP）¹⁾

特に、『メンテナンスサイクルを回す仕組みの構築』については、各都道府県で“道路メンテナンス会議”が立ち上げられ、インフラを管理するための体制作りが進められている。ここでの課題は、メンテナンスを担う高度な専門家の育成であるが、人材や技術力が充実していない地方自治体（特に、市町村）では、講座や研修などによるメンテナンス教育の充実が望まれており、いくつかの成功事例^{2),3)}を参考

にメンテナンス技術者育成制度の導入が進んでいる。

一方、「長寿命化」あるいは「長寿命化技術」に関する定義として、2009年11月に発行された日本鋼構造協会（JSSC）のテクニカルレポート No.88「鋼構造物における長寿命化・延命化技術の現状と課題」では、「II）土木 WG 編」において次の様に長寿命化を定義している⁴⁾。

『長寿命化技術とは、想定耐用年数を超えて更に延命化させるための補修技術、マネジメントの仕組みすべて（点検方法、体制、時期、判定、措置、期間、予算など）をさす。』

つまり、橋梁の長寿命化技術は、上記の「提言」における具体的な取り組みの「メンテナンスサイクル」を担保するための必要な概念の一つと考えられる。例えば、個々の橋梁の寿命を延ばすために必要な[点検]、[診断]、[措置]に長寿命化の考え方は必要であり、さらに[予算]、[体制]などのメンテナンスサイクルを回す仕組みにおいても長寿命化の考え方は生かされる必要がある。

§ 2. 橋梁の長寿命化に関する取り組み事例

2-1. 国の道路に関する老朽化対策

木曾川大橋（中部地方整備局三重河川国道事務所）・トラス斜材の腐食破断など、道路構造物の老朽化被害を踏まえ、国土交通省では 2013 年を「社会資本メンテナンス元年」と位置付けて「社会資本の老朽化対策会議」を設置し、「社会資本の維持管理・更新に関し当面講ずべき措置」をまとめた。そして、これに基づいて橋梁やトンネルの緊急点検、利用者や第三者への被害を回避することを目的とした優先施設の集中点検、基準類の見直し、データベースの整備などを推進している。

また、2013 年 10 月に「インフラ老朽化対策の推進に関する関係省庁連絡会議」を設置し、各種インフラの戦略的な維持管理・更新等の方向性を示す「インフラ長寿命化基本計画」を取り纏めた。この中では、国だけでなく、地方公共団体や民間企業等の様々なインフラの管理者全体で戦略的な維持管理・更新等に取り組むことが提起されており、国民の安全・安心の確保、中長期的な維持管理・更新等に係るトータルコストの縮減や予算の平準化、メンテナンス産業の競争力確保を実現する必要があることが述べられている。

この様なインフラの老朽化対策の流れは、新設から撤去までライフサイクルを延伸させるという狭義の長寿命化対策だけでなく、更新を含めたメンテナンスサイクル全体の構築と継続的な発展を目指しており、国土交通省の Web ページ¹⁾では、施策の概要やこれまでの提言、関係法令や基準・要領などが公開されている他、国土交通省の各地方整備局、北海道開発局、沖縄総合事務所などの長寿命化修繕計画や道路メンテナンス会議の情報も掲載されている。その一部抜粋を表 2-1 に整理した。

表 2-1 国土交通省の道路の老朽化対策 Web ページ¹⁾の項目抜粋

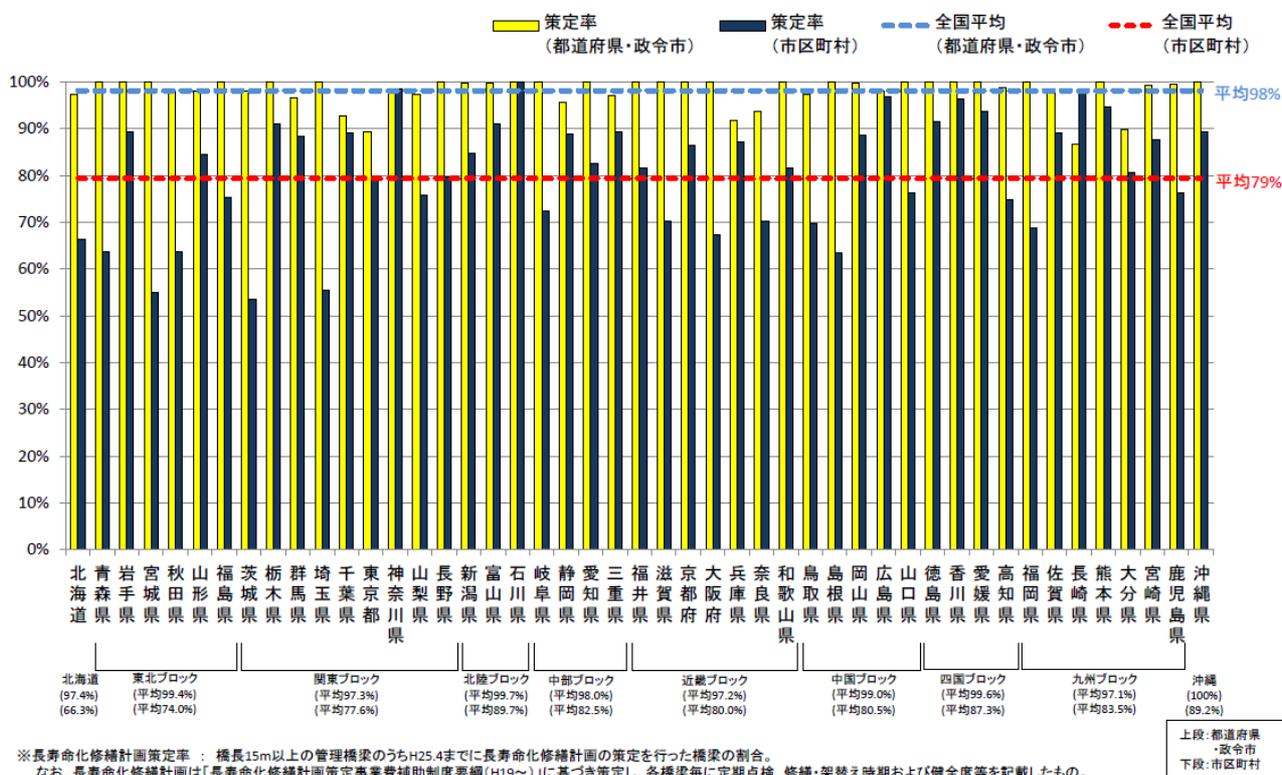
施策の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 老朽化対策の取組み ・ 道路メンテナンス技術集団による直轄診断の募集 ・ 「道路メンテナンス年報」（暫定版）の公表について
提言	<ul style="list-style-type: none"> ・ 道路の老朽化対策の本格実施に関する提言（平成 26 年 4 月） ・ 道路のメンテナンスサイクルの構築に向けて（平成 25 年 6 月） ・ 道路橋の予防保全に向けた提言（平成 20 年 5 月） ・ 道路構造物の今後の管理・更新等のあり方（平成 15 年 4 月）
関係法令等	<ul style="list-style-type: none"> ・ 道路法（平成 26 年 5 月施行） ・ 道路整備特別措置法（平成 25 年 9 月施行） ・ 道路法施行令（平成 26 年 5 月施行） ・ 車両制限令（平成 26 年 5 月施行） ・ 道路法施行規則（平成 26 年 5 月施行） など
点検要領等	<ul style="list-style-type: none"> ・ 橋梁定期点検要領（平成 26 年 6 月） ・ 道路トンネル定期点検要領（平成 26 年 6 月） ・ 歩道橋定期点検要領（平成 26 年 6 月） ・ 門型標識等定期点検要領（平成 26 年 6 月） ・ 附属物（標識、照明施設等）点検要領（平成 26 年 6 月） など <p><参考資料></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 道路ストックの総点検 ・ 道路橋に関する基礎データ収集要領（案）（平成 19 年 5 月）国土交通省 国土技術総合研究所

2-2. 地方自治体の橋梁長寿命化修繕計画

地方自治体における橋梁の長寿命化対策については、国土交通省による「長寿命化修繕計画策定事業費補助制度要綱（平成19年）」により、地方自治体が管理する道路橋の長寿命化修繕計画の策定が行われている。また、2014年7月の道路法施行規則によって「橋梁、トンネル等は国が定める統一的な基準により5年に1回、近接目視による全数監視を実施する」ことが定められており、各地方自治体には、財政状態の悪化、管理すべき膨大な橋梁数、橋梁の健全度の低下、人口減少などの多くの課題に直面しながらも、現在計画されている橋梁長寿命化修繕計画の持続可能性を担保することが求められている。

橋梁の長寿命化修繕計画の策定状況について、国土交通省は「道路の老朽化対策 Web ページ¹⁾」において、『橋梁点検実施状況、長寿命化修繕計画策定状況及び修繕進捗状況』を公開している。図2-1は2013年4月時点での長寿命化修繕計画策定率であり、都道府県・政令市の策定率は98%と高いが、市区町村は80%弱とやや低めであった。その後、2013～2015年度の3年間において、市区町村における長寿命化修繕計画の策定率も伸びていると推察する。

○長寿命化修繕計画策定率※(計画策定橋梁数/管理橋梁数)



※長寿命化修繕計画策定率：橋長15m以上の管理橋梁のうちH25.4までに長寿命化修繕計画の策定を行った橋梁の割合。
 なお、長寿命化修繕計画は「長寿命化修繕計画策定事業費補助制度要綱(H19～)」に基づき策定し、各橋梁毎に定期点検、修繕・架替え時期および健全度等を記載したもの。
 ただし、長寿命化修繕計画は、各地方公共団体の橋梁管理状況に伴い適宜変更となり、記載内容は各地方自治体毎に異なる場合があります。
 ※H25.4調査では岩手県陸前高田市、福島県広野町、岩手県、富岡町、川内村、大熊町、双葉町、浪江町、葛尾村、飯館村は調査実施困難なため、H22.4時点調査の数値。

図2-1 長寿命化修繕計画策定率 (H25.4時点) (出典：国土交通省HP)

一方、地方自治体の取り組みに関する課題も挙がっており、土木学会誌の2014年7月号の特集記事「アセットマネジメント導入から10年—どこまで進み、その成果と課題は何か?—」では、

- ・ 管理する橋梁が非常に多く、点検の時間や費用がかかりすぎる
- ・ 鉄道上、高速道路上、河川上など立地条件によって、点検可能な時期や時間帯が制限される
- ・ 配置される職員が橋梁関係業務の未経験者であったりする
- ・ 自治体の中で専門の人材を育てていく必要がある
- ・ 点検を委託する業者の質も一定でない

- ・ インフラ維持管理の仕事がなかなか住民に受け入れられない（福祉や住民窓口の業務に人員が割かれる）

などのヒアリング結果も掲載されている⁵⁾。これらの地方自治体の課題に対して、国などの技術的な支援も制度化・システム化されつつある他、学協会や国や民間等の研究所などでも、地方自治体における道路橋の老朽化対策、長寿命化及びマネジメントに関する様々な取り組みが見られる。主な記事や情報を表 2-2 に整理した。

表 2-2 地方自治体の老朽化対策・長寿命化に関する話題

出典など	内容
国土交通省 道路の老朽化対策 Web ページ	橋梁点検実施状況，長寿命化修繕計画策定状況及び修繕進捗状況
日本道路協会『道路』 (2015 年 11 月号)	特集「市町村における道路の老朽化対策に係る取組について」
土木学会誌 (2014 年 7 月号)	特集「アセットマネジメント導入から 10 年—どこまで進み，その成果と課題は何か？—」

2-3. 高速道路会社の更新計画等

高速道路各社は、それまで継続して検討してきた維持修繕や更新計画を早急に取り纏めて公開した。高速道路各社における取り組みを表 2-3 に整理した。

まず、東日本、中日本、西日本の高速道路 3 社は、「高速道路資産の長期保全及び更新のあり方に関する技術検討委員会」を設置し、経年劣化が進む高速道路の資産を将来に渡って健全な状態で管理するための必要な方策を検討した⁶⁾。そして、2014 年 1 月に検討委員会の提言が出され、高速道路資産の長期保全及び更新の基本的な考え方が提案されると共に、約 240km の大規模更新と約 1,870km の大規模修繕の検討、実施、課題が整理された。また、首都高速道路⁷⁾及び阪神高速道路⁸⁾の各社においては、NEXCO の3 会社に先行して、2013 年 1 月と 4 月にそれぞれ委員会の提言を取り纏め、同様に大規模更新と大規模修繕の実施について整理している。さらに、本州四国連絡高速道路株式会社（本四高速）においては、海上における長大橋梁の保全管理という特殊条件を鑑みて、アセットマネジメントを推進し、長大橋技術センターとの連携を図りながら、より高い保全技術の確立とライフサイクルコスト最小化による効率的な保全管理を実施している⁹⁾。

表 2-3 各高速道路会社の更新計画

会社名	更新計画など
東日本高速道路株式会社 中日本高速道路株式会社 西日本高速道路株式会社	高速道路資産の長期保全及び更新のあり方に関する技術検討委員会提言（平成 26 年 1 月）
首都高速道路株式会社	首都高速道路構造物の大規模更新のあり方に関する調査研究委員会（提言）（平成 25 年 1 月）
阪神高速道路株式会社	阪神高速道路の長期維持管理及び更新に関する技術検討委員会（提言）（平成 25 年 4 月）
本州四国連絡高速道路株式会社	本州四国連絡橋の保全技術 http://www.jb-honshi.co.jp/corp_index/technology/maintenance/

2-4. 学協会及びその他の機関における取り組み

まず、公益社団法人土木学会では、鋼構造委員会の「構造物の長寿命化技術に関する検討小委員会」（委員長：高木千太郎氏）において、構造物の長寿命化技術に関する検討が行われた。当初、2011年6月～2015年5月の活動期間が予定されており、その成果報告としての講習会が2016年6月22日に開催されることとなっている。当該小委員会の Web ページ¹⁰⁾において、活動目的と講習会の開催案内が公開されており、以下では、これらの情報を引用することで、委員会の検討の目標と成果の概略を示した。

【活動目的】 ※原文のまま

社会基盤施設の急速な高齢化と安全性確保が喫緊の課題となっている現状において、適切な維持管理と施設の更新や大規模修繕のピークカットの必要性が増している。このような状況において、既存の鋼構造物が保有している性能を定量的に評価し、その性能を向上させる多種多様な技術開発を整理し、効果的な長寿命化対策等を効率的に行わなければならない時期となっている。本委員会では、「老朽化した鋼構造物の長寿命化のための性能回復技術検討小委員会」などの関連委員会における検討事項や成果等を踏まえ、現在既設構造物に発生している損傷や劣化を適切に処置することが可能な材料、長寿命化技術、リニューアル技術、大規模改造技術や更新判断技術等について調査・整理し、それぞれの課題と解決策について議論、検討することによって既設鋼構造物の性能を確実に向上させる長寿命化に関する資料を提供することを目的としている。

【「鋼構造物の長寿命化技術」に関する講習会の開催案内】 ※案内は原文のまま、プログラムは抜粋

鋼構造委員会構造物の長寿命化技術に関する検討小委員会では、鋼構造物を対象とした構造物の現状を定量的に把握する点検・診断技術、損傷の進行度を工学的に予測する手法、予測した最適な対策時期に行う補修・補強対策を含む長寿命化対策等の設計法や施工技術、留意点などに関して国内外の資料や事例を分析、提言することを目的に、産官学の委員構成で議論、検討を重ねてきました。

本委員会の成果としては、今まで明確となっていなかった既存構造物の長寿命化とは何かを示し、国内で行われてきた目視による点検方法に関して課題を抽出、効果的な点検・診断実施に大きく寄与したことがあげられます。これは、委員会を進める過程において本委員会の委員を中心に行ったもので、国内で初めて既存の点検方法、点検結果に焦点をあて、実際に行われた点検結果を基に同一橋梁を再点検することによって点検の精度を検証し、公表したことです。専門技術者による点検精度確認結果は、大きな反響を生み、その結果、点検方法の改善、点検・診断の法制度化、点検・診断技術者の民間資格認定等につながっています。これは、学会としての公平・公正な立場による課題の抽出、定量的な分析、望ましい技術提供に向けた提言が実ったものと言えます。

本委員会では、長寿命化に関して「点検・調査・モニタリング」、「劣化予測・診断」、「長寿命化技術」の3つの視点から検討を進めました。今回示す当委員会の成果報告は、これまで曖昧であった「長寿命化」について供用期間中に生じる変状を予測し、期待する機能や性能を想定する期間において保有できるように対策する技術であると定義し、その詳細を示す内容となっています。

「点検・調査・モニタリング」においては、先に述べた国内の流れを変えた点検精度の検証結果に基づき、効果的な点検、調査、モニタリング技術について概説しています。「劣化予測・診断」では、鋼構造物の代表的な変状である腐食と疲労き裂について、既往の知見を整理するとともに基本的な考え方を整理しています。「長寿命化技術」については、新たな考え方としてリスクマネジメント手法を導入、「回避」、「軽減」、「転嫁」、「受容」に分類し、コスト、改善効果、効果の持続性などを考慮した工法選定や具体的な事例も示しています。さらに、本講習会では、先に示した委員会成果を発展させた種々な具体的な事例について各方面の専門家から紹介していただき、現状の課題と将来に向けた展望についても示

す内容となっています。

社会基盤施設の急速な高齢化と安全性確保が喫緊の課題となっている現状において、既存の鋼構造物が保有している性能を定量的に評価し、その性能を向上させる多種多様な技術開発を行い、効率的・効果的な長寿命化対策が望ましい形で行われることを望むとともに、本委員会の成果が、鋼構造物に携わる技術者だけでなく、社会基盤施設に関係する多くの技術者に少しでも役立ち、本成果を活用いただければこの上ない喜びと思っております。

ここに示す本委員会の成果及び講習会のプログラムを参考にされ、多くの方々がご参加いただけるようお願い申し上げます。

※プログラム

【第1部】鋼構造物の長寿命化に関する調査、診断、劣化予測、長寿命化対策の基本

- ① 鋼構造物の点検・調査技術 中澤治郎 (パシフィックコンサルタンツ株)
- ② 道路橋の再点検と点検精度 玉田和也 (舞鶴工業高等専門学校)
- ③ 鋼構造物の診断技術 宮内秀敏 (中日本高速道路株)
- ④ 鋼構造物の劣化予測技術 全 邦釘 (愛媛大学)
- ⑤ 鋼構造物の対策技術 重松勝司 (神奈川県)

【第2部】構造物に関する種々な長寿命化技術の現状と課題

- ⑥ 3D計測技術を用いた橋梁調査 西村正三 (株計測リサーチコンサルタント)
- ⑦ ICT技術による点検のビジュアル化 小西拓洋 (東京都市大学)
- ⑧ 東京ゲートブリッジで行われているモニタリングと課題 鈴木 誠 (国土交通省)
- ⑨ 橋梁設計における長寿命化対策 鈴木泰之 ((一社)建設コンサルタンツ協会)
- ⑩ 本四連絡橋の長寿命化対策 森山 彰 (本州四国連絡高速道路株)
- ⑪ 阪神高速道路の長寿命化に向けて～大規模更新・修繕への挑戦～
田畑晶子 (阪神高速道路株)

次に、一般社団法人日本鋼構造協会 (JSSC) では、テクニカルレポート No.88 「鋼構造物における長寿命化・延命化技術の現状と課題」(2009年11月)において、建築と土木のそれぞれの鋼構造物を対象に、長寿命化・延命化技術の現状をレビューし、今後の展望をまとめている⁴⁾。この中で、「II) 土木WG編」では長寿命化の定義を行っており、『長寿命化技術とは、想定耐用年数を超えて更に延命化させるための補修技術、マネジメントの仕組みすべて(点検方法、体制、時期、判定、措置、期間、予算など)をさす。』としている。表2-4に報告書の目次を示す。

表2-4 「鋼構造物における長寿命化・延命化技術の現状と課題」目次

I) 建築 WG 編	II) 土木 WG 編
1. はじめに	1. はじめに
2. 長寿命化・延命化に関する 既往の研究の概説	2. 鋼構造物の寿命
3. 耐震診断および補強事例	3. 長寿命化技術の今
4. 腐食・防食に関する事例	4. 望まれる長寿命化技術
5. 鋼構造建物の長寿命化・延命化を 図るために今後必要なこと	5. 構造物モニタリングのニーズと要求性能
6. まとめ	6. モニタリング技術の現状調査
	7. 新しいセンサを用いたモニタリング事例
	8. おわりに

その他の代表的な機関の取り組みとして、国土交通省国土技術政策総合研究所では、国土交通省の関係機関と連携しながら、道路構造物の適切な維持管理、効率的な整備の技術的側面からの支援を行っており、技術基準の原案作成から現場で生じている課題の技術指導や相談などに対応している¹¹⁾。また、国立研究開発法人土木研究所における構造物メンテナンス研究センター（CAESAR）においても同様に、社会インフラの維持管理及び長寿命化に関する行政機関等からの情報集約や技術指導・支援を行っていると共に、供用中の構造物の維持管理（点検、診断、補修・補強等の措置）や耐震補強の技術など、標準化や基準化に向けた技術資料の提供を行っている¹²⁾。両機関が発行している各種報告書やレポートなどは、社会インフラの維持管理やマネジメントに携わる自治体職員など、多くの実務担当者及び研究者に利用されている。

さらに、一般財団法人土木研究センターの材料・構造研究部¹³⁾では、材料や構造の観点から、橋梁の防食等に関連する技術研究を推進しており、土木技術資料の発行を行うことで、土木に関する研究機関の最新情報、また国内外の土木に関する情報、災害速報、技術基準・指針等の情報を迅速に提供している。

2-5. 機関誌等における維持管理及びインフラ長寿命化に関する話題など

前節までに示した様に、老朽化したインフラに対する維持管理や長寿命化への取り組みは、行政や学協会、民間会社等で積極的に実施されている。これらの取り組みに加え、多くの有識者の論説や技術報告などを、各機関誌が大々的かつ定期的に特集している。以下は、主な機関誌の最近 3～5 年程度までの関連記事や特集を整理したものである。なお、ここではリストのみ示すこととし、内容の詳細については読者自身で参照されたい。

◆土木学会誌

- ・ 特集「地域インフラの担い手」土木学会誌，2012.12.
 - ・ 特集「インフラの状態評価と将来予測の最前線」土木学会誌，2013.11.
 - ・ 特集「アセットマネジメント導入から 10 年—どこまで進み、その成果と課題は何か？—」土木学会誌，2014.7.
- 他多数

◆橋梁と基礎

- ・ 特集「橋梁の長寿命化」橋梁と基礎，Vol.44，2010.8.
 - ・ 長井正嗣：次世代リニューアル対応橋梁への思い，橋梁と基礎，巻頭言，2013.2.
 - ・ 野上邦栄：鋼橋の長寿命化方策の動向に思う，橋梁と基礎，巻頭言，2013.9.
 - ・ 小特集「橋梁の劣化，補修更新の動向と課題」橋梁と基礎，Vol.44，2013.11.
- 他多数

◆道路（日本道路協会）

- ・ 巻頭インタビュー：アセットマネジメント研究の動向と課題，貝戸清之：道路，Vol.846，2011.9.
- ・ 特集「道路橋の維持管理：今後の展望」道路，Vol.846，2011.9.
- ・ 巻頭対談：注目集める道路橋の「長寿命化対策」，西川和廣・高木千太郎：道路，Vol.863，2013.2.
- ・ 特集「道路構造物の的確な維持管理・更新」道路，Vol.863，2013.2.
- ・ 特別対談：本格化する道路のメンテナンス時代を乗り切るために求められること，家田仁・徳山日出男：道路，Vol.880，2014.7.
- ・ 特集「老朽化対策の本格実施について [前編]」道路，Vol.880，2014.7.

- ・ 巻頭インタビュー：道路のメンテナンスサイクル構築のためのポイントを考える，三木千壽：道路，Vol.881，2014.8.
- ・ 特集「老朽化対策の本格実施について [後編]」道路，Vol.881，2014.8.
- ・ 巻頭インタビュー：定期点検義務化 1 年余，市町村の道路のメンテナンスはいま…，久田真：道路，Vol.896，2015.11.
- ・ 特集「市町村における道路の老朽化対策に係る取組について」道路，Vol.896，2015.11.
他多数

◆建設機械施工（一財・日本建設機械施工協会誌）

- ・ 特集「維持管理・延命化，リニューアル」建設機械施工，Vol.67，No.9，2015.9.
他多数

§ 3. 本研究部会における橋梁長寿命化の考え方と研究の対象範囲

ここでは、先に述べた国や地方自治体、高速道路会社、学協会などの橋梁の長寿命化に関する取り組み事例を踏まえ、まず、本研究部会としての橋梁長寿命化とその維持管理に関して、敢えて鋼橋に限定せず、広く基本的な考え方やコンセプトについて整理する。そして、本研究部会において対象とした鋼橋の長寿命化を実現させるための具体的な課題について述べる。

3-1. 長寿命化型の橋梁維持管理の考え方

橋梁の維持管理においては、現在、「対症療法型」から「予防保全型」の維持管理へ移行している段階である。

対症療法型維持管理とは、点検やパトロールによって構造物の状況把握は行うものの、大規模補修及び架替えなどで、事後対応していく方法である。この管理方法では、遠望目視のみの対応で点検を完了している箇所もあり、結果として詳細がチェックできずに、十分に状態把握が出来ない橋梁（部材・部位）もあった。要するに、足場をかけて点検するのは財政面から困難であり、長期的なライフサイクルコスト最小化を考えた計画的な対処まで至らなかった。

これに対して、予防保全型維持管理は、5年に1回の定期点検を前提とし、検査路ならびに橋梁点検車を用いて近接目視で行うことが原則である。過去の点検で蓄積されたデータに基づき、橋梁ごとの劣化特性を把握した上、将来の劣化や損傷の発生を予測し、適切な時期に必要な対策を講じる。ライフサイクルコスト最小化と予算の平準化も考慮できる。

予防保全型維持管理のコンセプトを取り入れているのは、地方自治体が策定している橋梁長寿命化修繕計画である。この計画策定においては、『点検によって現状の劣化状況を把握し、健全性を評価し、将来の劣化予測を行い、自治体が設定した管理水準を守るためには、いつどの様に対策すればよいか』を橋梁群として決めている。

本研究部会では、この「予防保全型維持管理」のコンセプトだけでは、個々の橋梁を長く使う（つまり長寿命化させる）ことが達成出来ないと考え、既設橋梁の寿命を延伸させる考え方について以下の様に整理した。

- ① 地方自治体の管理者が橋梁“群”の維持管理を考えたときのコンセプトは、「必要な機能や管理レベルを保ちつつ、ライフサイクルコストを最小にする」と定義できる。ただし、橋梁によって“必要な管理レベル”は異なり、長寿命化の対策も異なる。一般に橋梁は、“適切な”設計→施工→維持管理によって「想定されている耐用年数よりも長持ち」するものである。これを実現させることができれば「長寿命」となるが、例えば表 3-1 の様な要因がそれを阻害している。

表 3-1 橋梁の代表的な劣化損傷とその要因

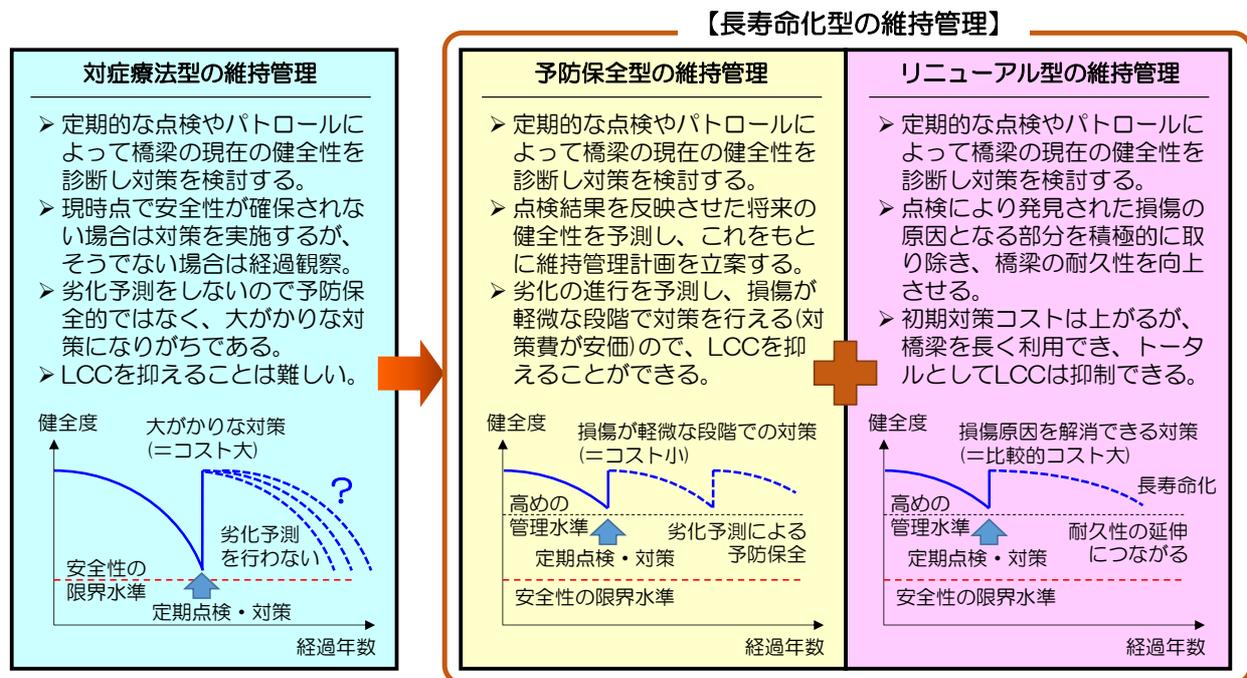
鋼橋やコンクリート橋に生じる劣化損傷	要因
腐食, 塩害, ASR	環境作用 (水, 空気, 塩分, ほこりなど)
疲労	荷重作用 (交通, 風, 地震など)
支承固着, 変形	基準不適格 (旧基準, 施工品質, 検査漏れなど)

- ② 各要因を取り除いて橋梁を「長寿命化」するためには、それぞれの要因に着目して、それに対応する対策を実施する必要がある。つまり、単に健全度を把握して劣化を予測し対策を行う“現在主流の予防保全型”だけではなく、劣化損傷を低減できる様に積極的に構造形式や保全方法を変更することも含めて検討する必要がある。この2つの側面を合わせれば「長寿命化型」の維持管理になる

と考えられる。

- ③ 『劣化損傷を低減できる様に積極的に構造形式や保全方法を変更することも含めて検討する』という考え方は、いわゆるリニューアルである。この考え方は長井¹⁴⁾において、桁端部のリニューアル処理を例として、『スパンの短い橋は、継目なし橋梁の設計を義務付ける。継目なし橋梁の開発を促し、採用する。橋長の長いケースでは、強靱な低騒音型の伸縮装置が開発事項となる。また、桁端部に伸縮装置を設ける場合、桁端部のみ、新素材の桁適用やコーティングも検討対象となる。桁端部のリニューアルは現在でも可能性が高い。』と述べられている。ただし、リニューアルは比較的成本がかかることから、地方自治体の管理する既設橋梁に対して適用可能かを検討することが必要となる。

以上を鑑み、本研究部会では「長寿命化型」の維持管理を、図 3-1 の様に“予防保全型”と“リニューアル型”を組合せたものであると定義し、地方自治体の管理されている既設橋梁（特に圧倒的に数の多い中小橋梁）に対して、“予防保全型”と“リニューアル型”のそれぞれの観点を取り入れた効果的かつ経済的な長寿命化手法（技術）を提案することを目標とする。



※LCC：ライフサイクルコスト(Life Cycle Cost)

図 3-1 既設橋梁の維持管理の考え方

3-2. 研究の対象範囲

本研究部会は、地方自治体で管理する既設橋梁を対象とした長寿命化技術について検討する。ただし、新設または更新橋梁へ生かされることも想定し、長寿命化技術を幅広く提案する。

有効な長寿命化手法（技術）を必要としている橋梁は地方自治体に多くあり、また、既設の長寿命化技術は一般的にコストが高いもの、または技術的に高度なものが多いため、地方自治体職員が使えるものとして提案されるべきである。地方自治体の既設橋梁を対象とする理由は以下の通りである。

- ① 橋梁ストックの問題：橋長 2m 以上の道路橋は全国で約 70 万橋。そのうち市区町村が管理するのは 70%近くもある。特に、中小橋梁が多い。
- ② 人的・財政的な問題：国や高速道路会社なども厳しい財政ではあると思うが、地方自治体の管理体制は、財源だけで無く、人的にも技術者不足である。
- ③ 職員の技術力の問題：市町村の橋梁管理担当職員には専門職以外の事務職員も含まれており、橋梁点検やその結果の評価、橋梁マネジメントなどを得意とする人材は少ないと考えられる。

一方、地方自治体の既設橋梁を維持管理する場合、「長寿命化型維持管理に対応できる橋梁」と「長寿命化に適さない橋梁」に分類して対応すべきである。特に、長寿命化に適さない橋梁は更新を行うべき橋梁となる場合が多いが、長寿命化の対策を打ち切って更新（橋梁の場合は架替え）を選択するための“本質的な”判断基準を定義することは非常に難しい。これに関する文献として、西川による「道路橋の長寿命化と更新の判断について」があり、長寿命化と延命は違うこと、延命ではなく更新の判断を下すことの難しさなどが述べられている¹⁵⁾。この様な現状を鑑み、本部会では「長寿命化に適さない橋梁」は対象としないこととした。

ただし、その中でも、最も判断し易い基準としては、『部分的なリニューアルを実施するよりも、更新した方が将来的なコストが安くなるかどうか』である。本研究部会では、この様な各手法（技術）レベルでの更新は、コスト面での評価を意識しながら提案することとし、橋梁全体の更新までは考えないこととする。具体的には、提案された部分的な長寿命化手法（技術）が、ライフサイクルコストの観点からの有用性の検討において適用不可となった場合でも、新設（更新）橋梁での適用が可能かもしれないが、その点は課題として整理するのみとし、実質的には「長寿命化型維持管理に対応できる橋梁」のみを取り扱うこととする。

本研究部会で対象とする「長寿命化型維持管理に対応できる橋梁」について、前節の予防保全型とリニューアル型の観点から具体的な長寿命化の対応例を整理したものが表 3-2 である。予防保全型とリニューアル型のどちらも、具体的な対応例を評価するためにはライフサイクルコストによる評価が必要であり、本研究の対象範囲としては、各対応（手法）による維持管理のシナリオをライフサイクルコスト評価し、地方自治体の長寿命化手法としての適用可能性を検討することを前提とする。

表 3-2 予防保全型とリニューアル型の観点による具体的な長寿命化の対応例

型	考え方	対応例
予防保全型	適切な点検と健全度評価に基づき、劣化予測を実施し、計画的に LCC 最小の予防保全で対応する。	一般的な塗替え塗装、健全度に基づく部材の補修、洗浄によるほこりや塩分除去、排水施設の清掃など
リニューアル型	積極的に構造形式や保全方法を変更し、劣化損傷の要因を取り除く対応を行う。この考え方による長寿命化についても LCC 評価を行い、コスト面で予防保全型との比較を行う。	塗替え塗装（下面増塗り）、桁内部の除湿・乾燥対策、桁端部改良（ジョイントや支承の改良、ノージョイント化、ゴム支承への取り替え、桁端補強、排水、漏水、滞水処理など）、橋面防水による床版の耐久性向上策の適用など

§ 4. 研究テーマ設定の背景と達成目標

本研究部会では、予防保全型とリニューアル型のそれぞれの考え方を取り入れた研究テーマとして、『防錆・防食手法による長寿命化手法（技術）の提案』と『水じまい対策による長寿命化手法（技術）の提案』を取り上げた。

財政・技術・人材の面において厳しい現状を抱えている地方自治体、特に市町村の各自治体では、有効な長寿命化手法（技術）によって効率的かつ効果的に橋梁を維持管理する要求が高い。そこには、コストが高く技術的に高度なものは適用しづらい現状がある。鋼橋の長寿命化について考えるとき、『ちょっと地味で、華やかさは無いかもしれないが、管理上で困った点を改善する、また費用節約に貢献できる、といった様な簡易技術を利用した維持管理』の検討が必要と考えた。

そこで、部会活動で取り上げた地方自治体の課題を「鋼部材の塗替えコスト縮減に繋がる長寿命化手法（技術）」と「劣化要因の一つである水に対する長寿命化手法（技術）」であり、どちらの研究テーマも地方自治体が管理する橋梁に対する長寿命化手法（技術）という観点を踏まえることで、実用性と有用性を意識して提案していることがポイントである。

以下に、各ワーキングのテーマ設定の背景と達成目標について述べる。

4-1. 防錆・防食手法による長寿命化検討ワーキング（WG1）

鋼橋において、腐食と疲労は2大損傷と言われる。このうち疲労は、交通荷重であればいわゆる大型車両の繰り返し荷重が原因であり、主に都市部の比較的重要性の高い橋梁（首都高速道路が例となる）で問題となるケースが多い。一方、腐食に関しては、全国各地で生じている損傷であり、特に被害が大きい橋梁は沖縄や山陰・北陸地域に多い。また、地方自治体の鋼橋は、これまで腐食が進行しているにもかかわらず、定期的な点検や対策（基本は塗替え塗装）を実施してこなかったため、腐食対策としての塗替え塗装のコストが、維持補修費の半分近くを占めるという自治体もある。

塗替え塗装のコストを如何に抑えられるかを解決する手法の一つとして、部分塗替えの適用がある。部分塗替えは、桁端部の様な防食機能の劣化や腐食の進行が比較的早い部分にだけ塗装し、桁の中間部の様に劣化速度が遅い箇所は、その塗替えサイクルを長くするというものである。この手法は地方自治体で試験的に取り入れられている段階であり、塗替え塗装のコストの縮減に貢献できる。

一方、5年に1回の橋梁点検が義務化されたことにより、原則、点検者は橋梁の近接目視のため鋼材面に接近する。しかし現状では、点検業務と補修業務は別発注であることから、点検者は、現場で塗装の浮きやはがれ、鋼材の腐食などを発見しても、実際には補修可能な場合もあるにもかかわらず、基本的には記録にとどめるだけで対策を施してはいない。

この問題点を回避するため、点検時の様に対象物へ近接する際に応急的に塗装を実施する手法をシステムティックに取り入れているのが、本四高速道路(株)や阪神高速道路(株)などであり、このシステムを地方自治体の橋梁でも実施することで、前述の部分塗装において該当しなかった桁の中間部などの耐久性延伸に繋がると考えられる。

そこで、本研究部会では、この様な『点検において桁中間部に軽微な劣化を見つけたら、放置せずに応急的な対処を実施し、次回点検の5年後までの部材耐久性を確保する手法（ただし、塗装用の足場は無く、点検用足場で下地処理が出来ない場合を想定）』を『点検時塗装』と定義した。そして、部分塗装と点検時塗装を併用することで、地方自治体の橋梁の塗替え費用を削減できると考えられることから、現場での適用性と手法（技術）としての信頼性を踏まえたシナリオの提案を行うこと、また、このシナリオの評価において、各手法（技術）の精度の高いライフサイクルコスト算出が必要であり、簡易なツールの開発も合わせて実施することを目標とした。

本ワーキングの達成目標を表 4-1 に示す。

表 4-1 防錆・防食手法による長寿命化検討ワーキングの達成目標

- ① 劣化の進行が早い桁端部を部分塗替え塗装で塗替え,劣化の進行が遅い桁中間部に5年に1回の点検時塗装を施すことで,橋梁全体の劣化の平準化で長寿命化を図る塗替え塗装手法の提案を行い,橋梁全体の塗装健全度の確保と塗替え時期の延長によるライフサイクルコストを検証する.
- ② 点検時塗装は仕様や規定がないことから,5年の点検間隔や点検と合わせて行える施工性を考慮し,部分的な腐食面に直接塗装する場合について検証して,点検時塗装の塗料と対応できる塗装面の検討を行う.

4-2. 水じまい対策による長寿命化検討ワーキング (WG2)

橋梁部材の劣化損傷には様々な要因が複雑に関係しあっているが,水の影響は,鋼部材・コンクリート部材のいずれの劣化損傷を評価する際にも不可欠な原因として挙げられる.

鋼部材に限っても,水の影響は腐食を生じさせるだけでなく,それによる部材の機能低下(例えば支承の固定化)を生じさせ,過度な変形やゆがみ,想定しない箇所への応力集中などに繋がる可能性もあり,橋梁全体の健全度の低下を招く原因となる.

通常,橋梁には適切な排水処理が施されているが,経年劣化や不適切な維持管理により,その機能が低下し,本来,水じまいが正しく行わなければならないところに,滞水やそれによる湿気が多い箇所ができたりして問題となっている.例えば,伸縮装置から漏水が起きている場合や,遊間が狭くて湿気が溜まっている場合などは,その結果の損傷として桁端部や支承に腐食が生じたり,橋台や杓座コンクリートが劣化したりする.2007年6月に発生した三重県の一般国道23号にかかる木曾川大橋(トラス橋)において,床版と斜材の間にできた隙間に雨水が浸透して部材が腐食し破断した事例は,水じまいの不適切さが原因とも考えられる.

これらに対する適切な水じまい対策は,これまでに多くの手法や工法が提案され,実用化されている.非排水型の伸縮装置への取り替えや,橋面舗装工事の際の床版防水の施工などが代表的なものである.しかしながら,地方自治体が管理する比較的中小の既設橋梁では,コスト面や橋梁構造の関係で,それらの全てが適用できる訳ではない.補修財源に苦慮している地方自治体にも適用でき,長寿命化修繕計画でも利用できる様な水じまい対策の提案が望まれている.

以上の様な経緯を踏まえて,鋼橋の中でも橋面排水や桁端部周辺の水じまい対策のシナリオとして,a)維持管理のし易さを考慮した橋面排水シナリオ,b)桁端遊間部の水じまい(完全非排水及び排水容認)シナリオを提案することとした.なお,この検討については既設橋梁を対象として実施するが,その結果は新設または更新橋梁へ生かされることも想定して考察する.

本ワーキングの達成目標を表 4-2 に示す.

表 4-2 水じまい対策による長寿命化検討ワーキングの達成目標

- ① 橋面排水シナリオでは,排水ますや排水管の劣化損傷と対策コストの検討,実際に排水ますが必要であるかを雨水の流量計算により判断し,排水ますを撤去した場合の代替案としての鋼製排水溝の適用性を評価する.
- ② 桁端遊間部の水じまいシナリオでは,桁遊間からの漏水を防ぐための伸縮装置止水材の維持管理に対して,延長床版構造を利用した完全非排水構造,ジョイント部からの排水を容認することによる桁端遊間部のディテール改良の2提案について,ライフサイクルコスト評価によって地方橋梁への適用可能かを示す.

第1章の参考文献

- 1) 国土交通省「道路の老朽化対策」Web ページ (2016.3.31 アクセス)
URL : <http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobohozen.html>
- 2) 岐阜大学工学部インフラマネジメント技術研究センターHP (2016.3.31 アクセス)
URL : <http://ciam.xsrv.jp/>
- 3) 長崎大学インフラ長寿命化センターHP (2016.3.31 アクセス)
URL : <http://ilem.jp/>
- 4) 日本鋼構造協会 (JSSC) : テクニカルレポート No.88 「鋼構造物における長寿命化・延命化技術の現状と課題」, 2009.11.
- 5) 土木学会 : 特集記事「アセットマネジメント導入から 10 年—どこまで進み, その成果と課題は何か?—」, 土木学会誌, 2014.7.
- 6) 例えば, NEXCO 東日本 HP「高速道路資産の長期保全及び更新のあり方に関する技術検討委員会資料」 (2016.3.31 アクセス)
URL : <http://www.e-nexco.co.jp/pressroom/committee/>
- 7) 首都高速道路株式会社 HP「首都高速道路構造物の大規模更新のあり方に関する調査研究委員会」 (2016.3.31 アクセス)
URL : <http://www.shutoko.co.jp/company/enterprise/road/largescale/>
- 8) 阪神高速道路株式会社 HP「阪神高速道路の長期維持管理及び更新に関する技術検討委員会」 (2016.3.31 アクセス)
URL : <http://www.hanshin-exp.co.jp/company/kigyuu/committee/>
- 9) 本州四国連絡高速道路株式会社 HP「本州四国連絡橋の保全技術」 (2016.3.31 アクセス)
URL : http://www.jb-honshi.co.jp/corp_index/technology/maintenance/
- 10) 土木学会鋼構造委員会 構造物の長寿命化技術に関する検討小委員会 HP (2016.3.31 アクセス)
URL : <http://committees.jsce.or.jp/steel11/>
- 11) 国土交通省国土技術政策総合研究所 HP (2016.3.31 アクセス)
URL : <http://www.nilim.go.jp/>
- 12) 国立研究開発法人土木研究所・構造物メンテナンス研究センターHP (2016.3.31 アクセス)
URL : <https://www.pwri.go.jp/caesar/index-j.html>
- 13) 一般財団法人土木研究センターHP (2016.3.31 アクセス)
URL : <http://www.pwrc.or.jp/>
- 14) 長井正嗣 : 次世代リニューアル対応橋梁への思い, 橋梁と基礎, 巻頭言, 2013.2.
- 15) 西川和廣 : 道路橋の長寿命化と更新の判断について, 橋梁と基礎, 小特集「橋梁の劣化, 補修・更新の動向と課題」, pp.40~43, 2013.11.