

未来に残す橋作り ～ 橋梁の長寿命化に向けた取り組み ～

内藤幸美¹・田邊千秋²・吉川昌宏²

¹中部地方整備局 道路部 道路保全企画官（〒460-8514 名古屋市中区三の丸2-5-1）

²中部地方整備局 道路部 道路工事課（同 上）

我が国の道路橋は、高齢化が進み落橋に至るような重大な損傷が如実化している。このため、今後建設する道路橋は、過去の保全の課題を反映し長寿命化に寄与していくことが安全・安心な社会の実現には必要不可欠である。このことから、中部地方整備局における橋梁点検の損傷状況の実態等から要因分析を行い、対策案として「橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き」をとりまとめ長寿命化を考慮した新設橋の設計を実施しているところである。

キーワード：長寿命化設計，予防保全，ライフサイクルコスト，アセットマネジメント，技術伝承

1. はじめに

中部地方整備局（以下、「中部地整」と称する。）で管理する道路橋は約3,800橋を有し20年後に建設後50年以上の橋梁数が図-1に示すよう約6割を超える。老齡橋の損傷は、写真-1に示すよう国道23号木曾川橋のトラス材が破断する重大損傷も発生しており、今後も増加することが懸念される。このことから、新設橋梁については、初期の建設コストのみに着目し設計するのではなく弱点部位の改善に加え供用後の点検や補修等を考慮し、ライフサイクルコストを縮減させることが重要であり、「橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き」をとりまとめ設計を進めるものとした。

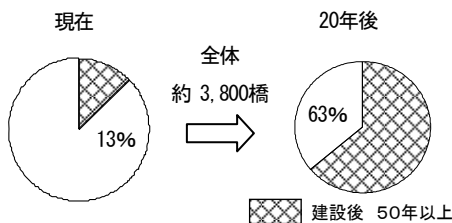


図-1 建設後50年経過する中部地方整備局の道路橋割合



写真-1 国道23号木曾川橋（1963年竣工）トラス材破断

2. 橋梁の長寿命化を実現する体制の確立

これまで道路橋に関する事業は、新設部署と管理部署の各々で実施してきたが、今後は、橋梁の長寿命化を実現するため「計画、設計から維持管理、補修まで」を一体として捉え保全の課題を新設設計にフィードバックしていくマネジメント体制が必要であり、道路部内に道路保全企画官を長に新設部署と管理部署の職員で構成した「長寿命化検討委員会」を平成23年度に設立した。

また、各事務所との連携を図るため副所長等を長とした「道路保全リーダー」を設け事務所の新設部署と管理部署が保全の課題を共有し、長寿命化検討委員会にて課題収集、意見交換等できる体制を図-2・3に示すよう整え「橋梁の長寿命化に向けた取り組み」を開始した。

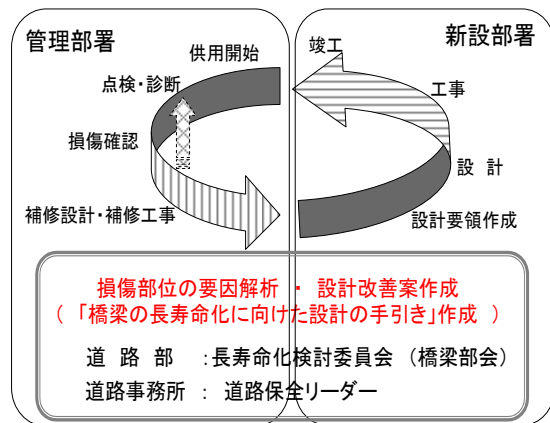


図-2 橋梁の長寿命化に向けた体制概念図

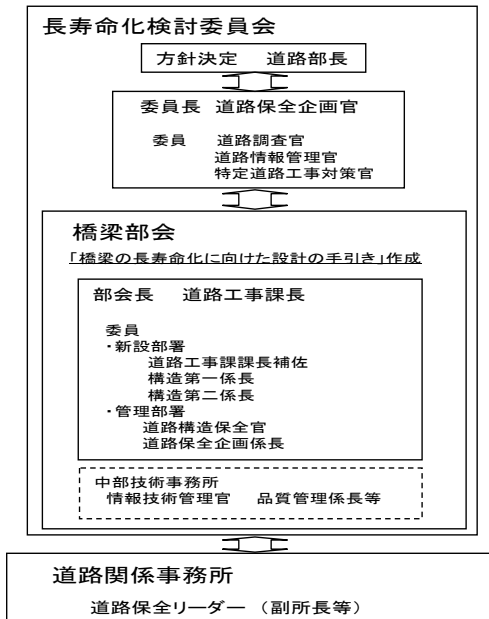


図-3 長寿命化検討委員会（橋梁部会）組織図

3. 「橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き」のとりまとめについて

「橋梁の長寿命化に向けた取り組み」では、既設橋の保全での課題として、橋梁点検の損傷要因を分析するに加え、新設部署と管理部署にまたがる職員との意見交換等を行い改善案として、「橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き」（以下、「設計の手引き」と称する。）をとりまとめた。

また、「設計の手引き」のとりまとめにあたっては、既設橋の弱点部位の改善だけでなく、平成24年に改訂された「橋、高架の道路等の技術基準」（道路橋示方書）の基本理念「維持管理の確実性及び容易性」をとり入れ、「点検活動や保守活動」並びに「供用期間中に補修等の更新が想定される部材の更新手段」に着目し対策の検討を行った。

なお、「設計の手引き」の位置付けは、図-4に示すとおり、中部地整道路設計要領について長寿命化に関する部分で不足する内容を補足するものとした。

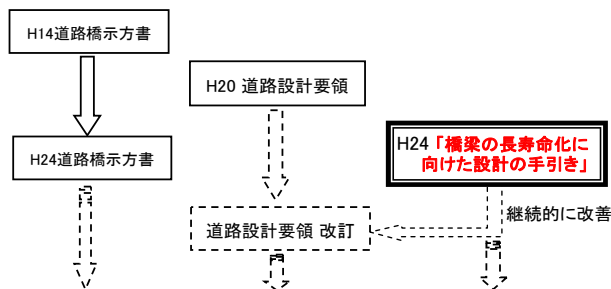


図-4 「設計の手引き」の位置づけ

4. 中部地整管内の既設橋の損傷分析について

損傷分析は、既設橋を5年サイクルで実施する定期点検の結果から、損傷状況の実態を把握し損傷要因について建設経過年数、損傷発生部材及び地域別等に分析を行った。また、管理での課題は、職員を対象に意見交換を行い課題抽出を行った。以下に概要について記述する。

(1) 建設経過年における損傷状況について

建設後の経過年における「速やかに補修が必要な橋梁」は、図-5に示すよう古い橋梁ほど増加傾向である。

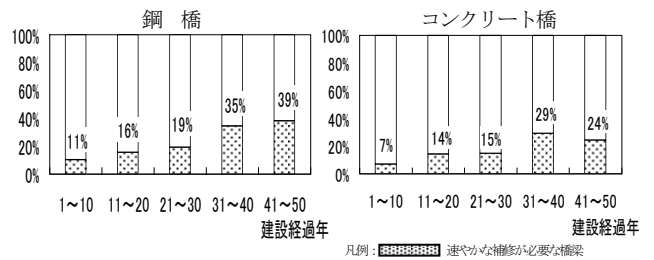


図-5 建設後の経過年における損傷状況

損傷要因として占める割合が多いのは、図-6に示すよう全ての建設年次で、鋼橋では、防水・排水不良や塗膜劣化等が要因で腐食等の損傷が発生し、コンクリート橋では、かぶり不足や防水・排水不良等が要因でうき・剥離・鉄筋露出等の損傷が発生している。

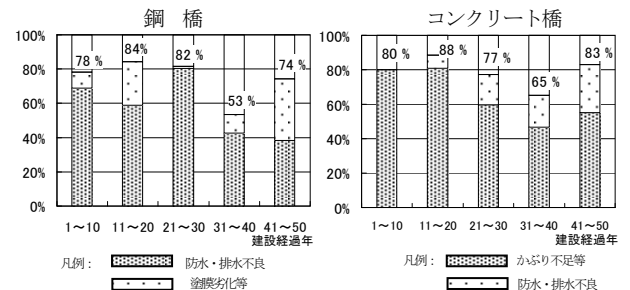


図-6 建設後の経過年における損傷要因

(2) 損傷発生部材について

a) 鋼橋

鋼橋の損傷部材は、図-7に示すよう主桁が全体の約5割を占め、次いで支承、床版の順に多い。

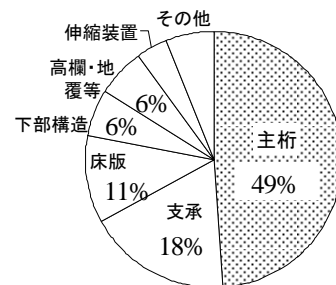


図-7 鋼橋の損傷部材

鋼橋主桁の損傷は、図-8に示すよう腐食・防食機能の損傷が約7割発生し、防水・排水不良等が要因で発生している。次に、亀裂損傷が疲労の要因で発生している。

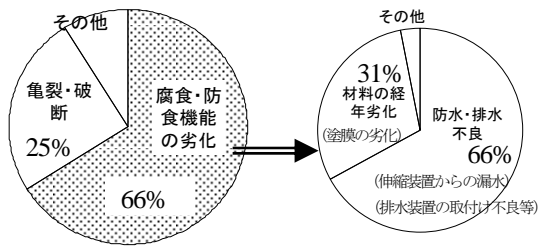


図-8 鋼橋の主桁損傷状況と損傷要因

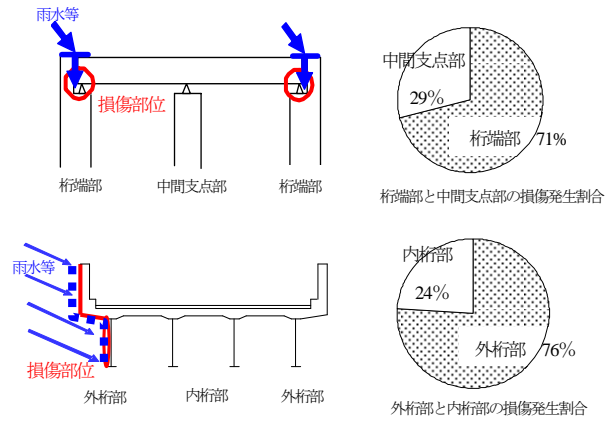


図-11 損傷が多く発生する部位および損傷発生割合

b) コンクリート橋

コンクリート橋の損傷部材は、図-9に示すよう主桁が全体の約6割を占め次いで下部構造、高欄等の順に多い。

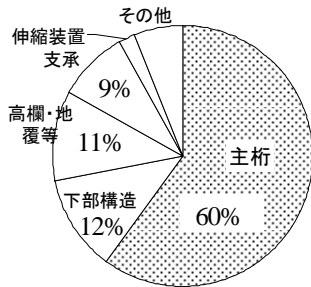


図-9 コンクリート橋の損傷部材

コンクリート橋の主桁の損傷は、図-10に示すよう、うき、剥離、鉄筋露出の損傷が約6割発生し、次にひびわれ、PC定着部の損傷が横締めケーブルの定着部で多く発生している。これらは、かぶり不足や防水・排水不良及び塩害等が要因で発生している。

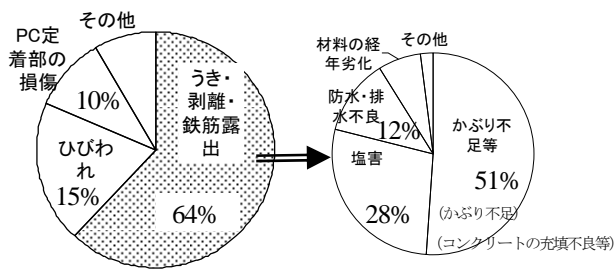


図-10 コンクリート橋の主桁の損傷状況と損傷要因



写真-2 鋼橋の桁端部の損傷状況



写真-3 コンクリート橋の桁端部、外桁部の損傷状況

(3) 地域特性に応じた損傷分析

地域に特化した損傷は、寒冷地を中心に凍結防止剤を含む漏水等により図-12に示すとおり塩害による損傷が鋼橋上部構造で約3割、コンクリート橋上部構造で約2割発生している。また下部構造の橋座面付近や地覆等にも塩害による損傷が散見される。

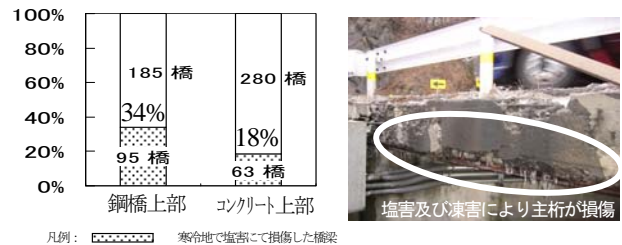


図-12 寒冷地で凍結防止剤により損傷した橋梁の割合

c) 損傷発生部位について

上記に示す損傷の発生部位は、鋼橋及びコンクリート橋とも、雨水等の影響で図-11に示すよう桁端部と外桁に多く、損傷状況は写真-2・3に示すとおりである。

また、寒冷地の鋼橋のうち耐候性鋼材を用いた橋梁は、凍結防止剤の影響や地山に接近し湿潤環境となるため図-13に示すとおり約5割に腐食による損傷が発生しており、寒冷地外に比べ約2倍以上の損傷が発生している。

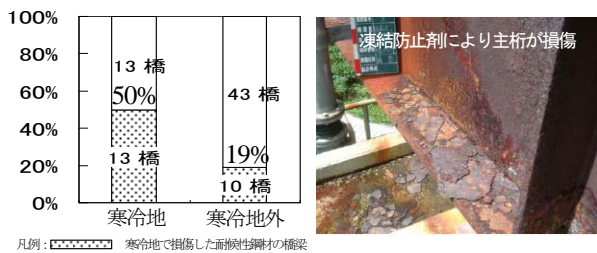


図-13 寒冷地での耐候性鋼材を用いた鋼橋の損傷割合

(4) 管理での課題の抽出

事務所職員と意見交換を実施し管理での課題を約60項目収集した。最も多かった意見は、損傷の頻度の高い支承付近を、平常時に確認及び清掃ができないことや地震時等緊急時に近接目視し早期に健全性を確認できないため図-14に示すよう「検査路の拡充」が求められた。

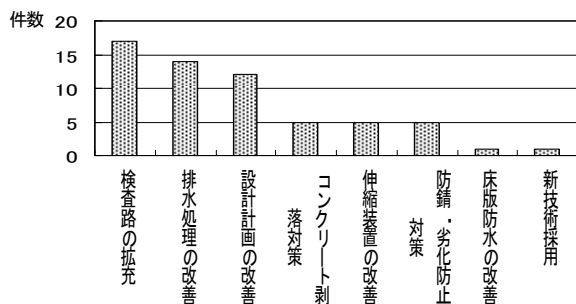


図-14 事務所と意見交換による管理の課題

5. 「設計の手引き」の要点について

既設橋における保全の課題は、橋梁点検の損傷解析から、構造計算等で決定されない構造細目部位の劣化損傷が明確となった。また、職員同士の意見交換から点検や補修時等に関する課題も明確となった。このため、新設橋梁の計画・設計で考慮すべき点は、下記に示す①～③を骨子に、「設計の手引き」のとりまとめを行った。

- ①地域や構造特性に応じた損傷及び劣化を生じさせやすい部位の改善
- ②点検が確実かつ容易にできる構造の採用
- ③弱点部位の補修・補強等の更新が確実かつ容易にできる構造の工夫

「設計の手引き」の構成は、設計計画、上部構造、下部構造、床版、付属物等の各セクション毎にとりまとめを行った。以下に 上述した3つの骨子に基づいた対策事例を記述する。

(1) 維持管理が軽減される橋梁計画、設計のあり方

橋梁の計画、設計は、供用後の点検方法・日常維持及び補修・補強等の維持管理の手段を考慮し維持管理が確実かつ容易に実施でき、補修・補強等の更新がしやすい

よう計画・設計の段階から配慮するものとする。代表的な事例を以下に列記する。

a) 維持管理からアプローチした橋梁形式の選定

橋梁形式の選定は、経済比較に加え供用後に維持管理で課題となる形式について留意する。例えば、少数主桁や合成桁は、床版補修時に全面通行止めの交通規制が懸念されるため補修時等の工法や迂回路、路線特性等を考慮して十分検討する。また、橋種選定時には、弱点部が少ない構造（たとえば支承がないラーメン構造等）も視野に入れて検討する。

b) 架橋位置の選定

架橋位置は、構造上の弱点を低減するため、できる限り交差物件と直交とするよう計画する。

c) 桁下空間を確保

桁下空間は、跨線橋等の点検・補修のための空間（最低1m程度）を設ける。

d) 橋梁に水が集まらない線形、排水計画

損傷要因が、水処理の不備で発生している事例が多いため、計画、設計段階では、橋面の適切な排水計画だけでなく、図-15に示すよう周辺地形から橋梁に水が集まらない線形や排水計画に配慮する。

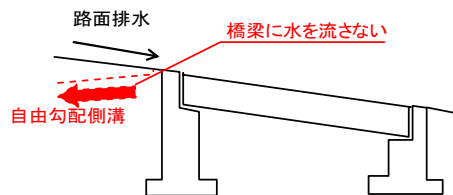


図-15 橋梁に水を集めない構造の対策事例

(2) 損傷及び劣化を生じさせやすい部位の改善

a) 桁端部の劣化防止対策（鋼橋の例）

鋼橋の桁端部は、伸縮装置の劣化等で漏水による鋼材等の腐食が生じやすい部位である。このため、予防保全として伸縮装置の止水効果が低下した場合を考慮し、図-16に示すとおり桁端部が劣化しにくい構造とする。

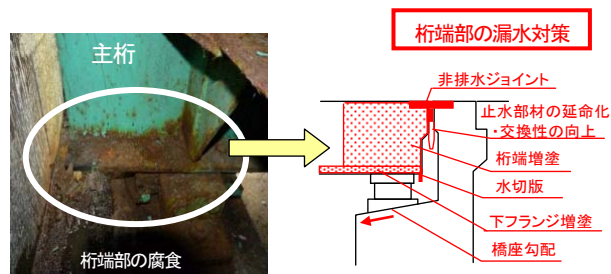


図-16 桁端部の劣化損傷防止の対策事例

b) PCケーブルの劣化防止対策（コンクリート橋の例）

横締めPC鋼材の定着部では、後打ちコンクリート部からの浸水等による剥落や、PC鋼材及び定着具の腐食を防止するため、予防保全として図-17に示すとおり後打ちコンクリートと本体構造の一体化を確実にし浸水

防止する。また、定着具からのかぶり厚も規定値を確保する。

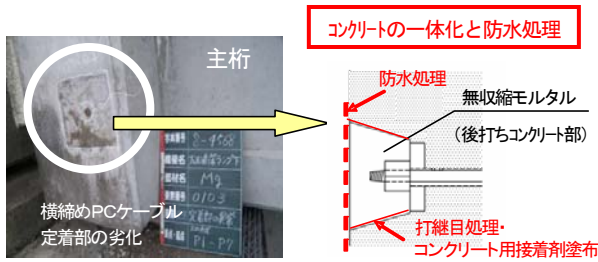


図-17 横締めPCケーブル劣化損傷防止の対策事例

c) 排水処理の徹底による劣化防止対策

排水処理が不徹底で橋梁主部材の劣化損傷が発生しているため、予防保全として図-18に示すとおり排水装置等の不備による損傷が発生しない対策を行うものとする。

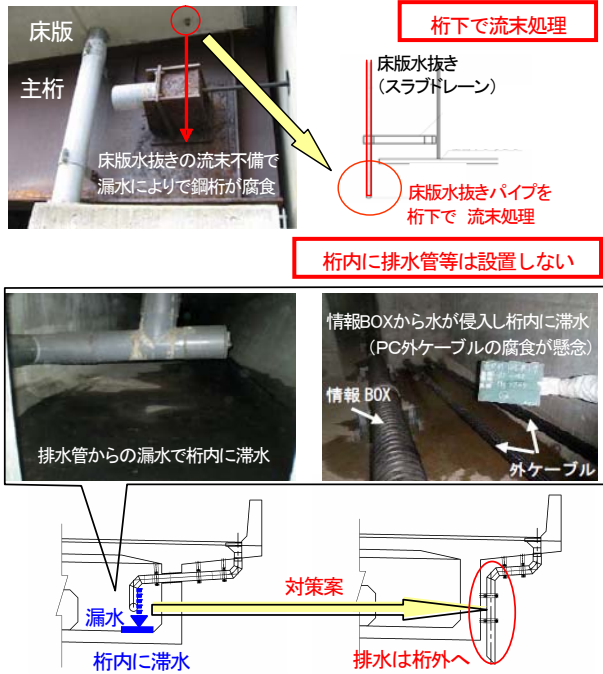


図-18 適切な排水処理の対策事例

d) コンクリート部材の劣化防止対策(寒冷地域等)

冬季に凍結防止剤を散布する地域では、橋座面等で微細なひびわれから浸水し塩害による損傷が発生しているため予防保全として図-19に示すとおり橋座面・壁高欄・コンクリート桁端部に表面保護(含浸材等)を施す。

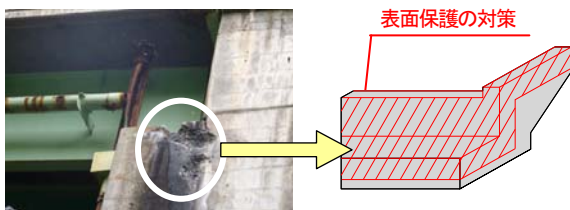


図-19 橋座面等のコンクリート劣化損傷防止の対策事例

e) コンクリート剥落防止対策(第三者への被害防止)

鉄道交差部等を跨ぐ橋梁は、点検や補修に厳しい時間的制約を受けるほか、コンクリート片が剥落した場合に第三者被害による社会的影響が大きい。このことから予防保全として図-20に示すとおり桁等にシート張り等を実施する。また、本対策により「第三者被害予防措置の点検簡略化」にもつながる。

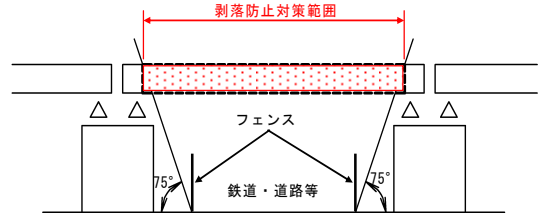


図-20 剥落防止対策を実施する区間の対策事例

(3) 点検が確実かつ容易にできる構造

供用期間中の橋梁は、健全性の状態を定期的かつ緊急時に確認することが必要である。このため、点検が実施できない部位構造を避けた上で確実かつ容易に点検・調査・補修ができる設計を経済的かつ合理的に実施する。

事例として桁端部は、損傷が発生しやすい箇所であり直接目視が可能なように図-21に示すよう桁端部に50cm程度の点検用の空間を確保する。

また、コンクリート橋は、点検や補修等で足場設置が可能なようインサート金具を新設時から桁等に設置する。

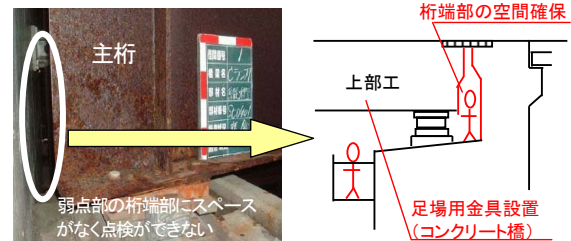


図-21 点検が確実かつ容易にできる構造の対策事例

検査路は、設計時から橋梁毎に平常時と緊急時の点検活動や保守活動を基に立案する。特に、地震等緊急時は、構造上弱点部(支承部等)を近接目視し確実かつ容易に点検し、橋梁の健全性を早急に確認し供用性の判断ができるよう計画し設置する。図-22に鋼橋(一般鉄桁)の事例を示す。

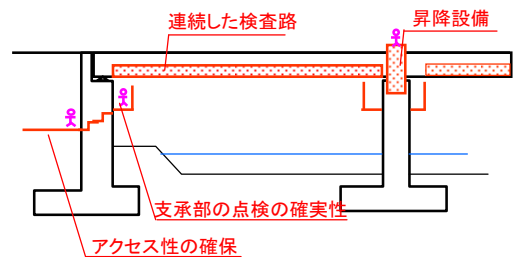


図-22 点検が確実かつ容易にできる検査路の設置事例

(4) 補修等の更新が確実かつ容易にできる構造

橋梁の供用中に補修等の更新が想定される部材については、新設設計時から更新計画を検討し、供用中の車両の安全性を第一に更新時の経済性に加え、交通規制等社会的影響も考慮し補修等が確実かつ容易にできる構造に配慮する。事例として主桁には、図-23に示すよう新設時から仮支持点の補強を行うほか支点反力を明記し、将来の支承取り替えや、地震等による支承損傷時に早期復旧が確実かつ容易にできる構造とする。

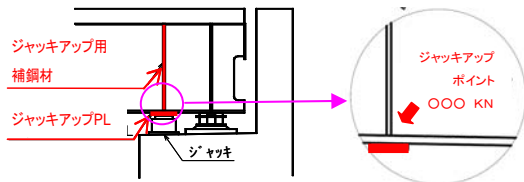


図-23 支承取り替えが確実かつ容易にできる構造の事例

6. インハウスエンジニアとしての人材育成

本取り組みでは「作る時代から管理の時代」に着眼した職員の意識改革も目的の1つであり、管理での課題の抽出や長寿命化対策案の検討時には、写真-4に示すとおり道路関係事務所の新設部署と管理部署の職員にて合同で意見交換等を行った。「設計の手引き」のとりまとめは、上記意見も踏まえ長寿命化検討委員会にて審議を行ったほか、国土技術政策総合研究所等にも意見をいただき作業を実施した。



写真-4 長寿命化対策案検討時の意見交換会

「設計の手引き」作成後は、記載内容の背景や長寿命化対策の趣旨を確実に現場従事の職員に伝え運用することが重要であるため、写真-5に示すよう全道路事務所に訪問し説明会を開催し意見交換を行った。

また、同時に本省、各地整、国土技術政策総合研究所、独立行政法人土木研究所及び各業界等への情報提供に加え、中部地整の全道路事務所に配備し閲覧を実施した。



写真-5 「設計の手引き」の説明及び意見交換会

7. 本取り組みの評価と今後の課題

本取り組みの効果としては、これまでの既設橋に発生している損傷が削減し、点検や補修等の更新が確実かつ容易に実施できるものと考えられる。また、同時にライフサイクルコストの低減も期待できる。

そのほか、本取り組みの過程をとおり、道路橋の保全からみた新設橋の設計について、職員の「技術の伝承」や「知の共有」による技術力向上も期待できる。

今後の課題は、橋梁点検の結果や管理での課題等に対し「設計の手引き」のフォローアップを継続的に行い更なる改訂を進めていく予定である。

また、長寿命化に向けた品質確保のため、設計に加え施工に関する事項も重要であり、今後とりまとめを実施していく予定である。

8. おわりに ～未来へ残す橋作りのために～

道路橋は、今後も我が国の経済活動を支える重要な資産であるとともに、災害時等に国民の安全、安心を守る暮らしの礎であると言っても過言ではない。

我々、中部地方整備局は、計画から設計、施工、管理まで一貫して社会資本を整備するノウハウを有した機関であり、今回の取り組みのように、保全の課題を計画へフィードバックすることがコスト縮減だけでなく、高品質で長寿命化に資する安全・安心な道路橋を整備していくために必要不可欠なプロセスであると実感した。

また、本取り組み内容の勉強会を自治体と共に実施する等、国の機関が地域の核となるよう技術支援を継続的に行っていくことが「地域の安全・安心」を守るうえで重要な役割を果たしていくものとする。

このため、今後も積極的に「橋梁の長寿命化に向けた取り組み」により「未来に残す橋作り」を進めていく所存である。