

市区町村の橋梁維持管理の効率化を目指した 点検業務の取組み事例

いれいたかゆき かがわしんいちろう
伊礼貴幸¹・香川紳一郎¹

¹国際航業（株）技術サービス本部社会インフラ部（〒183-0057 東京都府中市晴見町2-24-1）

我が国では、橋梁の老朽化に対する取組みが進められており、地方公共団体では10年以上前から「長寿命化修繕計画策定事業」が進められ、点検や対策事業が行われてきた。

本稿では、橋梁長寿命化修繕計画の見直しを控え実施された点検業務において、管理橋梁の約9割が鋼橋である自治体の特性に応じた課題を抽出し、解決策として狭隘部の点検の改良、腐食要因分析を経て全面塗替から部分塗替へ転換することを提案した事例について述べる。

Key Words：橋梁定期点検，橋梁長寿命化修繕計画，近接目視，再劣化，ファイバースコープカメラ

1. はじめに

(1) 背景

全国の橋梁約73万橋の7割が、予算・人員に限りのある市区町村で管理されている。それらについては、平成19年以降「橋梁長寿命化修繕計画」（以下「修繕計画」という）を策定し維持管理を進めてきた。また、平成26年からは「道路橋定期点検要領」に基づき近接目視点検と健全性診断が行われている。

(2) 橋梁維持管理の現状における問題点

橋梁維持管理は一步一步前進してきたが、効率的とは言えず、改善すべき問題点が4点見えてきた。

- a) 対策後の早期再劣化の発生
- b) 点検・計画・対策工事等の分業による非効率の発生
- c) 全部材近接目視による費用の高止まり
- d) 予算管理と工学管理のインターフェース技術（健全性定量化・劣化予測等）の未確立

a) 対策後の早期再劣化の発生

設計や工事の不具合や性能の限界など要因は様々であるが、対策後早期に損傷が発生することがある。

b) 点検・計画・対策等の分業による非効率の発生

点検・計画・対策等が分業化され、点検や対策時に得られた知見や問題が共有されない場合がある。

また、排水不具合への応急措置など軽作業で対応可能ならば、点検で近接する際に実施した方がより効率的である。

c) 全部材近接目視による費用の高止まり

全部材近接目視が義務化されたことで、健全性の把握精度は向上した。その反面、点検方法に自由度がなく、費用が高止まりしている。

d) 予算管理と工学管理のインターフェース技術の未確立

修繕計画において、中長期的な維持管理費用（ライフサイクルコスト）の縮減や平準化に主眼を置いた「予算管理」と、個々の橋梁を短期的にいかにかに修繕するか主眼を置いた「工学管理」を有機的に連携させるイ

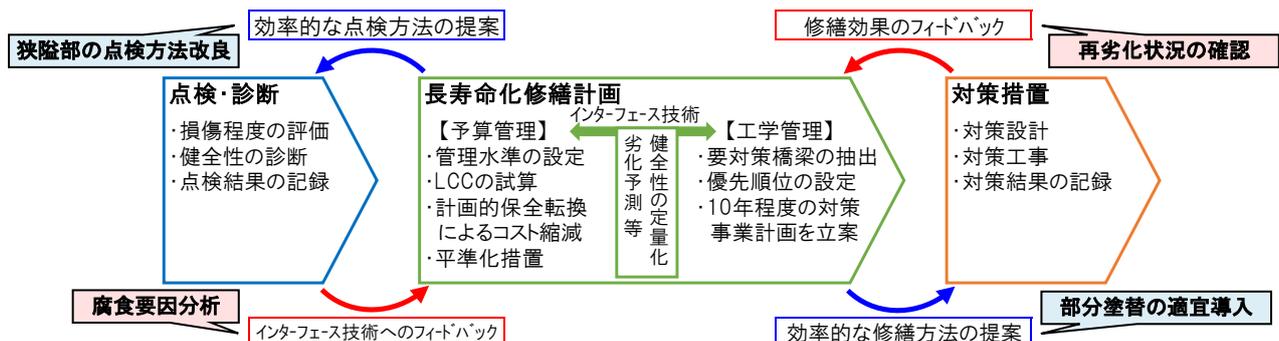


図-1 橋梁維持管理の流れ

ンターフェース技術（健全度の定量化技術，劣化予測技術等）が未確立である。

(3) 改善の着眼点

市区町村では予算の制約が強く，老朽化が進むインフラに対して今後大幅な投資が難しいことから，維持管理の効率化が不可欠である。そこで，前述した橋梁維持管理における問題点を解決すべく，点検や対策で得られた知見を修繕計画にフィードバックし，改善を図るべきと考えた。（図-1）

本稿では，点検業務の中で当該自治体の維持管理上の特性をとらえた上で，前述の問題点①，②に着目し維持管理の効率化のために取り組んだ事例を紹介する。

なお，図-1の吹き出しに示す事項は，修繕計画の見直しのために業務で実施した取り組みである。

「狭隘部の点検方法の改良」によって健全性の把握をより確実なものとし，「再劣化状況の確認」や「腐食要因分析」から「部分塗替の適宜導入」を提案することで，大幅な費用の低減を目指している。

2. 点検業務における維持管理上の課題

(1) 点検業務の概要と当該自治体の特性

当社では，約70橋を保有する自治体（以下「A市」という）において3年間に渡って定期点検業務を実施しており，今年度で最終年を迎える。点検に先立って当該自治体の特性を整理し，その特性に応じた維持管理上の課題を抽出した。また，点検結果を踏まえ，維持管理の効率化を目指した方策を提案した。以下に，A市の特性を示す。

- ・ 管理橋梁の約9割が塗装仕様の鋼橋である。
- ・ 橋長が約10m～50mで単径間の橋梁である。
- ・ 塩害環境でない地域に位置する。
- ・ 一般車両の交通量は多いが，大型車の交通は周辺の幹線道路に比べ少ない。

以上より，架橋位置の腐食環境が穏やかで疲労損傷の可能性も低いことが分かる。

一方，これまでの点検を通じ，対策後数年で再劣化している橋梁がいくつか確認された。（図-2）



図-2 塗替後の塗膜はがれ

(3) 当該自治体における維持管理上の課題

a) 狭隘部の点検

これまでの点検では，物理的に近接困難な狭隘部については，特に問題が発生していなければ点検を見送る場合が多かった。しかし，長期的な視点で橋

梁の維持管理をとらえた場合，見えない部位にこそ光を当てて状態を確実に把握し，将来，想定外の問題が顕在化する可能性をできるだけ取り除く必要がある。A市においては，堀込河川のコンクリート護岸背面に設置された橋台の桁端部周り，人道アーチ橋の主部材の箱断面内部などが狭隘部としてこれまで近接目視ができなかった。（図-3，図-4）

点検計画の際にこれら部位を抽出し，点検方法を工夫して状態把握に努めることを課題に挙げた。

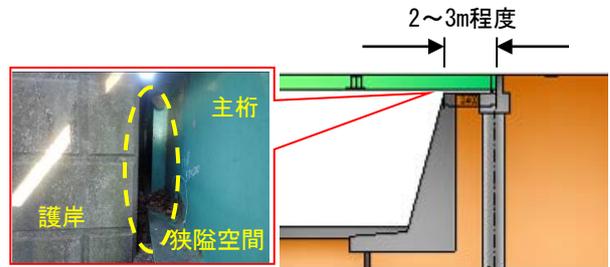


図-3 堀込河川護岸背面に設置された桁端部



図-4 人道アーチ橋上横構の箱断面

b) 鋼部材の塗替費用の低減

A市では鋼橋が9割であることから，維持管理費用の大半を占める塗替対策に着目し，先ず過去の対策事業履歴を調査した。

その結果，修繕計画策定以前から全面塗替を複数回実施しており，橋梁によっては3回目に至っていることが判明した。また，塗替間隔を分析した結果，建設時から1回目が平均20.8年，2回目までが平均16.8年，3回目までが平均12.3年と回を重ねるごとに短期化していく傾向にあった。

そのため，維持管理の効率化に大きく寄与する塗替費用の低減を課題に挙げた。

3. 橋梁点検の改良と修繕計画へのフィードバック

前述の課題の解決策として，狭隘部の状態を把握するために点検方法を改良した点を述べる。さらに，腐食状況を分析した結果，腐食は局部的であるということが判明したことから，修繕計画見直しのポイントとして，これまでの全面塗替から適宜部分塗替へ転換していく提案について述べる。これにより，対策工事の期間短縮や大幅なコスト低減を目指す。

(1) 狭隘部の点検の改良

狭隘部の点検手段として，ロボットアームやポールカメラなど様々な機器が開発提案されている。本業務では，狭小箱断面の内部を確認するために水抜き孔（直径約3cm）を利用することから，直径1cm程

度のCCDカメラを内蔵し、暗部でも視認可能なファイバースコープカメラを導入した。



図-5 ファイバースコープカメラ

a) 護岸背面の桁端部周りの点検

桁端部は、土砂溜まりや滞水、湿潤環境が長期化しやすい部位であることから、腐食が促進される環境である。堀込護岸背面の桁端部周りはこれまで目視できなかったため、ファイバースコープカメラを使用し状態を確認した。その結果、支承の取付ボルトの腐食、主桁ウェブ下端の溶接部に局所的な腐食孔が確認された。(図-6)

本橋は人道橋であり、腐食孔が小さいため深刻な状態には至っていない。しかし、このまま放置すればいずれ耐荷性能の低下につながることから、作業空間を確保するための構造改善策を検討中である。



図-6 桁端部の腐食

b) 狭小箱断面内部の点検

人道アーチ橋の上横構は、アーチリブとの連結部でハンドホールや水抜き孔があり、密閉状態になっていない。また、水抜き孔からは錆汁の跡が確認された。ファイバースコープカメラで確認したところ、添接部のボルトの腐食が確認された。(図-7)

腐食の原因は、箱断面内部に外気が浸入し、結露が発生したためと推定した。急激に腐食が進行する状況がなく、今後点検する際の着目点とし、耐用年数を迎えた段階で交換すべき部位として整理した。



図-7 狭小箱断面内部のボルト腐食

(2) 鋼部材の腐食要因分析

A市の管理橋梁で9割を占める鋼橋において、最も多い損傷は防食機能の劣化と腐食である。特に腐食については、板厚方向に進行し耐荷力に影響するため早期の対策が必要であり、A市ではこれまで全面塗替が実施されてきた。一方、A市は腐食環境が穏

やかな地域に位置することから、耐荷力に影響する腐食の発生は局部的で、鋼部材の損傷の大半は進行の遅い防食機能の劣化であろうと推定した。

腐食要因を分析した結果、推定通り腐食は局部的であったことから、これまでの全面塗替から適宜部分対策に転換することを今後の修繕計画見直しのポイントとして提示した。(表-1)

表-1 腐食要因別の対策(計画見直しのポイント)

| 局所的な腐食の要因・部位等 | ポイントとして挙げた対策 |
|------------------------|--------------------------|
| a) 水・土砂が溜まりやすい部位 | 排水施設の改善, 点検時の除去作業導入 |
| b) 素地調整や塗膜の品質確保が困難な部位 | エッジ部の局面仕上げ, 増塗り, ボルトキャップ |
| c) コンクリートや土への埋込(地際)部材 | マグネシウムシート等犠牲陽極材による防食 |
| d) 塗膜下腐食による局所的な腐食 | 錆が残しやすい素地調整3種から1種への転換 |
| e) 維持管理作業が困難な部位の部分的な腐食 | 構造改善による作業空間の確保 |
| f) 旧塗膜が原因の塗膜変状 | 旧塗膜を完全に除去する素地調整1種の採用 |

以下には、要因ごとの観察・分析結果と、対策等の改善提案を記す。

a) 要因1：水・土砂が溜まりやすい部位

桁端部や橋座面、漏水の元となる伸縮装置の直下の部材、排水管から飛沫が掛かる周辺部材、漏水により滞水しやすい箱桁内部等が該当する。(図-8)

漏水元の止水対策、排水施設の改善や清掃といった軽作業を定期点検の中で実施することを提案した。



図-8 箱桁内部の腐食, 桁端部の土砂溜まり

b) 要因2：素地調整及び塗膜の品質確保困難部位

凹凸のあるボルト継手部、塗膜厚の確保が困難な部材角部エッジ等である。(図-9)

エッジ部については局面仕上げ、ボルト部については増塗りやボルトキャップの使用を提案した。



図-9 エッジ部の腐食, ボルト部の腐食

c) 要因3：コンクリート・土への埋込(地際)部材

地際部の腐食は、地表から5mm~10mm程度下で最も腐食が進行し、直接視認ができない。横断歩道橋橋脚基部や高欄支柱基部が該当する。(図-10)

コンクリートと鋼の境界部で発生するマクロセル腐食に対して、マグネシウムシート等の犠牲陽極材

を用いた防食方法を提案した。



図-10 鋼製橋脚地際部の腐食

d) 要因4：塗膜下腐食に起因した局所的な腐食

塗膜下腐食は、不十分な素地調整により、塗膜下に腐食生成物が残ることが原因であり、品質に限界のある素地調整3種で発生し易い。(図-11)

対策として、品質の高い素地調整1種を適用することが望ましい。ただし、騒音や粉塵など周辺環境への影響、塗替単価が高くなることから、損傷状況や範囲を踏まえ費用対効果を考慮した素地調整種別の選定が必要である。



図-11 主桁の塗膜下腐食

e) 要因5：維持管理作業が困難な部位の腐食

近接目視できない狭隘部をはじめ、作業空間が確保できず、必要な素地調整や塗替対策が物理的に困難な部位が存在する。例えば、床版に近接した横桁上フランジが該当する。(図-12)

A市は腐食環境が穏やかな地域に位置するため、桁端部のような損傷が進行し易い部位では構造改善を進め、それ以外の部位では経過観察を提案した。



図-12 維持管理困難部位の例

f) 要因6：旧塗膜に起因する塗膜変状

素地調整3種によって残された旧塗膜は、対策前の長期間の環境因子作用により脆化・劣化が生じる。また、複数回の塗り重ねに伴い、塗料が硬化する際の収縮応力が塗膜内部に蓄積・増大するため、最終的に塗膜の割れや剥がれが顕在化する。(図-13)

「要因4」と同様に周辺環境や費用対効果を考慮し素地調整種別を選定する必要がある。



図-13 旧塗膜に起因する塗膜の剥がれ

(3) 部分塗替導入によるコスト低減効果

これまでの全面塗替から部分塗装に転換した際のコスト低減効果を確認するため、A市のある代表的な橋梁(橋長18.5m, 幅11.4m)で、全面塗替と部分塗替の費用を試算し比較した。

部分塗替に転換した場合、5割～6割のコスト低減が可能であることが分かった。(表-2)

この試算結果は、部分塗替の範囲が全面積の1/3程度と仮定して算出したものであり、管理する全ての鋼橋に適用できる訳ではないものの、コスト低減効果は大きいと言える。さらに、長期的なスパンで見た場合、全面塗替を行う機会をいずれ迎えることになるが、従来よりも全面塗替の間隔を延ばすことにつながれば、コスト低減効果はより大きくなる。A市は腐食環境が穏やかであることから、実現の可能性は高いと考える。

表-2 全面塗替と部分塗替の費用比較例

| | 全面塗替 | 部分塗替 |
|-------|-------------------|-------------------|
| 塗替面積 | 690m ² | 230m ² |
| 塗替費用 | 6,300千円 | 2,100千円 |
| 足場費用 | 850千円 | 850千円 |
| 直接工事費 | 7,150千円 | 2,950千円 |
| 工事費 | 18,500千円 | 8,000千円 |
| 低減率 | 5割～6割のコスト低減 | |

4. おわりに

従来、点検や計画策定、対策事業は分業されていることから、互いの連携を意識せずに業務を進めることが多かった。しかし、これらの業務が有機的に連携すれば、維持管理事業の改善が円滑に進み、事業の継続に役立つものと考えられる。

本稿では、A市の維持管理に関する特性をとらえ、以下の改善策を示した。

- 目視が困難な狭隘部にファイバースコープカメラを導入し、健全性把握の精度向上を図った。
- 修繕計画見直しのポイントとして、腐食要因分析結果を踏まえ、適宜部分対策を導入することでコストが大幅に低減できることを提示した。

本稿で紹介した事例は、A市の特性に応じて検討した結果である。一方、沿岸部や山間部、管理橋梁の形式や交差条件など、道路管理者によって抱える事情は異なる。建設コンサルタントは道路管理者の代行者として、市民や道路利用者等の公益のために、様々な条件に応じた適切な提案をし続ける必要があるため、今後もその姿勢を貫いていきたい。

謝辞：本原稿の執筆にあたり、ご指導、ご協力を賜りました皆様に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局：道路橋定期点検要領，平成26年6月
- 2) 土木学会鋼構造委員会：鋼構造物の防食性能の回復に関する調査研究小委員会報告書，平成30年3月

