

既設道路橋の現状と求められる技術開発

玉越隆史・加藤 豊

1. はじめに

日本には約72万の道路橋(2m以上)が存在している。その2割強を占める橋長15m以上の橋のうち建設後40年以上のものが約32%に達するなど、現在急速に高齢化が進んでいる¹⁾(図-1)。

本稿では、定期点検結果の分析などから、既設道路橋にどのような不具合が生じているかを示すとともに、それらを踏まえて今道路橋の維持管理で求められている耐久性の信頼性向上のための技術について開発の方向性を整理する。

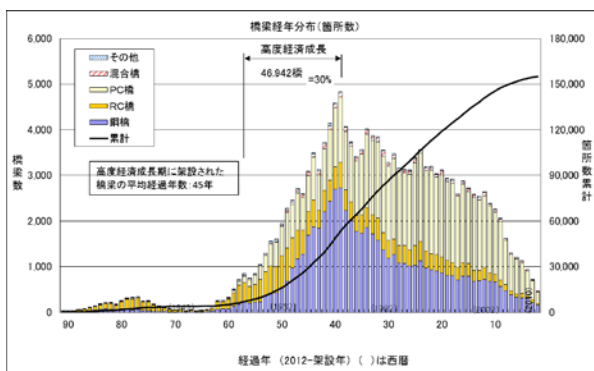


図-1 橋梁数の経年変化 (橋長15m以上)

2. 耐久性の視点でみた既存資産の特徴

我が国では、平成14年の道路橋示方書の改訂まで、道路橋では一部を除いて定量的な耐久性能の照査基準は取り入れられておらず、主たる劣化事象である鋼部材の疲労やコンクリートの塩害を含めて耐久性は主に部材寸法や構造細目などに従う経験に基づく仕様で確保することが行われてきた。その結果、既設橋の劣化が環境条件や経年数などどのような関係を有しているのかについては不明な点が多い²⁾。平成14年以降は道路橋示方書が性能規定型の設計基準となり、新たに整備される道路橋では、適用基準が同じでも耐久性にかかる設計内容は橋毎に異なる可能性がある。そのため耐久性の目標を具体的に要求として定め、それが達成されることをできるだけ定量的に照査さ

れるようにする規定や技術の導入が望まれるところである。しかし耐久性に関しては様々に規定の改定や拡充が行われてきているものの、規定の多くは定性的な手法であり、期待できる耐久性やその信頼性を定量的に示せるものとはなっていない。

他方、国管理の道路橋は平成16年より5年毎に全部材近接目視の点検を行っており³⁾、平成26年からは国土交通省令(「道路の維持・修繕に関する技術基準」)に従い全道路橋で5年毎の近接目視点検が開始された⁴⁾。

国では点検結果を分析し、既設道路橋の劣化の特徴の解明を進めている。例えば図-2は、国管理の道路橋の主桁の塗装劣化実績から求めた状態遷移確率分布である。橋の中の部位によっても劣化傾向は大きく異なり、部位毎にも劣化には大きな不確実性があることを示す結果が得られている。

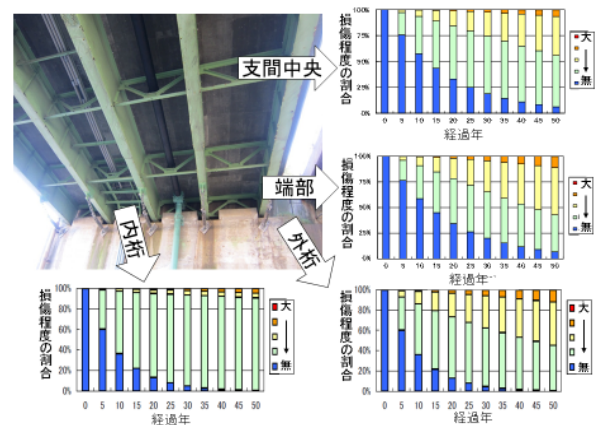


図-2 定期点検結果から得られる状態遷移確率の例

他の損傷種類についても、橋梁形式や架橋環境などの条件によらず劣化過程に大きなばらつきのある結果が得られており、道路橋の維持管理にあたっては劣化の様態に大きな不確実性があることを踏まえる必要があることは間違いない。

一方、平成26年度に定期点検を実施した国管理の道路橋5,844橋の健全性の診断結果では、何らかの措置を講ずべき状態とされた橋が約13%を占め、その比率は建設後経過年数が長くなるほど大きくなっている⁵⁾(図-3)。これらの結果から

は、現状のままでは既設橋は経年とともに大きなばらつきをもって全体としては確実に状態が悪化していくと考えられる。そのため膨大な道路橋資産を適切に維持し続けられるかどうかは、既設橋に対しては如何にして状態悪化を抑制するのか、また今後の建設や既設橋の補修補強にあたって不確実性も考慮して如何に劣化しにくいものとしていくのが重要な鍵を握っているといえる。

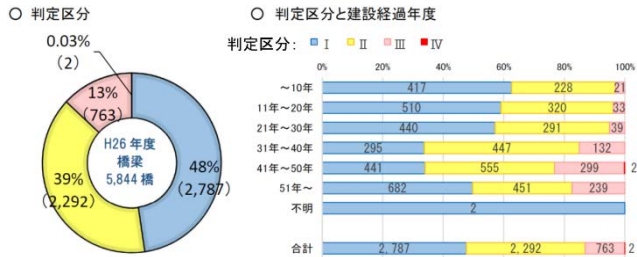


図-3 道路橋の健全性判定区分、建設経過年数⁵⁾

3. 耐久性の信頼性向上への対応

以上より、既設橋の維持管理上の課題は、不可避な不確実性を織り込んだうえで、劣化や損傷が生じにくくできる対策などの耐久性の信頼性の向上策の確立と捉えることができる。

国では定期点検データの統計的な分析以外に、既往の不具合事象や損傷事例について点検カルテの詳細な調査や適用された設計や施工に関する技術基準類との関わりの分析も関係機関と共同で進めている。本稿では調査から浮かび上がってきた耐久性の信頼性向上に必要な課題の一部を紹介するとともに、その解決の為に必要と考えられる技術開発の方向性について示すことを試みる。

4. 耐久性の信頼性向上策

4.1 劣化への対応性

様々な作用を受け続ける道路橋ではばらつきはあっても経年に従って劣化を生じることが避けられないのであれば、不可避な劣化への対応性を確保することが、目標とした耐久性が発揮できることの確実性を左右することとなる。

4.1.1 点検性の向上

写真-1は狭隘な空間が形成されており近接目視などの点検が困難と考えられる例である。いずれも供用期間中に全ての部材の状態を目視等で定期的に確認することを考えた場合には問題の多い構造といえる。予定した定期点検の際には特殊な検

査機器などを使用して何らかの確認は行える可能性もあるが、維持管理では突発的な災害や不測の事故や不具合の発生も生じないとはいえず、そのような場合を考えると、単に点検が可能であるというだけでなく、条件によらず容易に点検が行えることは耐久性を確実なものとするためには重要な性能と考えることができる。また、狭隘部が全くない橋梁構造は現在のところ実現できておらず、添架物の配置等で配慮しようとしても空間設計における寸法の限界値など設計手法も確立していない。その確立は急務と言える。



(a) 端横桁背面の例 (b) 添架物が支障となる例
写真-1 近接目視が困難な例

4.1.2 維持管理性の確保

写真-2は橋座面と主桁の空間が少なく支承の補修など困難と考えられる例である。



(a) PC橋の例 (b) 鋼橋の例
写真-2 作業空間確保が困難な例

いずれの例も供用期間中に支承の補修や桁の補修補強が必要となった場合には施工に困難が予想される点は課題として指摘できる。道路橋では予定する補修や補強のための仮設用治具や台座などの備えを予め用意しておくことはもちろん有効である。しかし不測の事故や災害の発生も生じないとはいえず、単に補修補強などが可能であるというだけではなく、条件によらず確実かつ容易にそれらが実施できるようにしておくことも供用安全性、耐久性を確実なものとするためには重要と考えられる。供用期間中に補修や交換が必要となる可能性のある部材が全くない橋梁は現在まで実現しておらず、内容によらず補修や補強を想定してできるだけそれらが確実に行える空間設計を行うための手法の確立などもまた急務といえる。

4.2 (不測の)劣化リスクの抑制

設計では、想定できる劣化現象に対して可能な限り対策を行うことが望まれる。しかし劣化要因や程度を設計段階で完全に把握することには無理がある。そのため不測の見込み違いが避けられないこと前提に、それに起因するリスクの軽減が期待できる対策を行うこともまた、耐久性を確実なものとするためには意味のあることと考えられる。

4.2.1 耐久性阻害可能性のある要因の排除

写真-3は狭隘な空間と部材の配置から、結露の発生や雨水の固定個所からの流下や滞留、日常的な高湿度環境の発生が疑われる例である。写真-4は部材の内部や一部に滞水が生じている例である。



(a) 桁端部の腐食の例 (b) 伝い水の影響の例
写真-3 耐久性阻害要因防止が求められる例



(a) 箱桁内滞水・腐食の例 (b) 橋座面の耐水の例
写真-4 耐久性阻害要因排除が求められる例

いずれも、防食機能の劣化や腐食を左右する環境条件が設計で想定する平均的な条件と大きく乖離しており、耐久性確保の上で問題のある事例といえる。架橋後の降雨やその排水、通年の温湿度条件などは予測不可能ではない。またそれらが防食に及ぼす影響や腐食現象そのものも未解明ということではない。しかし、複雑で大規模な道路橋の構造設計においては、部材等の耐久性を阻害する可能性がある要因は多岐にわたり、原理的にはそれらを全て予見可能であったとしても現実的にはそれらを漏れなく考慮し、万全の対策を講じることは困難な場合も多いと考えられる。

そのため、耐久性を阻害する可能性のある事象に対して設計段階でできるだけ漏れなく考慮されるような設計手法を確立することに加えて、それらを反映した対策が必ずしも適切でなかった場合にも、その影響をできるだけ小さくできるような

対策も行われていることが望まれる。

例えば、雨排水経路の設定や構造に万全を期すだけでなく、万一の漏水や滞水が生じても十分な排水勾配によって滞留を防止したり、通気性に優れた空間設計によって湿潤環境が継続しにくくするなど有効な手段と考えられる。しかし経済的合理性と両立して有効かつ適切なリスク低減策としての構造細目や空間設計などの設計手法は確立しておらず、これらの確立もまた急務といえる。

4.2.2 構造的冗長性の確保

写真-5は、鋼トラス橋の斜材がコンクリート部材に埋め込まれた内部で破断した例。写真-6は吊形式橋梁の吊材の1本が腐食により破断した事例である。

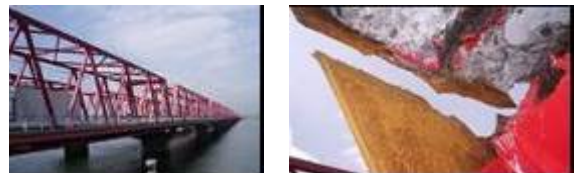


写真-5 コンクリート内部で破断した鋼製斜材の例



写真-6 腐食で破断した吊材の例

いずれも、一定期間供用した後生じた事故であり部材が健全でさえあれば耐荷力に問題があるわけではない。しかし長い供用期間には点検が困難な部位で劣化が進行したり、設計で具体的には想定しない不測の外力によって一部の部材が深刻なダメージを受けることも可能性としては考えられる。橋の重要度や想定される第三者被害や社会的影響などの条件によっては、全橋崩壊などの致命的な事態だけは回避できるようにすることが合理的で、目標とした期間の供用をより確実なものとするために必要な対策とみなせる場合もあると考えられる。

一方、全ての部材や橋でこのような対策を行うことは経済的合理性の観点からは困難であり、対策の必要性の判断基準や実施する場合の設計手法の確立は課題に挙げることができる。

4.2.3 予防保全可能性の担保

写真-7は、橋の性能に重要な部位で顕著な変状が疑われる例である。

支承部レヤーの破壊は支承機能に深刻な影響を及ぼす恐れが高いが、外観される変状からは内部の異常の程度や耐荷力性能への影響は容易に判断できない。ケーブル定着部からの漏水はケーブルに深刻な腐食が生じている可能性も疑わせるがやはり外観変状から内部の状況を正確に知ることはほぼ不可能である。そのため点検では深刻さが認識されないまま突然の事故を生じたり、機能回復が困難な状態に至らしめ、目標とした供用期間を全うできなくなる可能性もある。



(a) 支承部レヤーの変状 (b) ケーブル定着部の変状
写真-7 内部の状態が認識しづらい例

すなわち、耐久性にかかわる様々な異常が予防保全可能な段階で確実に検出できる構造となっているかどうかは耐久性の信頼性確保のためには不可欠な視点であり、これを実現する材料や構造、それらの組み合わせなどの知見の確立も求められている。

4.3 耐久性の信頼性向上策の体系化

以上のように、既設道路橋の劣化や現在の設計・施工の実態を踏まえると、具体の想定が困難な事象も考慮した耐久性の信頼性向上策の確立が合理的で持続性のある道路橋資産の管理の実現の鍵である。国総研では（一社）建設コンサルタント協会、（一社）日本橋梁建設協会、（一社）プレストレスト・コンクリート建設業協会とも共同で耐久性の信頼性向上策の全貌を俯瞰した対策の手引き書のとりまとめを試みており、本稿ではその目次（案）にそって現状と課題を紹介した。

1. 総論
1.1 背景と目的
1.2 適用範囲
1.3 道路設計のフロー
1.4 用語の定義
2. 耐久性の信頼性向上①（劣化への対応性）
2.1 点検性
2.1.1 点検がしやすい
2.1.2 状態が確実に把握できる
2.2 維持管理性（補修・補強・更新）
3. 耐久性の信頼性向上②（不測の）劣化リスクの抑制

3.1 耐久性阻害要因が少ない
3.1.1 鋼部材の対策
3.1.2 コンクリート部材の対策
3.1.3 下部構造の対策
3.1.4 付属物の対策
3.2 耐荷性に影響を及ぼす可能性が少ない
3.2.1 リダンダンシー(構造的冗長性)の確保
3.3 予防保全が可能
3.3.1 深刻化するまえに変状が認識できる
3.3.2 部分的補修ができる

図-4 手引きの目次（案）

多くの項目は、方向性は整理できても具体の解決策は確立しておらず、重要性の高いものから、国が示すことで効果が期待できる推奨できる標準仕様や照査手法をとりまとめるなど関係機関が連携して取り組んでいく必要があると考えている。

このとき、従来の道路橋になじみの薄い異分野の技術や新技術も適正に評価したうえで柔軟かつ大胆に取り入れることも早期の課題解決には必要と考えられる。

5. まとめ

本稿では、既設橋梁の現状とそれを踏まえた、耐久性向上のために求められる取り組みについて紹介した。課題認識と解決の方向性を共有することで開発の促進につながることを期待したい。

参考文献

- 1) 平成24年度道路構造物に関する基本データ集、国土技術政策総合研究所資料第776号、2014
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryounn/tnn/tnn0776.htm>
- 2) 玉越、横井、石尾、鎌田：劣化予測の観点からみた我が国の道路橋の規格・基準類の変遷、土木学会論文集D3、Vol.71、No.3、2015
- 3) 橋梁定期点検要領（案）、国道防災課、2004
- 4) 道路橋定期点検要領、国土交通省道路局、2014
- 5) 道路メンテナンス年報、国土交通省道路局、2015

玉越隆史



研究当時 国土交通省
国土技術政策総合研究所
道路構造物研究部橋梁研究
研究室長、現 土木研究所
構造物メンテナンス研究
センター橋梁構造研究グ
ループ 上席研究員
Takashi TAMAKOSHI

加藤 豊



国土交通省国土技術政策
総合研究所道路研究部道
路構造物研究部 橋梁研
究室 主任研究官
Yutaka KATO