

道路橋の耐久性向上と維持管理体制の適正化に向けた 近年の取組みと展望 —道路橋示方書と定期点検要領を中心に—

玉越隆史*

1. はじめに

現在、我が国では、約70万橋に達する道路橋資産を保有しているが、橋長15m以上の橋梁（約16万橋）では（図-1）、建設後40年以上のものが約32%、建設後30年以上のものが約57%と急速に高齢化が進んでいる。深刻な損傷や劣化が生じた事例も増えつつあり、例えば鋼橋では、トラス橋の斜材の破断や主桁の亀裂によって通行止めを余儀なくされる例や、コンクリート橋では、鉄筋やプレストレス緊張材の破断、深刻なひびわれの発生により架け替えに至る例も生じている²⁾。

厳しい財政状況の下、膨大な道路資産を将来にわたり良好に維持できる方策の確立は喫緊の課題となっている。本稿では、道路橋の分野における耐久性向上と維持管理体制の適正化に向けた近年の取組みと今後の展望について紹介する。

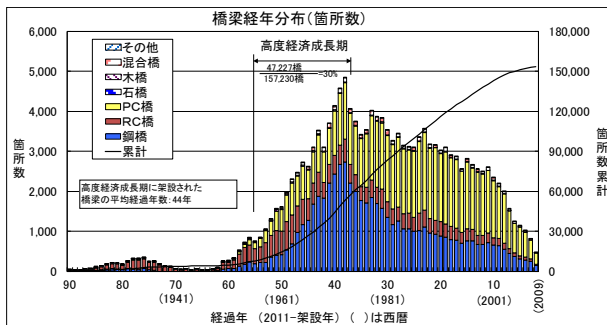


図-1 橋梁数の経年変化（橋長15m以上のもの）

2. 道路橋の耐久性向上に向けた取組み

道路橋の標準的な技術基準として利用される道路橋示方書は、車両大型化や耐震性能の向上、新技術の導入など技術の進展や社会ニーズの変化に対応して適時改定されている。一方、耐久性に限ると、過去より疲労損傷が顕在化していた床版の設計荷重や構造の見直し、飛来塩分に起因する劣化に対するコンクリート部材の最小かぶりの制限や構造上の対策などを除いては、耐久性を主な目

的とした配慮はほとんど行われてこなかった。

しかし、平成11年に都市高速道路の鋼製橋脚の溶接部にて深刻な亀裂が、また鋼床版にてデッキプレートを貫通する亀裂が発見されるなど、鋼部材の疲労耐久性には課題が残されているとの認識が進んだ。コンクリート部材の塩害対策についても、平成12～13年にかけて筆者らが行った全国調査において³⁾、依然として深刻な被害が発生していることが明らかになり、対策の拡充が必要であるとの認識が進んだ。

このような背景から、平成14年の道路橋示方書の改定では耐久性向上のための規定がなされた。鋼部材の疲労に対しては、例外なく疲労耐久性についての検討を行うことが規定された。またコンクリート部材の塩害に対しては、必要最小かぶりの引上げと、一部地域では必要最小かぶりを確保したうえで別途の対策を併用することが規定された。また、個々の現象に対する規定の追加にとどまらず、平成14年の道路橋示方書の改訂にて性能規定型の基準体系への転換がなされたことに併せて、道路橋全体に要求される性能を確保するうえで常に念頭に置く必要がある普遍的な要求事項として「設計の基本理念」が規定され、供用後の時間軸における「耐久性」と「維持管理の容易さ」も考慮して設計を行わなければならないとされた。

さらに、近年も、国内外において、既設道路橋の耐久性に関連した重大な損傷や事故が発生しており、筆者らも調査を行っている。例えば、写真-1に示すように平成19年には米国で一部の格点部の破壊を起点に鋼上路トラス橋が崩落し、多くの死傷者がでた惨事となった^{4,5)}。国内でも同時期に大規模な鋼トラス橋の斜材が破断する事故が連続して2件発生している。また、最近では、下路アーチ橋の鋼製吊材の破断やエクストラードロード橋の斜材が破断するなど主要部材が供用中に突如破断する事故が相次いで発生した^{6,7)}。国内での事故はいずれも結果的に落橋には至らなかったも

Review and foresight of the approach to improve durability and maintenance of road bridges

の、一部の部材の機能喪失によって橋全体が崩壊するなどの致命的な状態となる可能性のあることが改めて認識された。また、鋼トラス橋の斜材の破断はコンクリート部材に埋め込まれた位置での腐食によるもの、アーチ橋の吊り材の破断は非構造材の鞘管に覆われた内部での腐食によるもの、そしてエクストラード橋の斜材の破断も樹脂被覆などの防食被膜内部でのケーブルの腐食によるものであり、いずれも通常の外観目視による点検では近接しても発見することは困難な事象によるものであった。



写真-1 崩落後のI-35W橋の全景
(米国ミネソタ州交通局ホームページより)

これらの事故は、設計基準で目標とする耐久性を確保するために不測の事態も想定して一定の頻度で橋の状態の把握を行うことが不可欠であること、点検や予防保全を実施するにあたって、橋に重大な影響を及ぼす部位に容易にアクセスできるようにしておくことが重要であることを認識させるものであった。さらに、一部の部材の機能喪失が重大事故に直結する危険を避けることの重要性を認識させるものであった。

以上を踏まえて、平成24年の改定では、従来設計の基本理念における「維持管理の容易さ」が「維持管理の確実性及び容易さ」と改められ、供用期間中に行われる維持管理行為を設計の前提条件として具体的に想定し、想定した維持管理行為や橋の状態評価が確実に実施できるような構造とするよう考慮が求められるようになった。加えて、橋の一部の部材の損傷等が原因となって橋全体系が不安定になり連鎖的に損傷範囲が拡大して致命的な状態に至らないように構造全体として補完性や荷重分配の代替性を確保することが、構造設計上の配慮事項として新たに規定された。

このように、個々の劣化現象を解明して対策を

とることに併せて、橋全体として点検や維持管理の確実性と容易さを兼ね備えた構造とすること、そして、一部の部材の機能不全が橋全体に及ぼす影響を計画段階や設計において制御していくことにより耐久性の向上を目指しているところである。

3. 道路橋の維持管理体制の適正化に向けた取り組み

道路橋の維持管理では、点検要領の策定や実施体制の構築などを各道路管理者がその責任において行ってきたおり、道路管理者毎に維持管理体制は同じでない。

国では昭和63年に初めて統一的な要領に基づく10年毎の定期点検が始められた。しかし鋼部材の疲労亀裂や桁端部等の局部腐食、コンクリート部材のアルカリ骨材反応や塩害など深刻な劣化事例が多数報告されるとともに、先述したように重大事故が相次いで生じ、設計基準の整備だけでなく維持管理体制そのものの拡充の必要性が認識されるようになった。特に劣化が深刻化する前に異常を発見して対処を行うという予防保全の実現がライフサイクルコストの低減と重大事故の防止に有効であるとの理解から、そのための方策の検討が進められた。

進められた検討の一つは、国の管理する道路橋の定期点検要領の見直しである。平成16年3月に新しい定期点検要領が示された。点検の頻度について見直され、疲労亀裂や局部腐食などの急速に状態が悪化する可能性のある損傷による事故の防止や予防保全の実現のために、点検間隔が10年毎から5年毎と短縮された。また、点検方法についても見直され、致命的な事故に至る危険性もある溶接部の亀裂の発見やコンクリートのひびわれに対する正確な診断、第三者被害の恐れもあるコンクリートの浮きや剥離の検出などのために、遠望によらず全ての部材で原則として近接目視することにされた。

点検において記録するデータについても見直しを行った。点検で最も重要な健全性の評価は、専門家による判断が不可欠である。同程度の損傷でもその進行度は環境条件によって異なり、橋の機能や安全性に及ぼす影響は損傷の発生位置によって異なる。そのため、これを「対策区分の判定」として、技術力を有する診断者が自らの知見をも

とに、部材毎に、想定される損傷の原因や進行度、他の関連する部材等の損傷状況なども総合的に判断しながら、「A、B、C、S、M、E1、E2」の7段階で診断・記録することにされた。一方、多数の管理資産に対する計画的な維持管理手法を実現し、将来の維持管理コストのマクロ推計や中長期的な対策優先度の検討を行うためには、発生頻度や進行状況等の劣化特性が一つの部材の中でも部位毎にも異なる傾向を有することも含めて、できるだけ客観的に外観性状が記録されるのがよいと考えられる。そのためこれを「損傷程度の評価」とし、部材をさらに分割した要素単位で、損傷種類毎に、点検要領に示された客観的な判定基準に照らして「a、b、c、d、e」の最大5段階の劣化進行段階により評価・記録することにされた。記録データの見直しに併せて、維持管理実務者の理解を助けるために、国総研でも道路橋の損傷事例とその解説をとりまとめて公表している⁸⁾。

直轄道路橋以外に目を向けると、平成19年に国土交通省が行ったアンケート⁹⁾の結果、定期点検が十分に行えていない地方自治体が多数あることが明らかになった。そのため、国では地方自治体の管理する道路橋に対して、ライフサイクルコストの低減に資する予防保全等の適切な措置が行われるように長寿命化修繕計画策定事業費補助制度を平成19年度に設立し、計画策定のための調査等への財政支援を行った。これに併せて、国総研では、長寿命化修繕計画策定の助けとなるように、直轄道路橋の定期点検結果の分析結果を踏まえて、道路橋で一般に劣化や損傷が先行して生じやすい部位を優先的に調査し、計画策定の為の最低限の客観的情報を効率的に取得・記録する為の調査要領（基礎データ収集要領（案））をとりまとめた。本要領では統計的に損傷度合いが低い径間中央部を遠望で確認してもよいとしているため、亀裂などの深刻な損傷であっても発生部位によっては把握できない。そのため国の定期点検要領が全部材近接目視としていることからわかるように、安全で円滑な交通の確保等を目的とした点検要領として使われることを前提にしていない。しかしこれまで一度も点検を行ったことのない道路橋を多く抱え、国の定期点検要領に準じた点検が直ぐには一巡できない管理者に対して、コストを抑えつつ早期に管理する全道路橋の劣化・損傷状

態の概略を把握するための方法としては有効な面があるとの判断から公開されたものである。

4. 今後の展望

道路橋の耐久性向上に関しては、これまでも行ってきたように、既設橋から得られる情報を活用し、劣化や損傷の解明とそこから得られる知見の設計基準や点検要領への反映を引き続き進めることが基本となる。平成14年の道路橋示方書の改定では耐久性向上のためのいくつかの対策がとられたものの、疲労や塩害などの劣化現象が十分解明できているわけではなく、劣化現象の把握や道路橋示方書の改定内容の妥当性検証のための調査研究は継続的に進めていかなければならない。例えば、鋼床版のデッキプレート貫通亀裂について、損傷橋梁の実態調査や産官学が連携して行った多数の実験や解析により、デッキプレート厚の不足に起因し、重車両の繰返し走行のたびに過大な局部応力が発生することが主たる要因であることが明らかとなり¹⁰⁾、平成24年の道路橋示方書の改定では最小板厚が引き上げられた。しかし、全国の道路橋の維持管理状態に関するデータの蓄積が依然十分とは言えず、特に数の上では圧倒的多数を占める地方自治体が管理する道路橋の実態については不明な点も多い。今後さらなるデータの収集と分析を加速して進める必要がある。

また、劣化事象の解明・予測という観点では、平成18年頃からは、国総研と独立行政法人土木研究所が共同で、全国の道路管理者が撤去更新する道路橋の部材を収集し、様々な調査や実験を行うことにより模擬劣化供試体では得られない実際の劣化や損傷の実態の解明も進めている。例えば、実橋から採取したコンクリート床版に対する疲労試験では、外観に現れているひびわれ本数や幅が同程度であっても、それらの一部が床版コンクリート全厚を貫通している場合には疲労寿命が極端に短くなることが明らかになっており、予防保全の観点から定期点検要領に反映する準備を進めている。

これらのような個々の現象の解明に加えて、道路橋示方書の平成14年や24年の改定で導入された橋の設計の基本理念を実現できるような、維持管理を確実かつ容易にする構造の開発、及び、一部の部材の機能不全が橋全体に対する安全性に及

ばす影響を定量的に評価する方法や、これに対して安全性を確保する合理的な方策について標準化・基準化を進める必要がある。

維持管理体制の適正化に関しては、全国の道路橋で状態の把握が進むなど取組みが急速に進みつつある。しかし例えば全部材に近接して行う国の定期点検でも目視が基本であり、地中部、水中部、部材内部の状況の多くは直接把握できない。これらの問題を解決するために非破壊検査技術の活用が期待されており、橋梁の点検という観点での精度や適用範囲・条件を確認する試験法等の整備が期待される。また、日常パトロールも含め点検は間欠的に行われているため、地震等の災害による損傷のように、比較的短時間で状況が急変する事象や突発的に生じる事象を直ちに把握することができない。急速に発達しており低コスト化も期待できる画像処理技術や情報処理技術をこれらの事象に対する常時監視（モニタリング）等へ活用していくことも期待される。

耐久性設計技術の高度化、監視や点検技術の高度化に加えて、既設橋の補修補強に特化した設計基準を早期に確立することも重要な課題である。道路橋の設計基準である道路橋示方書は現在まで許容応力度設計法を基本として定められているが、現在、荷重などの外力や材料特性などのばらつきを考慮して設計条件に応じてきめ細かに安全余裕が確保できるとされる部分係数設計法への転換作業が進められている。既設橋の補修や補強においても、既に確定している既設橋の材料特性や精度良く把握できる架橋環境条件をその信頼性に応じて安全係数に考慮できれば、経済的かつ合理的に耐久性の向上が行えるものと期待される。

5. おわりに

平成 25 年 3 月、道路法が一部改正され、道路の老朽化や大規模な災害の発生の可能性等を踏まえた道路の適正な管理を図るため、予防保全の観点も踏まえて道路の点検を行うべきことが明確化された。また、その附帯決議として、道路の効率的かつ効果的な維持管理を実施できるよう、道路の維持・修繕に関する技術的基準に係る政令を早期に定めるとともに、点検を含めた維持・修繕が

的確に実施できるよう、マニュアル等について見直しを行い、その周知徹底を図ることが示された。さらに、国による施設管理データの一元的な把握・蓄積により、技術開発を促進させ、効率的な維持管理を推進することが示された。これらの早期実現に資するよう、国総研では土木研究所とも連携しながら更なる研究を進めていく所存である。

参考文献

- 1) 玉越隆史、大久保雅憲、横井芳輝：平成23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693号、2012。
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn0693.htm>
- 2) 玉越隆史：近年発生した橋梁の重大損傷の概要、道路、Vol.816、pp.28～32、2009。
- 3) 中谷、玉越ほか：コンクリート橋の塩害対策資料集—実態に基づくコンクリート橋の塩害対策の検討—、国土技術政策総合研究所資料第55号、2002。
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn0055.htm>
- 4) 玉越隆史：橋梁事故からの教訓—米国ミネソタ州I-35W落橋事故の例を踏まえて—、土木技術、Vol.66、No.9、pp36～41、2011。
- 5) 笠野英行、依田照彦：米国ミネアポリスI-35W橋の崩壊メカニズムと格点部の損傷評価、土木学会論文集A、Vol.66、No.2、pp.312～323、2010。
- 6) 玉越ほか：鋼トラス橋のコンクリート埋込み部材の腐食への対応事例、土木技術資料、第51巻、第8号、pp.49～50、2009
- 7) 玉越ほか：吊材破断時の安全対策—PCアーチ橋の事例—、土木技術資料、第52巻、第7号、pp.47～48、2010。
- 8) 玉越隆史、大橋章、中谷昌一：道路橋の定期点検に関する参考資料—橋梁損傷事例写真集—、国土技術政策総合研究所資料第196号、2004。
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn0196.htm>
- 9) 道路橋の予防保全に向けた有識者会議（第2回資料）、国土交通省道路局、
<http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/maintenance/2pdf/1.pdf>
- 10) 損傷状況を考慮した鋼床版の構造形式見直しに関する研究、国土技術政策総合研究所資料共同研究報告書第608号、2010。

玉越隆史*



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管理研究室長
Takashi TAMAKOSHI