

平成 24 年道路橋示方書改定概要

維持管理に関する規定の充実

玉 越 隆 史

道路橋の技術基準である道路橋示方書は、平成 24 年 2 月の改定において、全編にわたって維持管理の信頼性向上に向けた規定の拡充がなされた。国土技術政策総合研究所と土木研究所では、全国の道路橋の点検結果の分析や内外基準の調査、管理者への技術的支援、東北地方太平洋沖地震をはじめとする大規模な災害時の現地調査や損傷事例への対応等を通じて明らかとなった維持管理に関する課題と技術基準へのニーズに対し、各種調査研究及び技術基準の原案への反映の検討を行ってきた。本稿では、道路橋をとりまく状況と、維持管理の信頼性向上に向けて道路橋示方書の改定に反映された事項について概説する。

キーワード：道路、橋梁、道路橋示方書、維持管理

1. はじめに

道路橋の技術基準である道路橋示方書は、これまで、技術の進展のみならず、車両重量制限の変更や耐震性能の向上など、社会資本整備の目標水準の変化などの社会的要請にも対応して適宜更新されてきた。平成 8 年には、道路橋にも甚大な被害を及ぼした兵庫県南部地震の教訓を踏まえて、耐震設計関連を中心に大幅な改定がなされた。平成 13 年には、高齢化が進みつつある既設道路橋の実態や耐久性に関する研究の動向も踏まえて、鋼部材に等しく疲労設計を義務づけることや、コンクリート部材に対する塩害対策を強化するなど、耐久性に関する規定の充実が図られた。

また、国際化への対応、コスト縮減、耐久性向上など、様々な観点で開発される新しい技術を、適切な評価のもとで、円滑な導入にも資することを意図して、性能規定型の技術基準への移行が図られた。すなわち、各条項単位で、それが何を達成することを求めたものであるのかを条文として明文化し、同時に、性能照査型基準として、要求性能さえ満足されれば、要求性能と併せて条文に規定される、従来、一般的とされてきた標準的な手法による以外に、それらとは異なる方法による性能の実現が許容されることが明確にされた。なお、平成 13 年の改定にあたっては、性能規定型の基準への移行に併せて、許容応力度設計体系を基本とする基準から部分係数設計体系へ移行することについても議論が行われたものの、性能規定・性能照査の概念を早期に導入することを優先し、許容応力度設

計法を基本とした体系のままの改定がなされた。

平成 13 年の改定後、国土技術政策総合研究所と土木研究所は、引き続き、新たな知見や残された様々な課題への対応を基準に反映させるための検討を行いつつ、部分係数設計体系への移行に向けた本格的な検討を全編で並行して進めてきた¹⁾。

平成 13 年の改定からの間、道路橋の設計基準との関わり観点で特筆すべき事象としては、例えば、道路橋に比較的顕著な被害が確認された地震災害だけでも、平成 15 年（2003 年）に宮城県沖地震（5 月 26 日発生、M7.1）と十勝沖地震（9 月 26 日発生、M8.0）、翌平成 16 年（2004 年）には新潟県中越地震（10 月 23 日発生、M6.8）、さらに平成 19 年（2007 年）には能登半島地震（3 月 25 日発生、M6.9）と新潟県中越沖地震（7 月 16 日発生、M6.8）、平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震（6 月 14 日発生、M7.2）、そして平成 23 年（2011 年）には東北地方太平洋沖地震（3 月 11 日発生、M9.0）が発生している。これらの地震では、被災経験を踏まえて、順次導入されてきた道路橋示方書における耐震性向上策や既設橋に対する耐震補強の実施が道路橋の被災軽減に一定の効果を上げていることが実証される一方で、橋梁やカルバートなどの構造物区間とその前後の土工部の境界付近での路面段差の発生が、地震後の交通の支障になる事例も数多く報告されていることや、大規模な津波によって、多くの上部構造が流出するなどの課題も浮かび挙がってきている。

耐久性の観点からは、既設橋の高齢化に伴って、様々

な損傷や劣化が顕在化してきていることを踏まえ、平成16年には、国土交通省道路局が直轄管理の道路橋に対して、それまでの定期点検要領²⁾を刷新して、予防保全の実現を視野にして点検の充実を図るとともに、戦略的なデータ収集が開始された。また、平成19年度には、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と予防保全の両立を図るために、長寿命化修繕計画策定事業費補助制度³⁾が創設されたことで、全国の自治体においても、急速に点検等による道路橋の状態の把握が進んできており、様々な劣化や損傷が生じている既設橋の実態が明らかになりつつある。そして、損傷事例や地震等による被災事例が増えるにつれ、供用開始前の設計や施工の段階からの定期点検や緊急調査、補修補強工事などが想定される維持管理段階への十分な配慮の重要性が強く認識されることとなった。

その他にも、平成13年の改定後、国土技術政策総合研究所と土木研究所は、既に発見されていたものの詳細が不明であった、トラフリブを有する鋼床版におけるデッキプレートを貫通する亀裂の損傷メカニズムや対応策に関する研究を進めるなど、耐久性に関する知見の蓄積を、既設橋の実態解明と連動して進めてきた⁴⁾。

そのような中、東北地方太平洋沖地震の発生により、沿岸部を中心に、巨大津波の来襲によって、社会資本に甚大な被害が生じ、道路橋についても上部構造の流出が多数生じたことで、道路網の寸断を招くなど深刻な被害を生じた。そして、これらの被災経験も踏まえつつ、今後、発生が懸念される東海・東南海・南海地震などの巨大地震による被害想定が見直されるなど、震災に対する今後の社会資本の在り方についての議論が進められてきた。今回の改定は、このような状況を踏まえ、できるだけ早期に、東北地方太平洋沖地震を含む、近年の震災被害から得られた知見や前回改定以降検討が進められてきた様々な調査研究の成果を反映させることを優先して行われた。その結果、基準としての移行には課題が残されている部分係数設計法への移行は先送りし、平成13年の道路橋示方書と同じ方法による性能規定体系と許容応力度設計法を基本とする照査体系が踏襲されている。

本稿では、共通編における改定点のうち、以下に示す維持管理に関する主な改定点を中心に紹介する。

- ①設計の基本理念として、維持管理の容易さに加えて、維持管理の確実性についても考慮すべきことが規定された。
- ②供用期間中に予定する維持管理の方法や必要となる維持管理設備などについて、橋の設計段階から適切

に配慮することが規定された。

- ③一部の部材の損傷等が原因となって、橋が崩壊や長期の供用停止を余儀なくされるような致命的な状態となる可能性について配慮して構造設計することが規定された。
- ④供用期間にわたって適切な維持管理を行えるために必要と考えられる調査、設計、施工、品質管理等の各種の記録について、維持管理に活用できるように保存することが規定された。

2. 維持管理に関する規定の充実

現在、我が国の道路橋資産は、約68万橋⁵⁾に達しており、これらは着実に高齢化していく。そのため、限られた予算や人的資源の下で、これらの道路橋の健全性を将来にわたって、適切な水準に維持し、求める道路ネットワークの機能が果たせる状態を維持していくためには、無理なく確実に道路橋の適切な維持管理が行われるようにしていくことが重要である。

今回の改定では、点検などの維持管理の経験を通して明らかになってきた様々な課題と、高齢化が進むにつれて顕在化してきた劣化や損傷、およびそれらに対する対処の実績を考慮して、維持管理に関する規定について全面的な見直しを行い、内容が大幅に充実された。

(1) 維持管理の確実性と容易さ

様々な外力の影響を受けつつ長期に供用される道路橋では、供用期間中の劣化や損傷、大規模な地震等、不測の事故等による変状が生じることも考えられる。それらに対して、適切なタイミングで対処していくことが、供用の安全性確保の観点からは極めて重要である。

これまでの道路橋示方書では、設計にあたって、常に念頭におくべき事項として規定されている設計の基本理念の一つに、「維持管理の容易さ」が挙げられていた。しかし、「維持管理の容易さ」では、設計を行う際に、維持管理段階でアクセスする部位などを絞り込んだ上で、その部位にしか近接できないような構造としたり、当該橋に対する最適な点検の内容やその特性から、将来、実施することが想定される調査や補修補強などの維持管理について、具体的な想定を行うことなく、従来、一般的とされてきた検査路等の設置などを単純に踏襲するといった対応が行われることが懸念された。一方、長期間供用される道路橋では、設計での想定にかかわらず、様々な劣化や損傷が発生した

り、事故等によって、不測の変状を生じる可能性も否定できない。そのため、改定では、条文を「維持管理の確実性及び容易さ」と改め、設計段階で供用期間中に行われると想定される維持管理行為については、それらが容易にできることに配慮することに加えて、供用期間中に必要となる可能性のある維持管理行為についても、それらを適切に行う為に必要となる部位などにアクセスできるようにしておくなど、供用期間中に必要となる維持管理行為が、確実にに行えることについても十分な考慮がなされることが求められた。これにより、予定した維持管理が容易となるだけでなく、将来の様々な事態に対して、維持管理が困難となるような構造が、安易に採用されることが避けられることが期待されている。

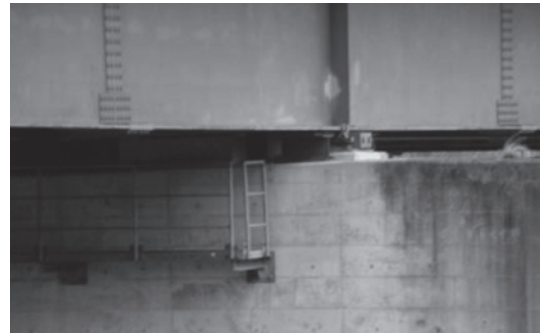
さらに、これと連動して、維持管理の方法や必要となる維持管理設備などについて、橋の設計段階から可能な範囲で、具体的に想定して、配置計画や構造設計に反映すべきことも条文で明記されている。これまで建設されてきた道路橋でも、管理者毎に定期点検などの便を図って、常設の検査路を予め設置することは行われてきた。しかし、定期的な近接目視点検や発見される変状に対する調査、あるいは、地震被害に対する緊急調査の実績からは、検査路の配置や構造の僅かな配慮不足によっても、近接すべき箇所へのアクセスに困難を伴うなど、橋によっては、用意された検査路等の設備では十分な点検や調査ができない例もあることが指摘されてきた。規定の趣旨を踏まえて、供用期間中の各種点検や緊急時の調査などに対して、適切に対応できるように、橋の位置づけや構造特性なども踏まえて、ライフサイクルコストも考慮した上で、できるだけ具体的に、維持管理の方法等について想定し、それらが確実に行えるような、十分な配慮がなされることが求められる。

例えば、写真一1の事例は、地震で被災したPC橋に対して、検査路を利用することで供用性の判断に重要な支承部やPC定着部に対する近接しての調査を速やかに行うことができた例である。一方、写真二2は、橋脚上と桁へのアクセスが可能な検査路が設置されているものの、定期点検や震災後の緊急点検で重要な着目ポイントである支承部の確認の観点からは、位置や構造に改善の余地があると考えられる例である。

このように、維持管理における利用形態などについて、設計の段階から充実した検討を行うことは、将来の維持管理負担が軽減されるだけでなく、災害に対するリスク管理の観点からも、良質な資産の形成につながるものと考えられる。



写真一1 検査路による近接点検



写真二2 支承への近接に制約が考えられる例

なお、従前より規定されていた、維持管理の容易さの観点についても、既設橋での点検や地震発生に伴う緊急調査の現場からは、維持管理への配慮に改善の余地が指摘される例が報告されている。

例えば、写真一3、4は、いずれも点検や作業の為に設けられたマンホールである。写真一3は、桁断面には寸法的に十分な余裕があると考えられるにもかかわらず、開口位置が低くかつ開口寸法も小さいために、利用には大きな困難が伴う事例である。また、写真一4は、重い鋼製扉が上下方向に取り付けられており、利便性に劣るだけでなく、双方向からの開閉や乗越し、資機材の搬出入を考慮すると、安全上の観点からも最適とは考えにくい構造である。さらに、写真一5の例は、桁間歩廊が設置されているものの、移動空間が部材と著しく干渉しており、作業や移動に対する



写真一3 点検や資機材の搬入が困難な例



写真一4 鋼製扉の取付の配慮が不十分な例



写真一5 部材の干渉により移動に大きな負担を伴う例

障害が危惧され、高い品質の点検や診断、安全で円滑な維持作業の観点からは改善の余地があった可能性があったと考えられる。このような、構造部材との干渉については、橋梁本体の設計と並行して、具体的な点検等での利便性を考慮した維持管理設備の検討が行われることで、経済合理性を失わない範囲でも様々な改善が可能となるものと考えられる。今回の改定で充実された維持管理への配慮に関する規定は、このような課題の改善に資することが期待されている。

道路橋においては、長い供用期間中には設計段階では必ずしも想定しない不測の損傷によって、部材の更新や大規模な補修を余儀なくされたり、交通環境などの供用条件の変化によって、機能向上が求められる場合もある。また、架橋条件によっては、設計段階での耐久性に関する見積もりに大きな不確実性が避けられない場合があるとの議論もある。そのため、今回の改定では、設計段階で必ずしも十分な検証が行えない供用期間中の不確定要因に対して配慮を行うことについても、基準上は許容されることを明確にした。

すなわち、供用期間中に更新を余儀なくされる可能性が高いと想定される部材がある場合などでは、設計で考慮する維持管理計画にそのような部材の更新を念頭において、それらが確実かつ容易に行えるような考慮を行うことも許容される。なお、これは、橋の構成

部材について、積極的に耐久性に劣る部材となるように設計を行うという意味ではなく、あくまで、標準的には100年程度が想定される長期の耐久性上の目標期間に対して、当該橋をとりまく環境や位置づけから、不確定要因が標準的な場合に比べて多い場合に、一部の部材を更新可能な構造にしておくような配慮が道路橋示方書上は認められるという意味である。なお、現在の道路橋の設計技術では、想定する期間の長さに応じて、高い信頼性で細かく耐久性を制御できるような精度の高い照査方法は確立していないことを踏まえたものである。そのため、具体的に将来の道路計画の変更が予定されているなどにより、全ての部材等に対して、等しく長期の耐久性を確実に満足させるように設計することが合理的でないような特殊な場合を除いて、安易に、部材毎に、短期の供用期間を想定した設計を行ってもよいということではないことに注意が必要である。

なお、設計段階で更新を想定する場合、通常的设计と併せて、補修や部材更新の方法を具体的に想定して、当該部材の補修や更新の要否の判断基準、そのための点検や調査の方法、作業に必要な設備などについても、将来の不確定要素も考慮の上、不経済とならない範囲で架設補強など必要な設計上の配慮を行うておくこととなる。

(2) 構造設計における補完性又は代替性への配慮

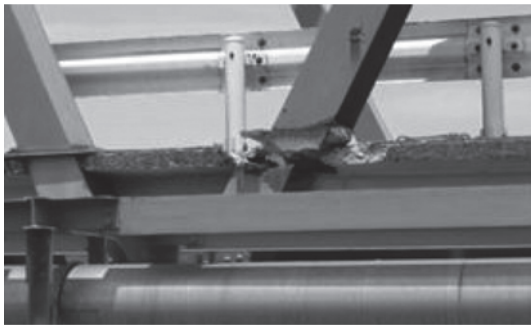
道路橋の場合、供用性に何らかの制限が生じると物流等に大きな支障を及ぼすなど、社会的な影響が避けられないことも多く、一時的にでも供用性が失われることは極力避けなければならないような場合もある。

しかし、平成19年(2007年)に米国で発生した、上路トラス橋が一部の格点部の破壊によって崩落するという事故(写真一6)からも明らかのように、道路橋では、構造の条件によっては、一部の部材の機能喪失によって、橋全体が回復困難な、致命的な状態となる場合がある^{6), 7)}。我が国でも、近年になって、アーチ橋の吊り材の破断やトラス橋の斜材の破断、エクストラード橋のケーブルの破断など、供用中に主部材が破壊する例^{8) ~ 10)}が報告されている。これらは、結果的には、破壊した部材の機能が他の部材で補われることで落橋までには至らずに済んでいる(写真一7)。

このように、複雑な構造特性を有する道路橋では、一部の部材の機能の喪失による落橋などの重大な事態を回避できるかを容易に判断することは難しく、設計段階で合理的に評価できるための統一的な手法や評価



写真一六 崩落後のI-35W橋の全景（出典 MN/DOT8）



写真一七 トラス斜材の破断事例

基準も確立されていないのが実状である。

以上のような状況を踏まえ、今回の改定では、橋の形式や規模によっては、一部の部材の損傷や異常の発生や進展によって、橋全体の性能が大きく損なわれることの影響を設計段階から念頭におくとともに、橋の条件等に照らして、必要と判断した場合には、そのような事態を回避できるように、橋を構成する部材や構造に補完性や代替性を付与するなどの対策を行うことが基準上は許容されるものとした。

しかし、どのような橋に対して、どこまでの構造上の配慮を行うのかについては、橋の位置づけや経済性にもかかわる問題であり、また、着目する部材の変状が深刻化する前に確実に検出できるようにすることで、部材が破壊に至ることまでは想定しないなど、維持管理の方法による対応も条件によっては許容されうることから、具体的な方法については、判断基準を含め示さないこととした。補完性又は代替性の確保については、様々な対応を経済性や維持管理の条件なども考慮して総合的に判断することとなる。

(3) 維持管理のための記録

供用開始後に劣化や災害等によって変状を生じた場合の診断や原因究明、補修・補強等の対策の検討を安全かつ合理的に行うためには、その橋の設計思想に加えて、設計に用いられた基準類、使用材料の種類や品質、完成後の応力状態を左右する架設方法や架設手

順、部材内部を含めて橋に残置されている仮設物の位置や構造、外観だけでは判断できない部材内部の構造（コンクリート部材の配筋や鋼部材の溶接構造など）、当該橋の調査、設計、施工、品質管理等の各種記録などの様々な情報が残されていることが極めて重要となることが実績からも明らかである^{8), 9)}。

一方で、これらの情報が失われていたり、適時に参照できない場合、橋の応力状態の推定や外観からは判断できない部材内部の構造の推定に多大な時間と手間が必要となる。また、条件によっては、不確定要素を安全側となるように仮定せざるを得なくなるなどの不合理な対応を余儀なくされることにもなる。

このような既設橋の維持管理の実態を踏まえて、今回の改定では、供用期間を通して、適切で合理的な維持管理が行える環境を整えられるよう、当該橋の計画から施工完了までの様々な情報が、維持管理において活用できるように保存されるべきことを規定した。

従来の示方書では、橋梁台帳と橋歴板について規定され、橋長、幅員、設計荷重（適用示方書）、設計震度、基礎の形式及び根入れ長、地盤条件、主要部分の構造図、竣工年月、橋名、使用鋼材、事業主体、設計及び製作・施工会社名等が記録として残されるように規定されていた。しかし、近年の既設橋への対応の経験からは、これらの項目毎に、最低限の情報が残されているだけでは、劣化や被災による変状を生じた橋の応力状態の推定や健全性の評価、あるいは補修補強の必要性や効果の評価を的確に行うことは困難であることも多いことが分かってきている。一方で、供用前から、維持管理段階でどのような情報が必要となるのかを全て特定することもまた困難である。近年は、情報技術の進展によって、管理できる情報量は飛躍的に増大してきており、今後もその傾向は継続することが見込まれる。

このような背景を踏まえて、今回の改定では、共通編の1章「1.7 設計図等に記載すべき事項」の内容を充実するとともに、6章「6.3 設計・施工に関する事項」として一項を新たに設け、設計から施工への情報の受け渡しのみならず、橋の完成後に、その橋の設計思想から施工に関する記録に至るまで、将来の維持管理の合理化に資すると考えられる情報についての記録を作成し、かつ供用期間中の維持管理に用いることが可能となるよう保存しなければならない旨を規定した。

なお、様々な情報をどのような形態や体制で管理していくのかについては、管理者によっても異なると考えられることから、その具体的方法までは規定されて



写真一 箱桁内部への漏水・滞水の例

いない。各機関で、将来も見据えた様々な記録が各組織体制に応じて活用可能な形で適切に保存されるようになることが期待される。

道路橋の設計施工のプロセスを考えた場合、事業主体や調達方法によらず、設計成果を一旦とりまとめて精査したのち、その情報が施工段階に受け渡され、設計において前提となっている施工の条件との整合性を考慮しながら施工されるという流れとなる。設計から施工への適切な情報の受け渡しもまた、道路橋示方書が求める要求性能を満足させるための重要な要素である。そのため、最終的には、施工関係の記録と共に、維持管理に引き継がれるべき情報として「6.3 設計・施工に関する事項」にも挙げられることに加えて、「1.7 設計図等に記載すべき事項」も1章にこれまで通り規定として残し、実務プロセスも考慮して充実されている。

(4) その他

近年、橋梁定期点検において、箱桁内部に設置した排水管の劣化や破損によって、桁内部に滞水を生じて、鋼部材が激しく腐食したり、コンクリート部材の劣化が促進される変状が報告されている(写真一8)。排水管は、橋本体に比べて、材料的にも構造的にも耐久性に劣ることが一般的であり、定期的な状態の確認を行うことが不可欠である。特に、桁内部での漏水や滞水が放置されたり、桁外に配置された排水管の異常による漏水が橋の同じ部位に飛散し続けると、橋本体に深刻な悪影響を及ぼすことにもなる。また、支承部は、狭隘な空間となりやすく、塵埃の堆積や防食機能の劣化が進行しやすいだけでなく、空間的制約により、点検などの維持管理が不十分となりやすい。今回の改定では、これまでの維持管理の実績から明らかになってきた様々な課題についても、改善が図られるよう、共通編全体を通して規定が充実されている。

3. おわりに

今回の道路橋示方書の改定では、維持管理に関連して、設計の基本理念の表現が見直されるとともに、関連する規定が、全編にわたって大幅に充実された。今後、期待される耐久性が確実に発揮できるように、適切な維持管理が、可能な限り確実かつ容易にできる良質な資産が形成されていくことが期待される。引き続き、各方面と連携して、維持管理に関連する課題の解決と技術基準への反映に向け、各種研究に取り組んでいく。

JICMA

《参考文献》

- 1) 玉越隆史：新しい道路橋示方書に向けて、性能規定化と新技術評価、橋梁と基礎、Vol.40, No.8, pp.19-22, 2006.8
- 2) 橋梁定期点検要領(案)平成16年3月 国土交通省道路局, http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobo3_2.pdf
- 3) <http://www.mlit.go.jp/common/000114589.pdf> など
- 4) 鋼床版の板厚構成と疲労耐久性の関係に関する研究—トラフリブとデッキプレートの板厚とデッキプレート貫通型疲労き裂の関係—, 国土技術政策総合研究所資料 第558号, 2009
- 5) 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
- 6) 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, pp.36-41, 2011.9
- 7) 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
- 8) 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, Vol.51, No.8, 2009
- 9) 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, Vol.52, No.7, 2010
- 10) 玉越ほか：鋼部材の疲労き裂について(その1)—道路橋の主桁—, 土木技術資料, Vol.51, No.10, 2009

【筆者紹介】

玉越 隆史(たまこし たかし)
国土技術政策総合研究所
道路構造物管理研究室長

