

特集：道路橋保全の新たな取組み ～臨床研究を中心として～

道路橋保全を取り巻く状況と課題

玉越隆史*

1. はじめに

我が国には、橋長15m以上のものだけでも15万を超える道路橋がある。それらは、大半が高度経済成長期頃以降に建設されており、毎年確実に高齢化していくことから、今後、多くの橋で経年劣化に伴う損傷や不具合が発生する可能性のあることが懸念される。このような道路橋の維持管理を取り巻く状況とそれに対する課題認識については、本号の研究コラムにも紹介している。

本稿では、これまで行われてきた定期点検の結果などから高齢化が進む道路橋の実態について紹介するとともに、そこから浮かび上がる維持管理の課題とその解決のために必要な取組みについての現状を述べる。

2. 道路橋の維持管理の現状と課題

2.1 道路橋の損傷状況

国の管理する道路橋では、過去より様々な点検が行われてきた。平成16年からは、供用後2年内及び5年毎に全部位に近接して目視点検を行うことを定めた橋梁定期点検要領（案）により、統一的な点検が行われてきた。

その結果、これまでに国の管理するほぼ全ての道路橋の状況が同じレベルで明らかとなってきた。例えば、図-1は初回点検の結果を整理したものである。約半数の径間で、主要部材に何らかの変状が確認される結果となっている。小規模であっても何らかの変状があれば「損傷あり」とし

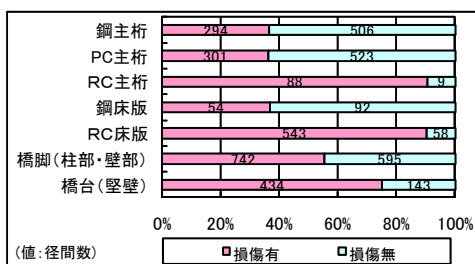
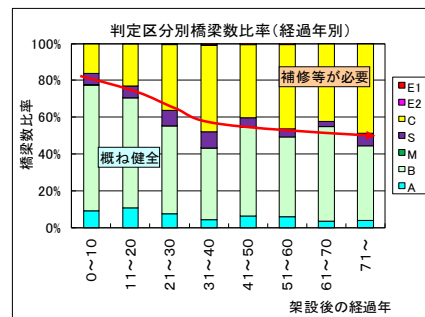


図-1 初回点検における損傷の発生状況

て計上されるため、橋の健全性に及ぼす影響は明らかではないものの、点検で評価される種類の変状の多くは耐久性の低下につながる可能性があり、ライフサイクルコスト低減の観点からは、供用時点での初期品質確保、供用後早期に顕在化する不具合への早期対処には、改善すべき点のある可能性が高く、今後更なる分析が必要である。

図-2は、定期点検で評価される対策区分の判定結果を集計したものである。橋の主たる部材の対策区分の判定結果の最も悪い結果をその橋の評価として橋年齢区分毎に判定の比率で整理した。一様ではないものの橋年齢の古い橋ほど緊急対策を要する判定「E」あるいは速やかに補修すべき状態であるとの判定「C」が多くなる傾向が見られ、経年によって橋の状態は悪化する傾向があると言え、適切な時期に補修補強等の対策を行うことで状態の深刻化が防止できる可能性があるものと考えられる。

図-3に、コンクリート橋の代表的な損傷種類について、主要な部材における発生状況を抽出したものを示す。PC橋は、RC橋に比べて主桁のひび割れ発生比率は小さいものの20%近くに著しいひびわれが生じており、漏水・遊離石灰の発生状況もRC橋と差がない結果となっている。PC橋では、



区分	判定の内容
E1	橋梁構造の安全性の観点から、緊急対策が必要
E2	その他、緊急対応が必要
C	速やかな補修等が必要
S	詳細調査が必要
M	維持工事での対応が必要
B	状況に応じた補修が必要
A	損傷がないか、軽微で補修の必要なし

図-2 架設経過年における判定区分別橋梁比率

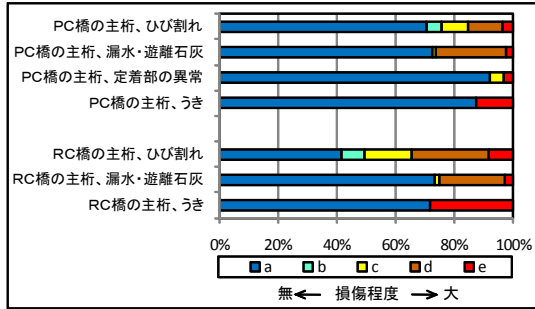


図-3 コンクリート橋の主な損傷の発生状況

緊張鋼材が健全であることが橋の安全確保には重要であり、緊張鋼材の腐食の原因となり得る主桁のひびわれや漏水の実態解明と対策が急務となりつつあることが、伺える。

このように、個々には極めて多様な条件下にあるため不明な点が多かった道路橋についても、全国規模で同じ質のデータを収集・分析することで、劣化の実態を評価できることも分かってきた。合



写真-1 コンクリート床版の抜け落ち

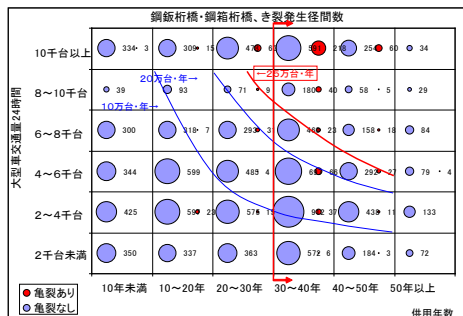
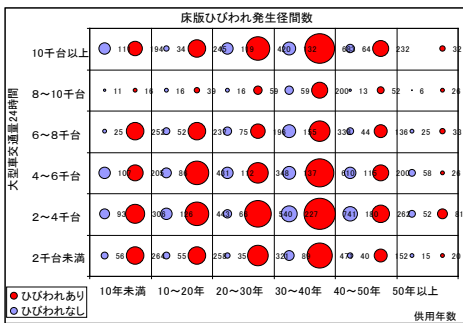


図-4 供用年数及び大型車交通量と損傷との関係
上：RC床版のひび割れ、下：鋼桁橋の亀裂

理的な予防保全策や長寿命化方策を確立するためには、データの蓄積とその分析が不可欠であると言える。

2.2 近年の重大損傷事例

写真-1に示すのは、コンクリート床版の抜け落ちの事例である。図-4の上図はコンクリート床版におけるひび割れ発生径間数を、下図は鋼桁橋における亀裂発生径間数を示している。上図からは、一般にコンクリート床版の疲労と密接な関係があると考えられている供用年数や大型車交通量との明確な相関は見られない。下図からは、傾向としては累積大型車交通量が多くなるにつれてき裂発生割合が高くなる(累積大型車交通量25万台・年以上(図中の赤曲線)又は供用年数30年以上(図中の赤仕切り線))ようにも解釈できそうである。

このように、道路橋の劣化や損傷のメカニズムについては徐々に明らかになりつつあるものの、既設の道路橋では、外力条件や架橋環境のみならず適用基準や材料品質もそれぞれ異なっていることから、劣化特性には不明な点が多く残されており、既存の知見ではほとんどの場合精度の高い将来予測は困難な状況である。

写真-2は、鋼製橋脚の隅角部に生じたき裂の例である。塗膜下のき裂は近接目視でも発見は困難であることから、国土交通省ではこの例を受けて全国調査を実施し、多数の損傷橋脚があることを確認した(表-1)。

他にも、我が国では、近年突然の落橋事故につながりかねない重大損傷が、目視点検では確認困難な部位で発生している。写真-3は、鋼トラス橋の斜材がコンクリート埋込み部内部で腐食して破断した事例である。この事故を受けて全国で行われた緊急点検でも、同様の事故につながりかねな

表-1 隅角部を有する鋼製橋脚の点検結果(H14.9)

橋脚数	損傷あり	損傷なし
334橋脚	125橋脚	209橋脚

出典:国土交通省HP



写真-2 鋼製橋脚隅角部の疲労き裂

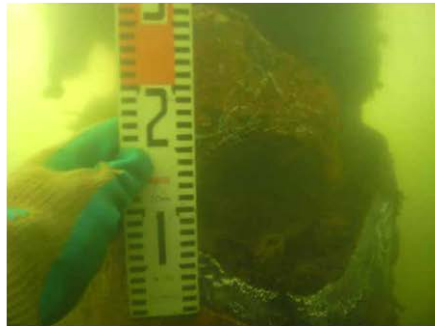


写真-3 引張斜材の腐食破断事例

写真-4 鋼製パイルベント橋脚の腐食事例

写真-5 PCケーブルの損傷事例

い腐食が少なからず発見された。写真-4は、河川内の鋼パイルベント橋脚が水中部で著しい腐食により断面欠損していた事例である。この例の場合も、その後全国で緊急調査が行われ、汽水域や沿岸部で同種事例が多数見つかっている。

更に、写真-5は、PC橋の補修工事の際に緊張ケーブルが多数破断していることが発覚した例である。PC橋では、緊張材の破断等で耐荷力余裕が減少しても、外観には顕著なひびわれや変位などの目立った異常が現れない可能性があり、現在のところ、内部鋼材の腐食が疑われる錆色の変色又は確認できるひび割れの性状の詳細分析、あるいはコア抜きなどの部分的な破壊調査によるしか、有効な調査手法がない。

このように、高齢化が進む我が国の道路橋では、外観目視点検では把握困難な部位で、致命的な事態につながる可能性のある重大な損傷も生じてきていることが明らかになりつつある。

2.3 道路橋の維持管理における課題

図-5に、経年の劣化進展の例を示す。供用年数を経るにつれて、深刻な状態と判断される橋の率は増加する傾向が見られる。また、致命的な事故につながりかねないPC橋のひび割れ、鋼部材の腐食などの損傷は、定期点検結果から求めた状態遷移確率からも経年につれて確実に悪化していく傾向が明らかとなりつつある。

これらを念頭におくと、外観目視点検による異常検知の限界は、高齢化橋梁が増加するにつれてその克服がますます重要になることは確実と考えられ、非破壊検査技術などの開発と目視点検を補える実務への導入策の確立が急務であると言える。

因みに、写真-5の例では、調査したPC鋼材の

15%近くに著しい腐食や破断が確認され、重量車輛を通過させた載荷試験を行ったものの、現有の耐荷力余裕について正確な推定を行うことは困難であった。この理由としては、既設橋では、設計上の仮定と応力状態や抵抗機構、材料特性が必ずしも同じでないこと、内部鋼材の健全性或初期のプレストレス導入量など実橋で得られる情報には限界があること、実際に劣化した材料や部材が荷重に対してどのような挙動をするのかについてほとんど知見がないことなどがあげられる。このことは、PC橋に限らず多くの橋に共通した課題であり、精緻な数値解析や実測を行っても、その結果を、実橋の正確な評価及び信頼性の高い合理的な補修補強対策に結びつけることができないのである。

建設時には、自ら仮定した設計条件を満足できるように製作や施工を意図して行うことで、所要の性能を実現することが可能である。しかし、多種多様で人工的には再現困難な実橋の劣化事象に対しては、材料特性や力学的挙動などの基礎的な知識の蓄積も少なく、的確な診断・補修・補強の大きな障害となっている。そのため、実際に劣化した材料や部材に対する知見を収集・分析し、対策技術の普遍化を図ることが急務であると言える。

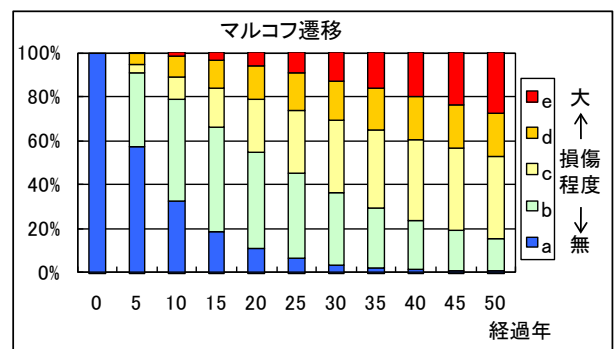


図-5 鋼主桁の腐食のマルコフ遷移確率

写真-6左は大規模地震時に斜面崩壊の影響で落橋した例、右は橋台背面が陥没した例である。橋の状態に関する最新情報は、通常は点検の際に詳細に把握される。しかし、地震等の突発的に生じる自然災害や、先に示したような点検だけでは必ずしも完全に把握できない事象によって、橋が深刻な状態となることもある。特に我が国では、地震や台風などの大規模な自然災害が高頻度で生じ得る環境にある一方で、橋全体の高齢化が急速に進みつつある。経済や社会への影響を考慮すると、昼夜を問わず生じ得る交通に支障を生じるような突発的な橋の深刻な異常状態をできるだけ早期に検知して、二次被害の防止と的確な初動対応に結びつけることのできる体制の構築も重要な課題と考えられる。

これに対しては、間欠的に行われる点検とは別に、橋の異常の有無を知るために必要な情報に限っても常時監視することも有効であると考えられる。特にGPSに代表されるような位置特定技術、画像処理技術、情報伝送技術などは日々急速に進化を続けており、将来の合理化を見据えた検討が求められている。

3. これからの道路橋の維持管理に向けて

以上に述べた道路橋保全を取り巻く状況の中で、これまでの維持管理における課題に対応するために、これからの道路橋の維持管理では、落橋等に至るような重大な損傷を未然に防ぐためにも、早期発見・早期対策の「予防保全」の考えを取り入れた維持管理体系を構築することが重要である。そのためには、点検データ取得、状態予測、健全度評価、補修・補強等対策の合理的維持管理サイ

クルに基づいた、予防保全システムを構築することが重要である。

予防保全に向けた具体的取り組みとして、見えない箇所を診るための「非破壊検査技術の適用性評価」、疲労や腐食が生じた部材の耐力・耐久性評価など適切な診断を行うための「損傷に伴う現有性能の評価」、適切な劣化予測のための「限界の把握とそれを踏まえたアセットマネジメント」、著しい損傷が生じた橋梁の崩壊など突発的事象へ対応するための「常時監視技術の開発」等がある。こうした取り組みに際しては、個々の道路橋毎に構造条件、架橋条件等の不確実性を有している中で、実橋の状態を適切に評価するために、実橋そのものを用いて調査・分析を行う臨床的なアプローチも重要となる。

4. まとめ

以上のように、道路橋保全を取り巻く状況下において、道路橋の維持管理の現状と課題及びこれからの道路橋の維持管理における取り組みについて述べた。将来、道路橋の合理的な維持管理サイクルの中で、「予防保全」を考慮した維持管理体系の確立を目指すためには、点検データ及び道路橋の損傷・不具合事例等の知見を管理分析し、既設道路橋の機能・性能を正確に把握・分析し、それらの蓄積されたデータに基づく科学的な維持管理を行っていくことが重要である。その中で、国総研では「人」と「科学」、「点検」と「管理」の最適組み合わせを考慮し、全国の直轄の点検データの管理分析、維持管理の合理化・高度化に係る研究、技術的支援等を行っているのである。



写真-6 地震による変状
左：斜面崩壊による落橋、右：橋台背面の陥没

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