

財団法人新潟県建設技術センター
平成 26 年度研究助成報告書

「橋梁点検の合理化のための簡易点検手法の検証と
点検結果の分析に関する事業」

平成 27 年 3 月

研究代表者

長岡工業高等専門学校 井林 康

橋梁点検の合理化のための簡易点検手法の検証と点検結果の分析に関する事業

井林 康^{*1}・長井 宏平^{*2}・田中泰司^{*2}

A. 橋梁点検結果分析に関する検討

1. はじめに

老朽化した橋梁の数が急速に増加し、橋梁の維持管理の重要性が一般にも広く認知され始めている。日本には約70万橋の橋梁があるが、そのうち約7割が市町村の管理下に置かれている¹⁾。しかしそれら市町村管理下橋梁は技術者や財源の不足のため、これまで十分に維持管理されておらず、維持管理のノウハウが蓄積されてこなかったと言われている。近年、橋梁の点検・維持管理施策の策定の要求が高まっているが、特に小さな市町村は独立での実行が困難であり、国や県からのサポートが必要になっている。しかし維持管理において有効な成果を得るために、各市町村が自らの管理している橋梁群に対して独自の実態を把握し、主体的にそれらを計画に反映することが必要となる。今年度より橋梁の全部位を5年毎に近接目視するように、改正道路法施行規則にて国から指示され、ますます維持管理施策の効率性が求められるようになった。より細かくより頻度の高い点検の義務付けは市町村にとって負担になるものであるが、同時に点検データの蓄積がより一層進むことに繋がる。市町村独自の点検データの蓄積は、それを解析することにより市町村の個別特徴を抜き出すことを可能にするという意味で、維持管理施策の効率性・効果性を高めることに繋がるため、高いポテンシャルを持つ。国土技術政策総合研究所では直轄国道橋梁の点検データを解析することで、道路橋の健全度の把握にあたって最低限必要と考えられる基礎的情報を得るための手法について提案し、維持管理方策の合理化に貢献している²⁾。また点検データから劣化推移の予測を試みる研究も直轄国道では進んでいる³⁾⁴⁾。

維持管理におけるデータ分析の活用はこれまで研究されてきたが、多くは直轄国道や県道の橋梁点検データを扱っており、維持管理が行き届いていないと言われ

る市町村の橋梁点検データを、数千橋単位でマクロ的に分析した研究は見当たらない。本研究では、新潟県の市町村管理下橋梁の点検データを用いて経年劣化傾向を分析するとともに、市町村における橋梁劣化の実態を把握することから、維持管理合理化の勘所について考察する。

2. データの概要と分析の方法

2.1 点検データ概要

新潟県では長寿命化修繕計画の策定にあたって、新潟県の外郭団体である新潟県建設技術センターが各市町村をとりまとめて計画策定を行っている。本研究では建設技術センターから提供された、26市町村（表-1）の管理する橋梁の点検データを用いてデータ分析を行う。橋梁ひとつの点検データにつき、名称・架橋年次・路線情報・構造情報・位置情報・部位健全度等が記載されている。部位健全度は6段階で評価されており、表-2の通りに分類されている。なお健全度BはB1・B2とさらに二段階に詳細に評価され、健全度CはC1・C2・C3と三段階に詳細に評価され、数字が大きいほど劣化していることを示す。経年劣化傾向分析するに当たり、橋梁の架橋してからの経過年数が必要となるが、健全度と経過年数の値がリンクしていることが前提となるため、本分析を行った時点での橋梁の経過年数ではなく、点検した年次の値から架橋年次の値を引くことで経過年数を求めた。なお、26市町村の管理する橋梁のうち一覧データで処理できたのが9728橋あり、そのうち架橋年次が記載されている橋梁は4141橋に留まる。これは古い橋梁はいつ架橋したか記録が残っていないことや市町村合併に伴い記録を処分してしまったことなどが原因で、経過年数のデータは失われたと考えられる。これ以後の経年劣化傾向の分析では基本的に4141橋のデータを基に行っていく。また本研究では、部位毎の健全度ではなく、橋梁全体の健

*1 長岡工業高等専門学校環境都市工学科

*2 東京大学生産技術研究所

全度を扱うときは点検データに記載されている主要部材最悪値を橋梁全体の健全度として代替的に扱う。これは主桁・床版・橋脚・橋台・基礎・支承部など橋の機能を担う主要な部位の健全度のうち最悪の健全度のことである。

2.2 経年劣化傾向分析の方法

経年劣化傾向分析は、簡便に健全度と経過年数の相関関係を見ることによる分析とした。そのためまず点検データの健全度を表-2に記載されている通りに数値化した。健全度Mに該当する損傷は土砂詰まりや落書き程度であり、これを健全度Aと同等の損傷と見なし健全度Aと同じ点数をつけた。また健全度Sについては様々な状態が有りうるが、橋台の洗掘や補修箇所の再劣化など決して軽視できない状態も見受けられたため健全度Eと同じ点数付けをすることとした。こうして点数付けした健全度と経過年数の相関関係で見ることで、経過年数が増えるにつれて健全度がどのように相関するのか確認ができる。また決定係数を見ることで、経年劣化傾向度合を知ることができる。

3. 新潟県内の市町村管理下橋梁の現状

3.1 経過年数ごとの橋梁数

図-1には経過年数ごとに見た橋梁数を示している。10年ごとに経過年数のグループを作り、グループ毎の橋梁数を棒グラフに示した。経過年数が50年より長い橋梁は現状まださほど多くなく、全体の約7%に過ぎない。しかし経過年数40年～50年のグループの橋梁数が約840橋もあるため、10年後には、全体の約28%が経過年数で50年以上となる。なお先述した通り、架橋年次が把握できる橋梁群は全体の約4割に過ぎないため、市町村の実態がすべてグラフ化されているわけではない。

3.2 橋長ごとの橋梁数

図-2には橋長毎の橋梁数と橋梁種別内訳を示した。橋長が長くなるにつれて橋梁種別の内訳に変化が生じており、長い橋には鋼橋が多く、短い橋にはボックスカルバートやRC橋が多いことがわかる。橋長が30m～150mの橋梁の約64%は鋼橋であった。また図-3、図-4には市町村と北陸地方整備局の管理する橋梁の、橋長別の割合を示した。橋長が15m以下の橋梁は市町村において81%を占めているのに対し、北陸地方整備局では42%となっており、市町村には橋長の短い橋梁が多く存在することがわかる。

3.3 橋梁種別ごとの橋梁数・健全度内訳

図-5、図-6には橋梁種別に見た橋梁数と健全度内訳を示した。図-5は経過年数不明の橋梁も含めたデータを、図-6では経過年数判明橋梁のみのデータを扱った。図-5を見て分かる通り、市町村の管理する橋梁ではRC

表-1 データ提供元市町村

阿賀町	三条市	村上市
阿賀野市	聖籠町	糸魚川市
出雲崎町	関川村	十日町市
魚沼市	胎内市	小千谷市
柏崎市	田上町	新発田市
加茂市	燕市	津南町
刈羽村	長岡市	弥彦村
五泉市	見附市	湯沢町
佐渡市	南魚沼市	

表-2 健全度評価内容

評価	詳細	変換数値
健全度A	損傷なし・損傷軽微	1
健全度M	維持管理工事での対応	1
健全度B1, B2	状況に応じて補修が必要	2,3
健全度C1, C2, C3	速やかに補修が必要	4,5,6
健全度E	緊急対応の必要	7
健全度S	詳細調査が必要	7

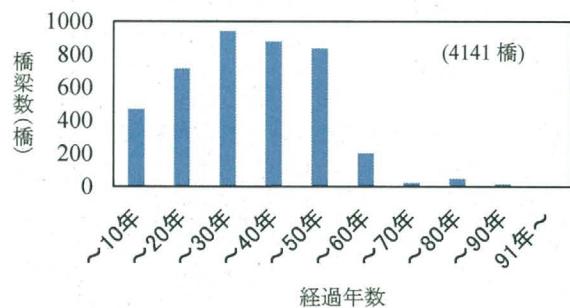


図-1 経過年数別の橋梁数

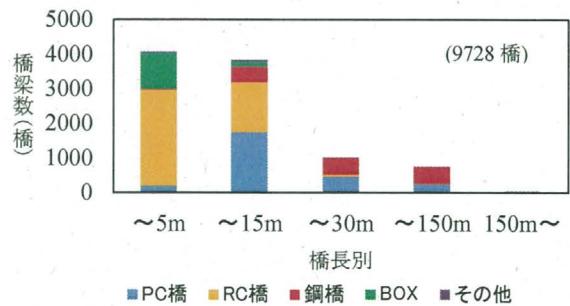


図-2 橋長別の橋梁数及び橋梁種別内訳

橋が最も多いため、経過年数不明橋梁もRC橋が最も多い。RC橋は全体で4303橋あるが、そのうち3250橋もの橋梁が経過年数不明であった。RC橋はPC橋や鋼橋よりも古くに多く建設されていたと考えられ、過去の情報管理が適切に行われてこなかったことが推察される。劣化割合については、図-5から、鋼橋のほうがコンクリート橋(PC橋・RC橋)よりも健全度C・E・Sを占める割合は高く、その割合は鋼橋で約73%であり、PC橋約21%，

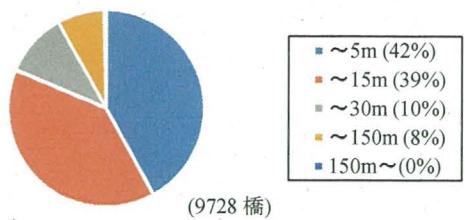
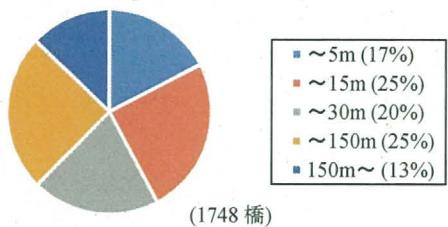


図-3 市町村における橋長別の内訳



※北陸地方整備局 橋梁長寿命化修繕計画リストより作成
(平成 25 年 4 月 1 日時点)

図-4 北陸地方整備局の管理する橋梁における橋長別の内訳

RC 橋約 31% となっている。つまり補修しなければならない鋼橋の橋梁割合が多いことが示されている。また市町村に多く架けられているボックスカルバートは健全な橋梁が大部分を占めていることがわかる。図に示されている他の橋梁は木橋や石橋など構造的に劣化に弱い橋梁のため劣化の割合が高い。

4. 経年劣化傾向分析

4.1 概説

3 章で確認したとおり市町村が管理する橋梁は多種多様であり、劣化因子もそれぞれ異なり多様であると想定されるので、それぞれ異なる経年劣化の傾向があると考えられる。そこで簡便に健全度と経過年数の相関関係より経年劣化の傾向をマクロで把握していくことで、市町村管理橋梁の劣化特徴を探る。

4.2 新潟県市町村橋梁の経年劣化傾向

一般に年数を経るにつれて何らかの損傷が生じ、橋梁は劣化することが知られている。新潟県全橋梁が経年劣化の傾向をマクロ的に示しているか確認するため、健全度と経過年数の値をプロットしたバブルチャートを図-7 に示した。先述した数値変換により(表-2)、縦軸の数字が大きくなるほど健全度が下がる。バブルの大きさが、特定の橋梁群に属す橋梁の個数の多さを表している。データに加工を行わず全橋梁をそのままプロットすると、データの量が多くなるため全体の傾向を認識しにくい。

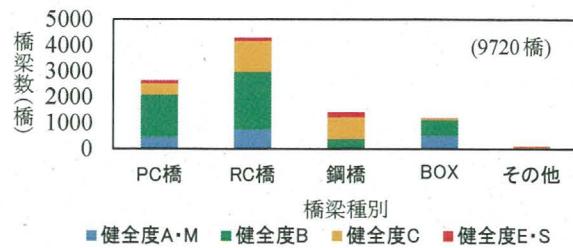


図-5 橋梁種別の橋梁数及び健全度内訳(全橋梁)

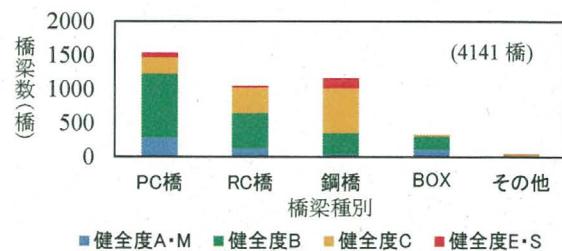


図-6 橋梁種別の橋梁数及び健全度内訳(経過年数判明橋梁のみ)

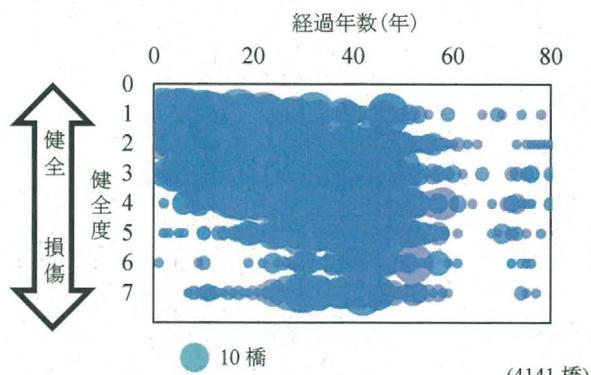


図-7 全橋梁の経年劣化傾向

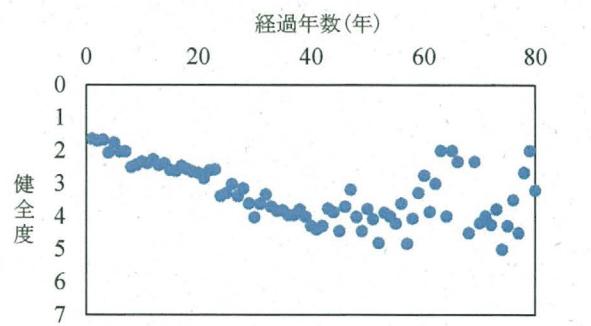
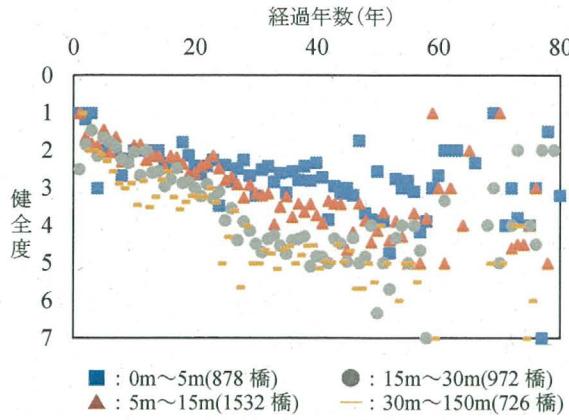


図-8 各年平均健全度を用いた全橋梁の経年劣化傾向

そこで図-8 には各年平均健全度と経過年数で軸を取り、散布図にプロットした。ここで言う各年平均健全度とは、同一経過年数の橋梁群の主要部材健全度の平均値のことである。先ほど同様に縦軸の数字が上がるにつれて健全度が下がるため、図より経過年数に応じておよそ 50 年まで直線的に健全度が低下していく様が見て取れる。ここ



で経過年数約50年以後から健全度が上がっていく様子が見受けられるが、これは老朽化した橋梁が既に修復されており健全度が上がること、50年以後の橋梁はそもそも少ないためデータがばらつくこと、50年以上前はコンクリートミキサー車の使用以前で比較的丁寧なコンクリートの打設が行われていたこと等が理由として考えられる⁵⁾。

4.3 橋長別経年劣化傾向

図-9には橋長毎の経過年数と各年平均健全度の値を散布図にプロットし、相関関係を示した。縦軸の健全度には主要部材最悪値を用いている。橋長毎に経年劣化の傾向速度に違いがあり、短いほど経年劣化に強く、長いほど経年劣化が進みやすい傾向にあることがわかる。図-2に示した通り、短い橋長の橋梁はボックスカルバートが多くなるため、平均で見ると劣化に強いと考えられる。また橋長の長い橋梁は劣化割合の高い鋼橋が多く、外的要因に曝される部位の数も多いため平均的に見ると経年劣化に弱いと考えられる。橋長の長さは橋梁の利用度と比例しているとも考えられ、使用頻度も一因として挙げられるが、本研究の分析の範囲では明確にはできない。ただ、橋長が長いほど経年劣化が進む傾向にあることは、利用度の観点からも重大な事故に繋がらないよう維持管理を進めねばならないことを示唆している。

4.4 橋梁種別経年劣化傾向

図-10、図-11、図-12、図-13には橋梁種別での経年劣化傾向を示した。主要部材最悪値を縦軸の健全度として使用している。図-10を見ると、鋼橋は経過年数50年の時点で健全度数値が約5（評価C2）まで下がり、経過年数が50年経過したPC橋・RC橋（図-11、図-12）よりも低い値となっている。コンクリート橋は鋼橋より劣化は直線的でなく、PC橋は約25年、RC橋は約40年から劣化が進むように見える。また50年を過ぎても鋼橋ほど健全度は低下しないことも示されている。図-13よりボックスカルバートは経年劣化傾向のばらつ

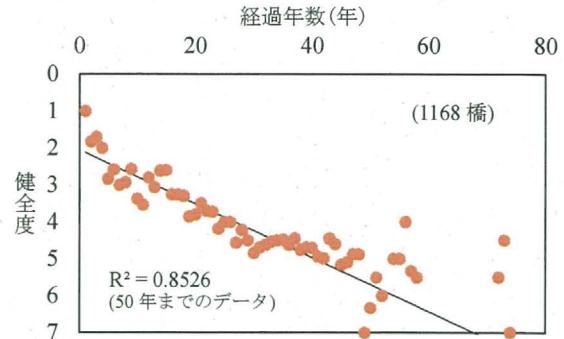


図-10 鋼橋の経年劣化傾向

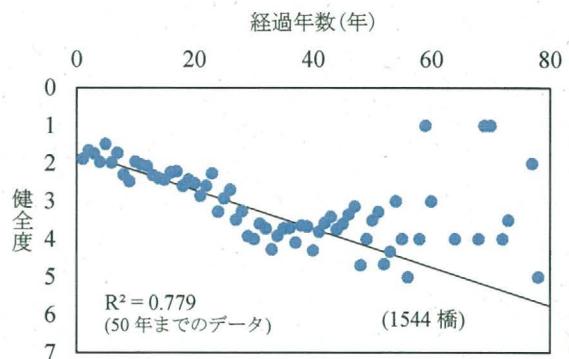


図-11 PC橋の経年劣化傾向

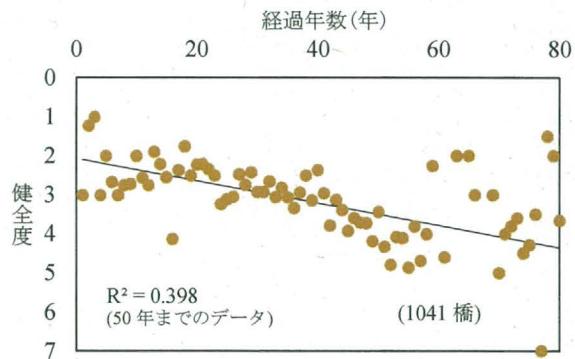


図-12 RC橋の経年劣化傾向

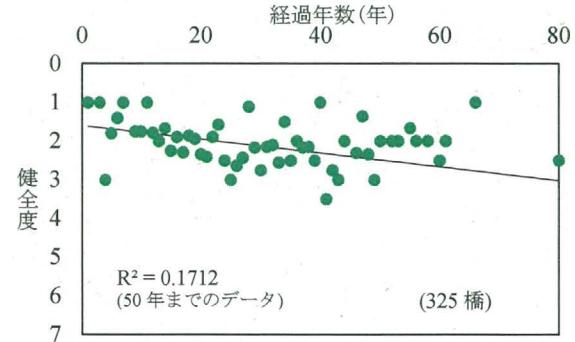


図-13 ボックスカルバートの経年劣化傾向

きが大きいが、全体としてほとんど健全度が下がっておらず、経過年数にかかわらず比較的健全度を高く保ち続けられることがわかる。図中の直線は経過年数 50 年までのデータに対する近似直線である。鋼橋は PC 橋・RC 橋と比較して劣化が早く、経過年数 50 年を過ぎても健全度が下がり続けている。また決定係数も大きい。PC 橋と RC 橋では PC 橋の方が決定係数が大きく、RC 橋のデータはばらつきが大きい。ここから、特に鋼橋の劣化は経年劣化に依るもののが大きく、また経年劣化傾向が予測しやすいと考え、鋼橋とコンクリート橋（PC 橋・RC 橋）の劣化特徴について点検データから考察を加える。

図-14、図-15 は劣化がかなり進み健全度評価が C3・E になっている橋梁の点検調書から損傷状態を抜き出し、主要劣化要因を経過年数 10 年毎に図で示したものである。これらの損傷状態内訳を参考に鋼橋・コンクリート橋の経年劣化傾向の違いを考察する。図-14 を見ると鋼橋の損傷は腐食が大部分を占めることがわかる。一般に鋼橋特有の損傷は疲労亀裂と腐食が挙げられるが、交通量の少ない市町村においては、鋼橋特有の損傷は腐食がほとんどとなる。鋼橋は、品質や設計という内部要因がよりも、主に外的環境から塩分と水分供給という外部要因の累積によって徐々に錆が進行するため、直線的な経年劣化傾向を示すと考えられ、損傷割合も経年により比例的に増加する。特に市町村では長年に渡り定期点検がなされておらず、塗装の塗り替えも行われてこなかった橋梁が多いので、傾向が明確に表れている。一方で図-15 を見ると、コンクリート橋の損傷状態は剥離・鉄筋露出、ひびわれ、変形・欠損等が挙げられており、損傷状態が多様であることがわかる。これらは供用後の外的環境も原因であるが、コンクリート構造物の初期品質も大きな原因であると考えられる。つまりコンクリート構造物はかぶり不足や施工不良などの内部要因に加えて、外部要因も原因となって、様々な損傷によって健全度が低下する。図-16、図-17 には経過年数 10 年以内の橋梁のうち健全度が C1、C2、C3、E となったものの損傷状態内訳を示したものである。図-14、図-15 で見られたそれぞれの特徴が同様に見受けられる。鋼橋は腐食が大半を占める一方、コンクリート橋は様々な損傷が生じている。ここで図-12 の経過年数 10 年までを見ると、RC 橋は既に初期の段階で他の橋種より健全度が低い。これはかぶり不足や施工不良による初期欠陥に起因すると考えられ、経年劣化以外の要因が現れている。またかぶりが不足していた場合コンクリートの剥離・鉄筋露出に繋がりやすいが、こうした損傷は発覚した際に健全度が大きく下がる。損傷は徐々に進んでいても、点検では基本的に構造物の表面の状態しか確認しないため、認識判定される健全度は徐々に低下するとは限らない。こう

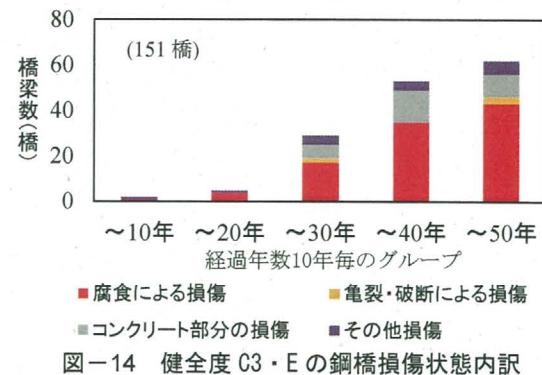


図-14 健全度 C3・E の鋼橋損傷状態内訳

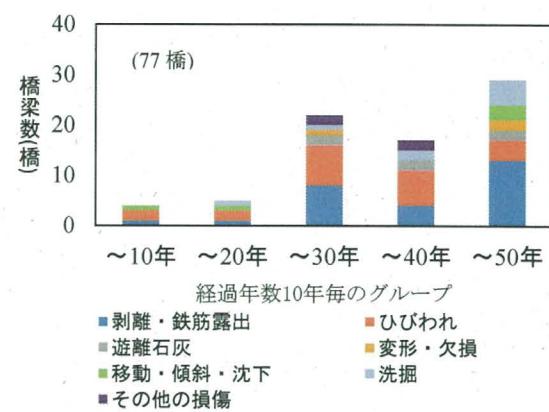


図-15 健全度 C3・E のコンクリート橋損傷状態内訳

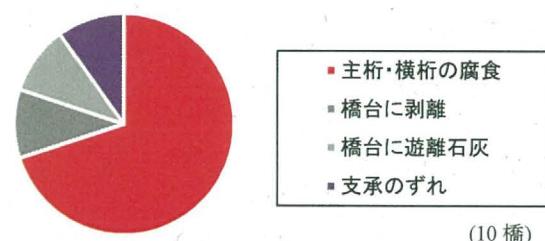


図-16 経過年数 10 年以内の健全度 C1・C2・C3・E 劣化鋼橋損傷状態内訳

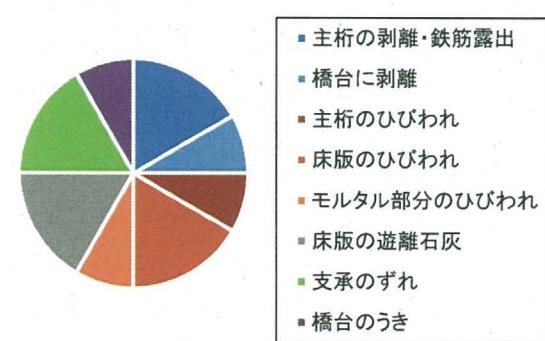


図-17 経過年数 10 年以内の健全度 C1・C2・C3・E 劣化コンクリート橋損傷状態内訳

した理由により特に RC 橋は同じ経過年数であっても橋梁ごとの健全度はばらつきが大きい。PC 橋はプレキャスト桁もあり品質が RC 橋より保たれており、初期のばらつきが小さい（図-11、図-12）。ただし経年劣化速度は RC 橋より早く、PC 橋と RC 橋の優劣をつけることはこのデータのみからは難しい。

最後に、市町村の橋梁維持管理体制について、本研究の点検データ分析結果から考察を加える。鋼橋の損傷は腐食が多く、劣化の大部分は経年劣化に依るということは、維持管理の対策や想定がし易いということが言える。基本的には経過年数の経った鋼橋から優先して補修すれば良く、高い技術力を要さず、水掛かり部への対策や、定期的な塗装塗り替えと簡易メンテナンスや観察だけで、技術力の低い市町村が比較的自力で積極的に維持管理できると言えよう。適切な維持管理をすれば、劣化割合も減らせると考えられる。一方コンクリート橋梁は基本的には劣化に強いという傾向はあるが、経年以外にも様々な要因で劣化が生じているため、維持管理においては初期欠陥やかぶりの不足を施工完了時に発見する高い技術力、初期や定期点検で損傷が発見された際にその内容を吟味する能力、補修の優先順位を判断する能力等が必要となる。この点では、市町村が主体的な判断で維持管理していくことは容易ではないと考えられる。ただし、実際の橋梁建設や維持管理にはコスト面の検討が重要であるが、本研究では扱っていない。長期的な維持管理における実際のコスト調査や研究は特にコンクリート橋に関して進んでおらず⁹⁾、今後はこれらと合わせた検討が必要となる。

5.まとめ

本研究では、点検データに用いて新潟県内の市町村が管理する橋梁群における経年劣化傾向を分析した。得られた結論を下記に要約する。

- (1) 本研究の分析対象橋梁群は、10 年後には経過年数で 50 年以上となる割合が 7%から 28%に急増する。ただし、全 9728 橋のうち建設年が判明している 4141 橋のみのデータであり、実際には更に経年が進んでいると推測される。
- (2) 鋼橋の約 73%は補修が必要な状態にあり、その割合はコンクリート橋やボックスカルバートよりも高い。
- (3) 健全度を数値データに変換し経過年数との相関分析を行うことで、経年劣化傾向を把握できた。特に各年平均健全度を用いると経年劣化傾向の把握が

容易となり、建設後約 50 年までは全橋梁の平均で直線的に劣化する。

- (4) 橋長別では長い橋梁ほど経年劣化が進む傾向にある。長い橋は劣化割合の高い鋼橋が多く、また外的要因に曝される部位の数も多いことが原因と考えられる。
- (5) 鋼橋の経年劣化傾向は直線的であることが判明した。これは主要劣化要因が腐食であり経年劣化に依るため、適切な管理をしないと劣化割合は増えるが、比較的簡易な定期メンテナンスで積極的な維持管理が可能である。一方のコンクリート橋は経年劣化傾向が直線的でなく、劣化が初期欠陥と経年の影響による多様な損傷で現れるため維持管理において高い技術力が必要となると考えられる。なお、ボックスカルバートは他の種類よりも経年劣化に強く、維持管理が容易である。

B. タブレット端末橋梁点検システムの開発とその効果の検証

1.はじめに

近年、橋梁の維持管理は重要となってきているが、特に小さな自治体では専門知識を持つ技術者や橋梁の点検予算が不足してきており、効率的な維持管理が必要となっている。本研究室ではこれまで、橋梁の簡易的な点検手法としてタブレット端末を用いた概略点検システムを構築してきたが、本研究では構築した概略点検システムの損傷評価の有効性を検討するため、概略点検の結果と、過去に行った定期点検の結果の比較を行った。また、平成 26 年度に国土交通省より出された橋梁定期点検要領に基づいて開発を行った、新しいシステムである概略点検システム II の点検結果の考察を行った。

2.概略点検システムの概要

概略点検システムでは、各部材毎にいくつかの点検項目があり、それぞれの点検項目に対して、図-1 の左の画面のように「Yes」、「No」、「目視不可」の 3 択で回答を行う。「No」、「目視不可」を選択した場合は次の点検項目へと移動し、「Yes」を選択した場合は、図-1 の右の画面のように損傷の記録画面に移動して、損傷を撮影し、該当の損傷にチェックをする。損傷の確認は、基本的には点検員の直接目視によって行い、直接目視が困難な場合は、一脚とカメラを用いた間接目視によって確認を行う。

表-2 集計結果

評価	桁全体	伸縮装置	排水構	主桁			床版			支承			下部構造		
				装置の異常	ひび割れ	剥離 鉄筋露出	遊離石灰 漏水	ひび割れ	剥離 鉄筋露出	遊離石灰 漏水	錆び	土砂の堆積	ひび割れ	剥離 鉄筋露出	遊離石灰 漏水
I	18	10	16	4	5	10	9	14	15	2	5	2	14	6	
II	0	8	2	9	0	8	7	0	2	0	14	0	0	13	
III	0	0	0	3	13	0	1	3	0	17	0	15	5	0	
IV	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	
不	0	1	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0	0	0	
最頻値	I	I	I	II	III	I	I	I	III	II	III	I	I	II	

また、橋梁の損傷評価は「A」、「I」、「II」、「目視不可」の4段階で行う。「A」は詳細点検の必要なし、「I」は詳細点検の必要性を協議、「II」は詳細点検が必要、「目視不可」は目視を行うことができなかつた橋梁となる。最終的に「A」、「I」となった橋梁に対しては詳細点検を必要なし、「II」、「目視不可」となった橋梁に対しては詳細点検を必要とする。

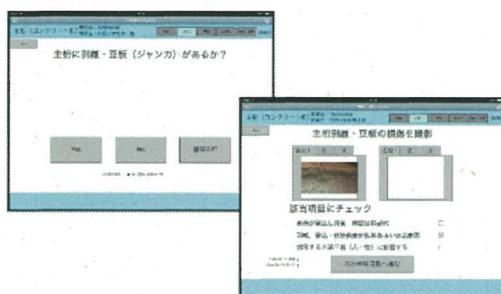


図-1 概略点検システムの画面の例

表-1 健全度区分の変換

健全度区分	基準内容	変換後
A	損傷なし	A
M	土砂詰まり等の損傷	
B	損傷があるが重大なものではない	
S	原因を追求する必要がある損傷	I
C	5年以内に補修等をする必要がある損傷	
E	重大な損傷	II

3. 点検結果の比較

3.1 比較方法

新潟県内のある自治体が管理する42橋に対して、平成25年度に我々が行った概略点検の結果⁷⁾と、平成21、22年度にその自治体が行った定期点検の結果の比較を行った。概略点検と定期点検では損傷評価の段階が違うため、それぞれの損傷評価の評価基準を元に、定期点検の損傷評価を表-1のように概略点検の損傷評価に置き換えることで比較を行った。その結果、損傷評価が同じとなったものを「差異なし」、定期点検の評価より概略点検の評価が大きいものを「安全側差異」、定期点検の評価より概略点検の評価が小さいものを「危険側差異」とした。

3.2 比較結果

概略点検時に修繕及び架替中であった2橋を除き、実際に概略点検を行った橋梁40橋の736項目を対象に比較を行った結果を図-2に示す、差異なししが95%、安全側差異が3%、危険側差異が2%となった。

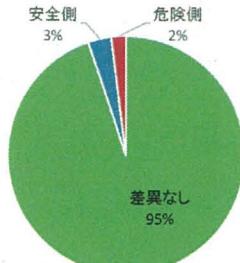


図-2 概略点検と定期点検の比較結果

比較項目を部材別に見てみると、安全側差異となった部材は舗装が10項目、高欄・防護柵・地覆が3項目、主桁が5項目、橋台・橋脚が3項目となっていた。差異の内容を見てみると、舗装の小さなひび割れや地覆の初期不良による鉄筋露出が過大に評価されている項目や、損傷の進行によって評価ランクが変わった項目があった。

危険側差異となったものは、高欄・防護柵・地覆が4項目、伸縮装置が1項目、床版が3項目、橋台・橋脚が7項目となった。危険側差異の内容は、過小評価や損傷の見落としが多く、橋台・橋脚の差異は間接目視で損傷を正しく把握できていなかった項目も見られた。

以上のことから、概略点検システム全体としては大きな問題はないが、損傷評価を適切に行うには、点検員の正しい知識と、点検項目ごとの慎重な点検が重要であると考えられる。

4. 概略点検システムIIと従来との違い

平成26年度の6月に国土交通省より公表された橋梁定期点検要領⁸⁾に基づいて、概略点検システムIIを作成した。図-3に画面の一例を示す。従来の概略点検システムからの変更点として、従来は損傷の確認は3択で行っていたが、概略点検システムIIでは橋梁定期点検要領の変更に伴い、損傷の評価方法も参考写真を参照しつつ「目視不可」、「なし」、「あり(要予防保全)」、「あり(要早期対応)」、「あり(要緊急対応)」の5択とし、結果も「I」、「II」、「III」、「IV」の4段階となるようにした。また、間接目視による損傷の確認を廃止し、確認方法を近接目視のみとした。



図-3 概略点検システムIIの画面の例

5. 概略点検システムIIを用いた点検結果

平成26年10月に、新潟県内にて土木技術者の育成を目的として行われた講習会において、ある橋梁を対象に概略点検システムIIを用いて点検を行った。対象者は、一般の橋梁維持管理の知識を有する社会人19名である。受講者が判定した評価結果を集計したものを表-2に示す。

集計の結果、「伸縮装置」や「遊離石灰・漏水」の項目では評価が2つに別れていたが、これは損傷が評価の中間近くに該当するために、判断に差が出たと推測される。逆に「ひび割れ」や「剥離・鉄筋露出」の項目においては、評価に全体的なばらつきが発生しており、正しい評価ができていないと考えられる。また、同一の損傷だが主桁の損傷として評価されているものと、床版の損傷として評価されているものがあり、損傷評価には点検者の主観によってある程度差異がでてしまうことが判明した。点検者ごとの個人差によるものか、要領やシステムの改善が必要なものか、今後検討していく必要がある。

6. 今後の予定

現在、いくつかの自治体が管理する橋梁を対象に、概略点検システムIIを用いて実地調査を行っており、今後もこれまでのシステムとの比較や、近接目視の有効性について検討を行っていく予定である。

C. 補修設計時の点検・積算の技術的課題の克服およびLCC算定方法の最適化

1 目的

現在、多くの補修工事で赤字工事になってしまうことが問題視されており、LCCを正確に比較するためには、その問題点を明らかにする必要がある。調査の結果、点検調査、積算、劣化予測、構造物の不確定要素が問題点であることが判明した。本研究では、これらの問題点を解決することで、LCC算定方法を改善していくことを目的としている。研究対象は、新潟県で補修工事履歴がある5橋梁（構造形式、架設年数の条件なし）として、点

図-1 新潟県における補修工事受注までのフロー

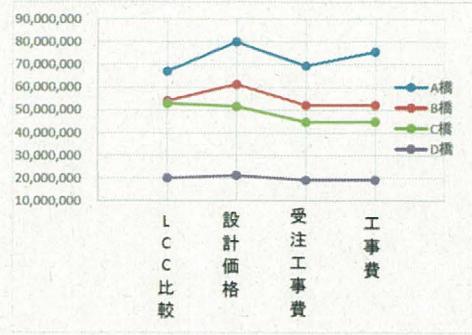


図-2 工事価格の推移

補修工事発注までのフロー(新潟県)



検査と積算の問題点の分析と解決案の検討をしていく。

2 調査結果

図-2は、設計の際の補修工法の選択に用いられるLCC比較価格と役所が積算した設計価格、施工会社が受注する際に積算した受注価格、実際の工事価格の推移を表したグラフである。基本的に、LCC比較の価格は概算であり、設計書の数量をもとに詳細に積算した設計価格の方が、高くなる傾向がある。(例えば、材料費等を含めて計算する) また、受注工事費は、設計価格の約9割を最低価格として、各施工会社が積算し、一番低くなるところが落札され受注されるので、設計価格よりは低くなる傾向がある。

注) 工事費は、受注工事費と同じにしているが、実際の工事費は現在調査中。ただし、A橋に関しては、工事の計画練り直しのため増額分を加算している

3 点検調査においての調査結果

5橋梁のいずれも調査数については、ある程度確保している。選定理由に関して、鉄筋腐食度調査は劣化部で調査されており、塩分調査は劣化部および健全部において調査している。これらより、5橋梁ともに同じように調査されているが、A橋に関しては、既存の調査資料をもとに設計されているため、実際工事が始まった際に、想定以上に腐食が進んでおり計画練り直しとなつた。また、設計書作成コンサルと既存の調査を実施したコンサ

表・1 調査種類・調査数および調査箇所選定理由

	工事年度	補修設計 コンサル	詳細調査	
			箇所	選定理由
A 橋	平成23年	a 社	平成 17 年：鉄筋腐食調査…3箇所、塩分量調査・中性化・圧縮強度…計 3 箇所	H17 年の調査では、うき・ひび割れが発生している部分やその付近で、はつり・塩分調査が行われている。
	平成24年		平成 21 年：鉄筋腐食調査…3箇所、塩分量調査…3箇所	H21 年の調査では、うき・ひび割れが発生している部分やその付近では、はつり・塩分調査が行われている。
			平成 23 年：外観調査のみ	
B 橋	平成21年	b 社	平成 21 年：鉄筋腐食度調査…5 箇所、塩分量分析…7 箇所、塩分含有量…4 箇所、中性化…2 箇所、圧縮強度…6 箇所	ひび割れ・うきが発生している部分
C 橋	平成23年 平成24年	c 社	平成 21 年：かぶり調査および鉄筋探査…12 箇所、鉄筋腐食度調査…4 箇所、塩化物イオン調査(試料採取含む)…7 箇所、中性化深さ…4 箇所	平成 17 年橋梁点検時と比較し ひび割れ進行が確認された G1 主桁
D 橋	平成24年	a 社	平成 24 年：鉄筋腐食度調査…1 箇所、塩化物イオン調査…3 箇所、中性化…1 箇所、鉄筋探査…1 箇所	はつり鉄筋腐食度調査と中性化は、保護物イオン調査…3 箇所、中性化…1 箇所、鉄筋探査…1 箇所
E 橋	平成19年	b 社	平成 19 年：鉄筋腐食度調査…8 箇所、中性化…8 箇所、塩分量分析…40 試料	はつり鉄筋腐食度調査は、平成 14 年補修工事での腐食確認箇所および平成 19 年の外観調査においてひび割れが発生している箇所、健全部箇所での各部位 2 箇所×4 桁間=8 箇所。 塩化物イオン調査は、はつり箇所と健全部。

表・2 調査結果による健全度の判断および耐荷性能・補修面積の決定への反映

	健全度評価グレード	耐荷性能照査	補修面積決定根拠
A 橋	構造物の外観上のグレード状態 II-2(加速期後期)→補修必要 コンクリート標準示方書維持管理編 2007 年：土木学会より	耐荷力照査において、鉄筋腐食度の目視確認より、鉄筋断面欠損 10%を想定して照査を行った。(10%断面欠損は、鉄筋径 35mm(断面積 962mm ²)に対し、外周が約 1mm 厚になった状態(断面積 855mm ²)程度である。)その結果、鉄筋断面欠損 10%時は、鉄筋引張力が許容値のおよそ 10%超過程度になった。ただし、許容値は超えているが、僅かであったため、著しい耐荷力の低下はないといえる。	はつり深さは、塩化物イオン含有量調査結果と「表面保護工法設計施工指針(案)：土木学会」の補修後塗化物イオン濃度の再び放散予測から決定。腐食発生限界濃度 1.2kg/m ³ に達している場合は、鉄筋表面 20mm までにはつり深さを設定。
B 橋	コンクリート標準示方書状態Ⅲ(劣化期)、塩害マニアルグレード IV→補修必要 コンクリート標準示方書維持管理編 2007 年：土木学会及び外塗装構築維持管理マニュアルより	せん断力照査において、斜引張鉄筋の鉄筋腐食を考慮しており、D16 を D13 として必要鉄筋量を満たしているか照査した。結果は、せん断力必要な鉄筋量を満たしていないことが示されている。また、曲げモーメント照査においては、引張鉄筋腐食は確認されてもらず、曲げモーメントに必要な鉄筋量を満たすことが示されている。	下部工のはつり深さは、はつり調査、鉄筋探査によつて配筋設計値を想定し、骨材流動を考慮して、決定している。
C 橋	外観状況調査評価：グレードⅢ、鋼材腐食度調査評価：グレードIV、総合評価：グレードIV→補修必要 塗装構築維持管理マニュアルより	PC 鋼材の耐荷性能により評価する。鋼材腐食度調査において、PC 鋼材に表面的な腐食が見られたが、断面欠損にはついてないことがから、腐食状況は、質量減少率 1% 程度未満とする。この腐食状況を指標として、腐食 PC 鋼材の強度特性及び伸縮特性を評価した場合、問題なしと判断できる。現段階では、頗る高い耐荷性能は考えられないが、腐食状況を考慮すると早急な対策工の実施が必要である。	断面修復の実施範囲は、現状における損傷範囲を対象とし、損傷部 10cm を補修範囲とした。断面修復のはつり深さは、かぶり調査結果によって鉄筋かぶりが 8mm と推定され、鉄筋径 +2mm を含め 50mm と設定した。
D 橋	対策判定区分 主析・床版・幕構防止システム、高欄・防護柵・地盤・伸縮装置・錆装・排水管：S→補修必要	はつり鉄筋腐食度調査によって、G4 柄端部の PC 鋼より錆がかなり腐食していることが判明したため、析 1 段 頂より記述なし	ダイジェスト はつり調査を行った。結果より、PC 鋼材の破断に対してしては、設計荷重において応力度が許容値を超えててしまうが、曲げ破壊安全度は許容値を満足していることがわかった。また、立地条件等を考慮すると、鋼材破断が生じたとしても耐荷力に著しい影響は無いと考えられる。しかし、鋼材腐食進行抑制の補修は必要である。

ルが異なっていることも問題点として挙げられる。調査結果から耐荷性能の照査や上部工・下部工の劣化グレードを判断し、最終的に構造物の健全度の評価をして、補修の要否を判断している。また、補修が必要と判断された場合の補修面積やはつり深さの決定根拠は分析途中である。A 橋の事例から、点検調査において、限られた調査箇所や調査数量で、構造物全体の劣化度を推定する際には、不確定要素が必ず存在していることがわかる。こ

の不確定要素をいかに把握するかが重要となってくる。鉄筋の断面欠損を判断する際に、ノギスを用いて測定結果から判断するような調査の方法を改善していく必要がある。また、調査結果や補修面積が LCC に及ぼす影響を仮想橋で補修設計を行うことによって調査中である。

4 積算においての調査結果

積算方法や単価(材料・労務など)ではなく、歩掛りに問題があることが判明した。補修工事において、国土交通省土木工事標準積算基準書(新設工事用の歩掛り)が使用されることによって、赤字工事となってしまう。表・3 は、はつり工における、積算基準と新潟県で採用されている協会歩掛り(北陸構造物維持補修マニュアル)の積算比較である。黄色塗りの部分で最大 8 倍となることがわかる。また、表・4 では、実際の橋梁での積算比較である。右側の表は A 橋の実際の積算で協会歩掛りが使用されており、左側の表は積算基準を使用して計算しなおした積算結果である。比較的差が出るはつり工や表面保護工、足場工等の各工種を積算基準の歩掛けで計算しなおすことによって、直接工事費で約 200 万円の差がでた。補修工事で、新設工事用の歩掛けが使用されており、主にはつり工、足場工、塗装工の工種が割に合わない。この問題点を解決するため、短期目標として協会歩掛けの理解および採用、長期目標として国土交通省土木工事標準基準書に補修工事用の歩掛けが新設されることが必要であると考えられる。

表・3 積算基準と協会歩掛けによる積算の比較

工種	歩掛け	区分	施工単価	単位	施工単価	単位
はつり工	積算基準	3cm 以下	2,641	円/m ²	87,952	円/m ³
		3cm 以上 6cm 以下	4,405	円/m ²	146,690	円/m ³
		チッピング 1~2cm	3,768	円/m ²	125,458	円/m ³
	北陸構造物	RC はつり	463,300	円/m ³		
		PO はつり	694,950	円/m ³		

表・4 A 橋における積算比較

積算基準による積算		協会による積算(実際の積算)	
※*	本工事費	※*	本工事費
主析・床版・幕構防止システム、高欄・防護柵・地盤・伸縮装置・錆装・排水管：S→補修必要	2,641	87,952	円/m ³
主析・床版・幕構防止システム、高欄・防護柵・地盤・伸縮装置・錆装・排水管：S→補修必要	4,405	146,690	円/m ³
主析・床版・幕構防止システム、高欄・防護柵・地盤・伸縮装置・錆装・排水管：S→補修必要	3,768	125,458	円/m ³
主析・床版・幕構防止システム、高欄・防護柵・地盤・伸縮装置・錆装・排水管：S→補修必要	463,300		円/m ³
主析・床版・幕構防止システム、高欄・防護柵・地盤・伸縮装置・錆装・排水管：S→補修必要	694,950		円/m ³

D. 自治体向けの新しい橋梁点検要領に関する調査

国土交通省は、本年 7 月 1 日から道路橋やトンネル等の点検を義務付け、その方法や頻度等を定めた省令・告示を施行した。これに伴い、地方地自体が管理する道路橋は、国土交通省道路局が 6 月 25 日に公開した「道路橋定期点検要領(平成 26 年 6 月 国土交通省 道路局)」

(以下、“新しい橋梁点検要領”)に準拠した定期点検を実施することとなる。本調査では、自治体が管理する道路橋の定期点検を従来の方法で実施した場合と、新しい橋梁点検要領に準拠した場合で点検作業及び調書作成での程度の差異(費用・人工)が生じるかを調査した。表に、実際に点検を行った橋梁を示す。

表 点検を行った橋梁一覧

	点検方法		橋梁名	管理者	総長(m)	全幅員(m)	橋梁形式
	従来の方法 (準拠した点検要領)	新しい橋梁点検要領					
Case1 (H21年度【横島森林】)	地上点検	地上点検	宮川橋	村上地域振興局	4.4	12.8	RC床版橋
Case2 (H21年度【猪高点検】)	地上点検	椅子・脚立による点検	第1芦谷橋	村上地域振興局	5.5	7.3	PCプレテンアンク橋
Case3 (H25年度【新潟点検】)	地上点検	リフト車による点検 (交通規制なし)	八舟橋	新潟地域振興局	30.7	22.0	PC単純筋折橋
Case4 (H25年度【小瀬橋点検】)	地上点検	橋梁点検車による点検 (交通規制あり)	中島橋	新潟田地域振興局	10.6	6.6	RCT桁橋

調査は 26 年度初頭からコンサルタントに依頼していくが、業務多忙などのため年度末近くの 27 年 3 月までずれ込むこととなった。従来の点検で行った場合の時間記録がないなど、直接比較を行えたわけではないので、定量的な結果は少ないが、調査結果より、近接目視点検を伴うと、多くの橋梁では従来の 2~3 倍の点検時間がかかると予想された。また、従来であれば遠望目視で行っていたところにも橋梁点検車が必要となり、片側交互通行で大型車の通行が難しい状況も確認できた。今後、近接目視の意義の再検討や、効率的な点検の可能性、およびタブレット端末などを用いた簡易的な点検の有用性の検討に対し、非常に貴重な知見を得ることができた。以下に当日の状況写真を示す。





参考文献

- 1) 国土交通省 第 10 回メンテナンス戦略小委員会：維持管理を円滑に行うための体制、地方公共団体等の支援方策について、2014
- 2) 玉越隆史、小林寛、武田達也、平塚慶達：道路橋の健全度に関する基礎的調査に関する研究、国総研資料、第 381 号、2007.4
- 3) 玉越隆史、横井芳輝、石尾真理：全国規模の点検データに基づく道路橋のコンクリート部材の劣化の特徴、コンクリート工学論文集、第 25 卷、pp167-180, 2014
- 4) 玉越隆史、横井芳輝、石尾真理：全国規模の道路橋点検データに基づく鋼橋の劣化の特徴、鋼構造論文集、第 21 卷、第 82 号、2014.6
- 5) 浦野真次：コンクリートポンプによる圧送技術の発展と人との関わり、コンクリート工学、第 52 卷、9 号、pp775-779, 2014.9
- 6) 田中泰司、丸山久一：新潟県上越地区における塩害被害橋梁のライフサイクルコストの実態調査、材料劣化が生じるコンクリート構造物の維持管理優先度研究小委員会(342 委員会)委員会報告書およびシンポジウム講演概要集、pp393-400, 2012.7
- 7) 佐々木悠祐・井林康：タブレット端末を用いた橋梁の概略点検システムおよび間接目視器具の有効性の検討、土木学会全国大会第 69 回年次学術講演会概要集、VI-137, 2014.9
- 8) 国土交通省道路局:橋梁定期点検要領(技術的助言)道路橋定期点検要領、2014.6.