

論文 新潟県市町村における橋梁点検データを用いた経年劣化傾向分析

小池 真登*1・長井 宏平*2

要旨：市町村管理橋梁の維持管理合理化が求められており、蓄積する点検データの活用が望まれる。本研究では新潟県市町村の点検データを活用し経年劣化傾向の分析を行った。結果、橋長別・橋梁種別に経年劣化傾向が異なることが確認された。橋長毎の経年劣化の違いから長い橋梁ほどの経年劣化が早いことを確認した。橋梁種別毎の分析から、鋼橋は劣化橋梁割合が高いが、経年劣化傾向が直線的で劣化の把握が容易なため、定期的メンテナンスによる維持管理に適していると考えられる。一方コンクリート橋は、劣化橋梁割合は低い、劣化傾向にばらつきが大きく維持管理の難しさを含んでいる。

キーワード：橋梁点検データ, 市町村管理橋梁, データ分析, 橋梁種別経年劣化

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力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は、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も研究されてきたが、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 東京大学 工学部社会基盤学科 (学生会員)

*2 東京大学 生産技術研究所 准教授 博士(工学) (正会員)

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・支承部など橋の構造安全性に直結する主要な部位の健全度のうち最悪の健全度のことである。なお、本研究では橋梁の配置や気象条件については検討を加えず分析を行う。

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を見ることで、経過年数が増えるにつれて健全度がどのように関連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。橋長に応じ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	聖龍町	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

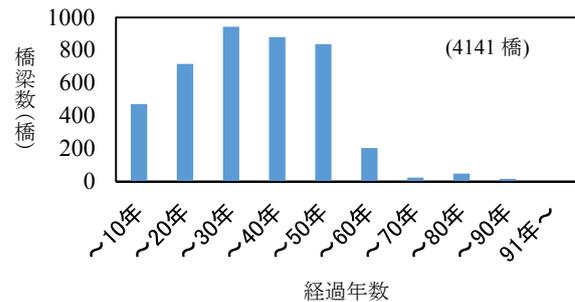


図-1 経過年数別の橋梁数

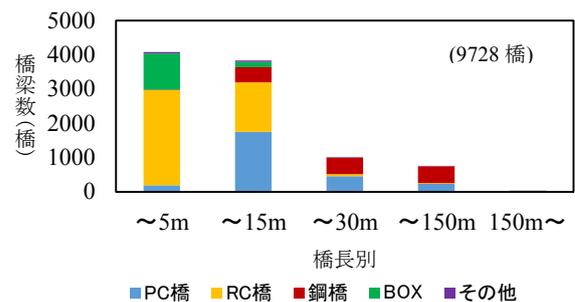


図-2 橋長別の橋梁数及び橋梁種別内訳

橋が最も多いが、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%、

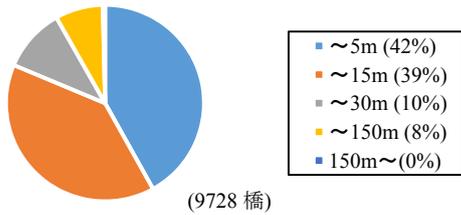
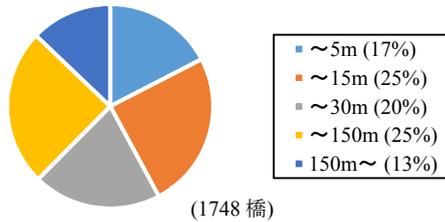


図-3 市町村における橋長別の内訳



※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。図に示されているその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、データの量が多すぎるため全体の傾向を認識しにくい。

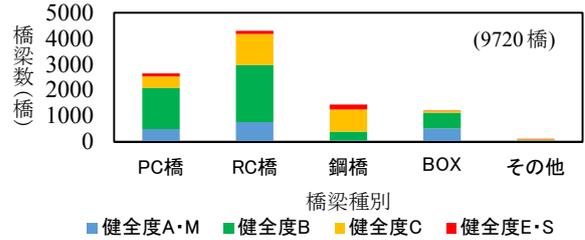


図-5 橋梁種別の橋梁数及び健全度内訳 (全橋梁)

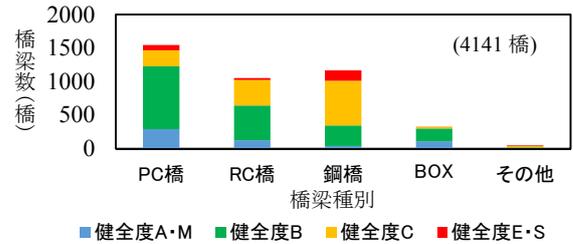


図-6 橋梁種別の橋梁数及び健全度内訳 (経過年数判明橋梁のみ)

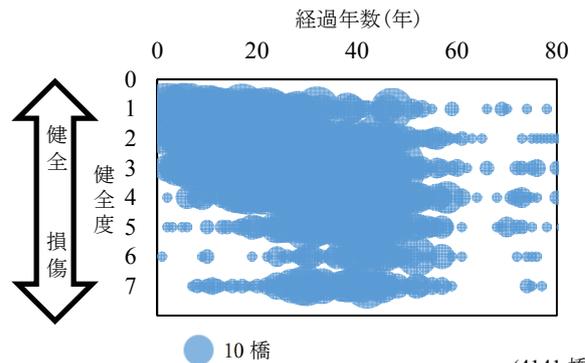


図-7 全橋梁の経年劣化傾向

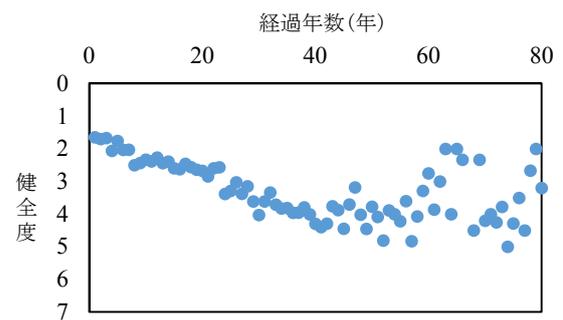


図-8 各年平均健全度を用いた全橋梁の経年劣化傾向

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を指す。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

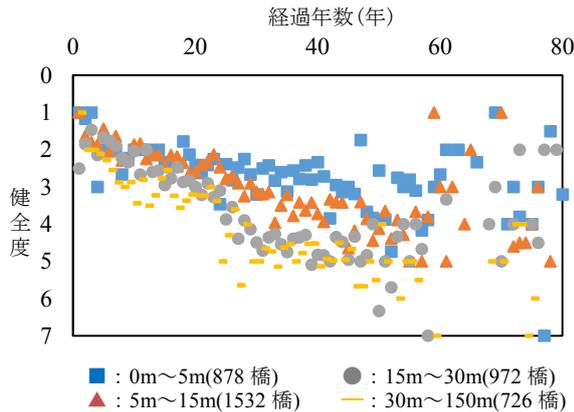


図-9 橋長別経年劣化傾向

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で、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（図-7）、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。また、一般に長い橋は主要道として交通も多いので、使用頻度による疲労の影響も考えられるが、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に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

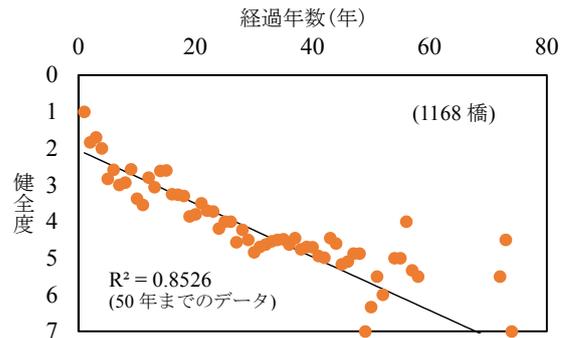


図-10 鋼橋の経年劣化傾向

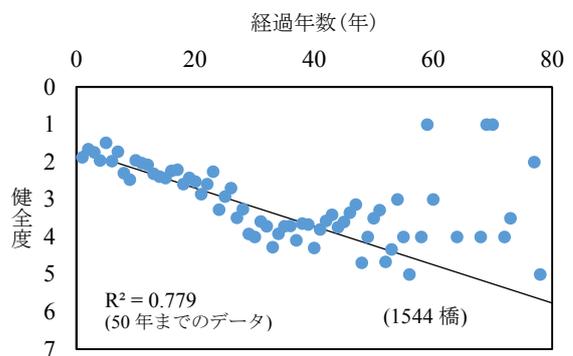


図-11 PC 橋の経年劣化傾向

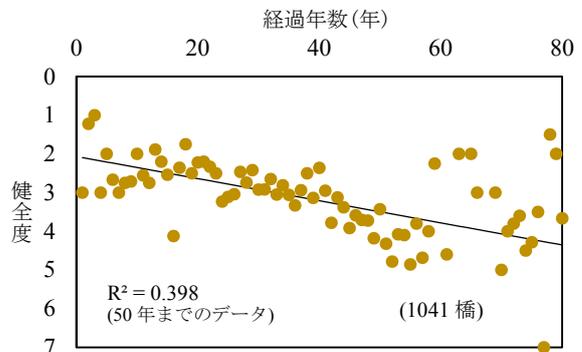


図-12 RC 橋の経年劣化傾向

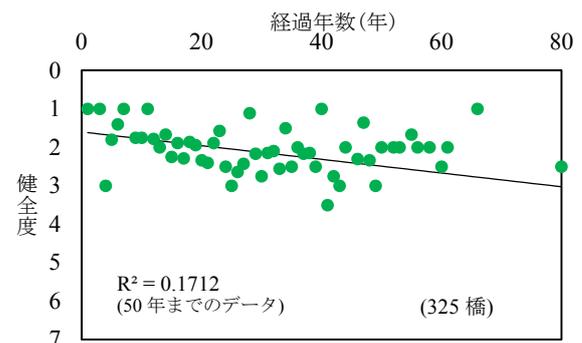


図-13 ボックスカルバートの経年劣化傾向

きが大きいですが、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思われる。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・鉄筋露出に繋がりがやすいが、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

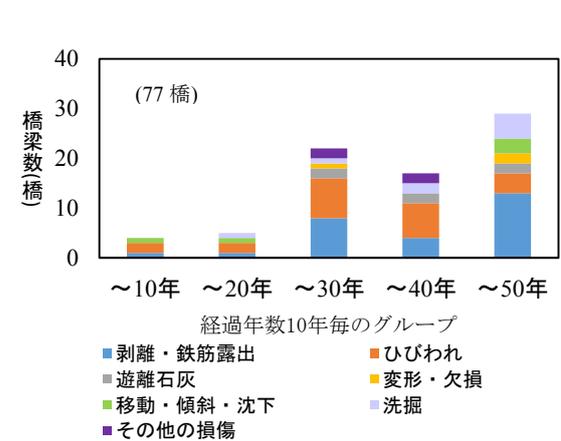
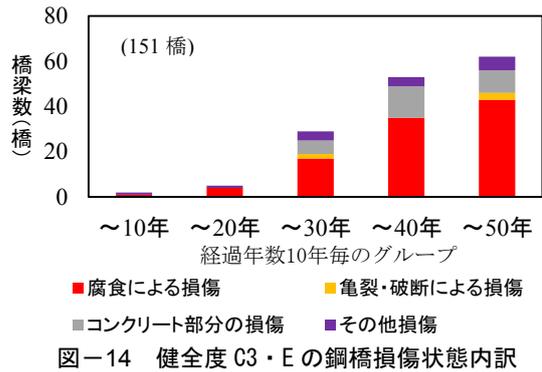


図-15 健全度 C3・E のコンクリート橋損傷状態内訳

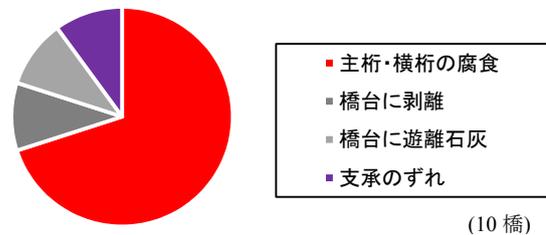


図-16 経過年数 10 年以内の健全度 C1・C2・C3・E 劣化鋼橋損傷状態内訳

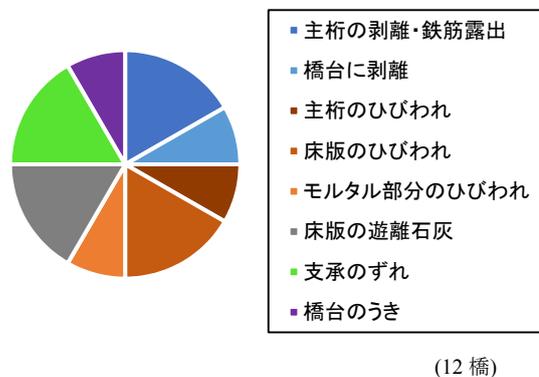


図-17 経過年数 10 年以内の健全度 C1・C2・C3・E 劣化コンクリート橋損傷状態内訳

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、特に近年は現場でのグラウト施工技術も向上しているので、品質が RC 橋より保たれており、初期のばらつきが小さいと考えられる（図-11, 図-12）。ただし、過去には適切な施工がなされていないことが原因と考えられる劣化も生じており、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、高い技術力を要せず、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にはあるが、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。

謝辞

本研究は、一般財団法人新潟県建設技術センター研究助成事業「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26年度、代表：井林康)にて実施しました。

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巻, 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巻, 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巻, 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