

点検の効率化が橋梁の維持管理コストに与える影響

長岡技術科学大学大学院
 長岡技術科学大学大学院
 長岡技術科学大学大学院
 長岡技術科学大学大学院

環境社会基盤工学専攻
 環境社会基盤工学専攻
 環境社会基盤工学専攻
 環境社会基盤工学専攻

非会員
 正会員
 正会員
 正会員

渡部真大
 鳩山紀一郎
 佐野可寸志
 高橋貴生

1. はじめに

1.1 更新期を迎える我が国の橋梁

現在, 我が国の道路橋は平成 25 年時点で約 70 万¹⁾ (橋長 2m 以上を橋梁と定義) という膨大な数に達している. 新潟県内も約 2 万 1 千²⁾ (国交省, 新潟県, 各市町村の合計値) という橋梁が存在しており, その多くが高度経済成長期に集中的に建設されたが, 今後建設から 50 年を経過し, 更新期を迎える橋梁は一層増加していく³⁾. 表-1 に新潟県内の橋梁数を, 図-1 に供用から 50 年を経過する橋梁の割合を示す. しかし, 社会資本投資額は増加しないと推測されていることから, 橋梁更新費の増加に伴って維持管理費が不足することが懸念されている. 市町村レベルも同様であり, 限りある予算の中で保有する橋梁の維持のための戦略の策定が必要になってくると考えられる.

表-1 新潟県内の各管理者別の橋梁数

管理者	総数	14.5m以下	14.5m以上
新潟県	3,814	1,441	2,373
新潟市	4,093	638	3,455
他市町村	11,838	2,347	9,491
合計	19,745	4,426	15,319

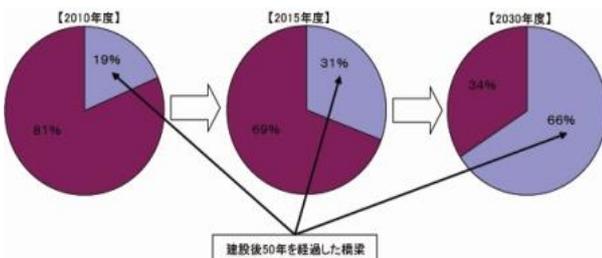


図-1 供用 50 年を経過する新潟県の橋梁の割合³⁾

1.2 SIP プロジェクトと橋梁点検

インフラ資産の高齢化に直面しているわが国では, 維持管理の効率化や重大事故の未然防止のために政府主導の戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)⁴⁾ が推進されている. 特に IoT やロボット等の先端科学技術を用いて橋梁点検の効率化を図る研究とその実装が現在盛んに行われている. 図-2 に車載型レーダーを搭載した床板の高速点検車両の例を示す.



図-2 床板高速点検車

また, 現行の橋梁定期点検要領⁵⁾ (平成 26 年施行) では, 5 年に 1 度の点検, 方法は人による近接目視を原則としており, 現状ではドローンやロボットを用いた点検は未だ認可されていない. 今年度で点検の 1 巡目が終了するため, 不都合な点や非効率な部分が洗いだされ, 今後の改善が期待される. この橋梁点検が先端技術による高精度化もしくは現行点検の回数を増やす高頻度化により損傷部位を早期に発見し, 予防保全型の補修が行えると仮定したとき, 補修費にどのような影響を与

えるか、地方公共団体が管理する橋梁を対象にシミュレーションを行っておくことは重要である。本研究ではまず、橋梁の点検データと点検に基づき行われた補修工事の費用データの分析を行った。

2. データの概要

2.1 分析に用いるデータ

本分析では、東京大学生産技術研究所 長井研究室が研究に用いた新潟県 27 市町村（一部の市町村は除く）の橋梁諸元及び点検データの中から新潟市のデータと、新潟市が平成 26 年度～29 年度の点検結果に基づき行われた補修工事とその費用のデータを使用した。なお、橋梁点検のたびに橋梁の定義にそぐわない橋梁は除外されるため、現在の橋梁数は 4,000 橋を割っている。表-2 に新潟市の橋種別の橋梁数（平成 27 年時点）を、表-3 に新潟市の補修工事のデータを示す。

表-2 新潟市の橋梁数

	鋼橋	PC橋	RC橋	その他	合計
14.5m以下	92	621	2,701	22	3,436
14.5m以上	359	233	38	17	647
合計	451	854	2,739	39	4,083

表-3 補修工事が実施された新潟市の橋梁数

	鋼橋	PC橋	RC橋	その他	合計
14.5m以下	6	1	16	0	23
14.5m以上	55	22	2	8	87
合計	61	23	18	8	110

2.2 分類方法

分析にあたっては、柏ら⁶⁾による先行研究を参考に各橋梁を長さ・種別に 8 つに分類した。橋長は新潟市の指標を参考に 14.5m を境に小規模橋梁とそれ以外を分け、橋種は上部工の部材に応じて「鋼橋」「PC 橋」「RC 橋」「その他」の 4 種に分類した。

先行研究ではさらに塩害/非塩害環境についても分類していたが、市町村管理橋梁では塩害環境下とそれ以外において劣化速度や健全度に有意な差が出ていないことから今回は特に分類しなかった。また、健全度は新潟市土木部が指標として用いている A,B1,B2,C1,C2,C3,E という階級を用い、分析においてはこれらに 1～7 という数値を割り振ることとした。各階級(区分)の定義を表-4 に示す。

表-4 健全度区分の定義⁷⁾ (新潟県土木部)

区分	健全度区分の定義
A	損傷がなく、建設当時の性能を保持している状態
B1	損傷があるが、性能の低下はほとんどない状態
B2	損傷があり、軽微な性能の低下がある状態
C1	損傷があり、性能の低下が懸念される状態
C2	損傷が著しく、性能の低下が顕著な状態
C3	性能の低下が著しく、早期の劣化進行が危惧される状態
E	落橋の危険が想定される状態 安全性の観点から緊急的に対策が必要な状態

3. 分析結果

3.1 基本集計結果

図-3、図-4 に新潟市が管理する橋梁の橋長別の健全度（全橋種）と橋梁の経過年数の関係をグラフにしたものを示す。

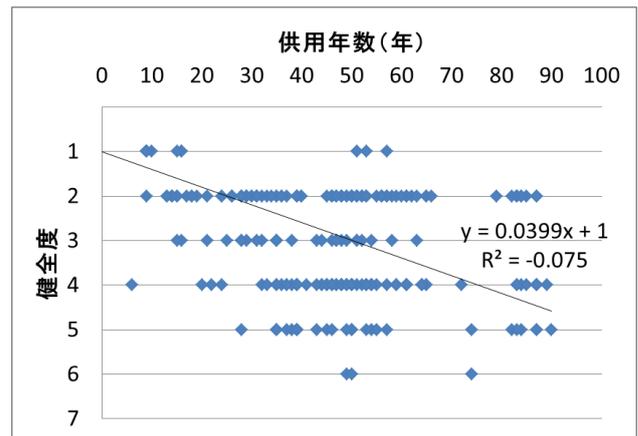


図-3 14.5m 未満の橋梁の健全度低下傾向

健全度は 0 年目に健全度が最良であると考えられる（健全度 A(=1)）ため、切片は 1 とした。建設年数が不明な橋梁データはグラフ作成時に除外し

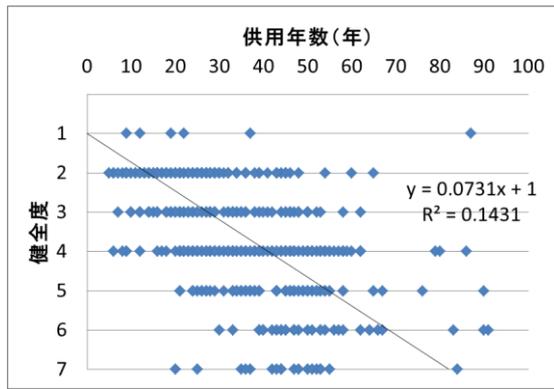


図-4 14.5m以上の橋梁の健全度低下傾向

ため、14.5m以下の橋梁では267橋、14.5m以上の橋梁では572橋のサンプルとなった。なお、新潟市では全体の3/4の3,000橋程度が建設年不明となっている。健全度と供用年数の近似式は経年に伴って低下する健全度の平均を示し、近似式はそれぞれ、

$$14.5\text{mの場合： } y = 0.0399x + 1 \quad (1)$$

$$R^2 = -0.075$$

$$14.5\text{m以上の場合： } y = 0.0731x + 1 \quad (2)$$

$$R^2 = 0.1431$$

となり、14.5m以上の橋梁群の方が健全度低下が早いと言える。また、どちらも供用から50年を超えると健全度のバラつきが大きくなる。そこで供用から50年目までに限定して近似直線(式)と近似直線の再現性を表す決定係数 R^2 を算出した。結果を表-4に示す。

表-4 線形近似と指数近似による近似式と R^2 の違い(供用後50年間に限定)

分類	近似式	R^2
<14.5m(線形近似)	$y = 0.0547x + 1$	0.202
>14.5m(線形近似)	$y = 0.0807x + 1$	0.1992
<14.5m(指数近似)	$y = \exp(0.0271x)$	0.2031
>14.5m(指数近似)	$u = \exp(0.0365x)$	-0.172

わずかな差ではあるが線形近似の R^2 値が指数近似を上回っている。以上より線形近似(直線近似)の方が点検結果から得られる、経年による健全度低下を説明できていると言える。

3.2 経過年数と補修費の関係

次に、経過年数と補修費の関係をグラフに表した。小規模橋梁とそれ以外の2パターン×4橋種について作成した。図-5に代表的なものとして14.5m以上の鋼橋のグラフを示す。

供用開始から20年を迎えると補修工事(費用)の発生がみられ、鋼橋は補修費用がかなりバラついていることがわかる。

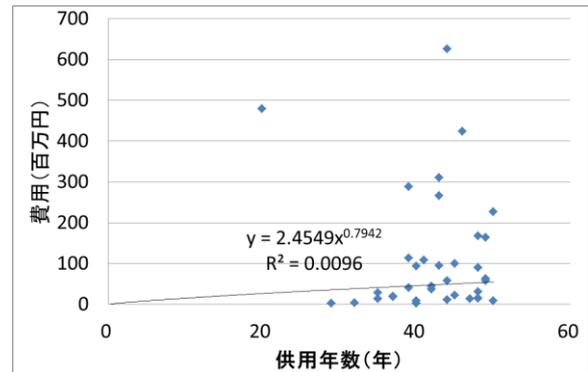


図-5 鋼橋の補修費と供用年数の関係(14.5m以上)

分析として健全度の分布と同じく、供用年数を0~50年に限定して累乗近似曲線を求めたところ、近似式は、

$$y = 2.45549x^{0.7942} \quad (3)$$

となり、最小自乗法ではデータの数の関係で費用の高いデータを反映できていないことがわかる。補修費の総額が1億円以上のグループについてその諸元を調べたところ、100~900mの長大橋であった。また、費用が突出しているデータは、殆ど全てにおいて「塗装工事」という補修内容が実施されていた。このことから、橋梁の補修費用において塗装工事は大きな割合を占めていると言う事ができる。他のPC橋、RC橋、混合橋においては、鋼橋ほどの高額な補修費用を示すデータはなく、概ね1億円を下回った。

鋼橋の塗装費について、塗装橋梁が行われている橋梁の塗装面積と補修費の総額の関係を図-6に示す。累乗近似式と R^2 は

