

寒冷地域における橋梁定期点検結果を対象としたマルコフ連鎖モデルによる劣化予測の検討

東京大学生産技術研究所 正会員 ○田中 泰司
東京大学生産技術研究所 正会員 長井 宏平

1. 点検結果の分析の必要性

膨大に蓄積された橋梁定期点検データを有効活用するために、データ分析を行い、維持管理や構造計画、設計、施工の改善に役立てることが期待されている（図－1）。

橋梁定期点検結果の分析に有用な統計分析手法のひとつとして、マルコフ連鎖モデルが挙げられる。本稿ではマルコフ連鎖モデルによる橋梁劣化度の将来予測の妥当性に焦点をあてて検討を行った。

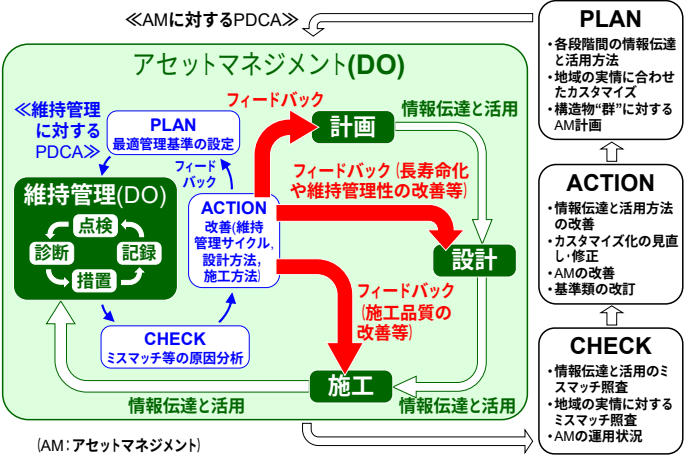
2. 分析対象橋梁群の特徴

本研究では、寒冷地で凍結防止剤散布環境にある道路橋梁の定期点検結果を分析対象とした。対象橋梁数は3002橋で、2005年～2013年に実施された点検結果を分析に用いた。

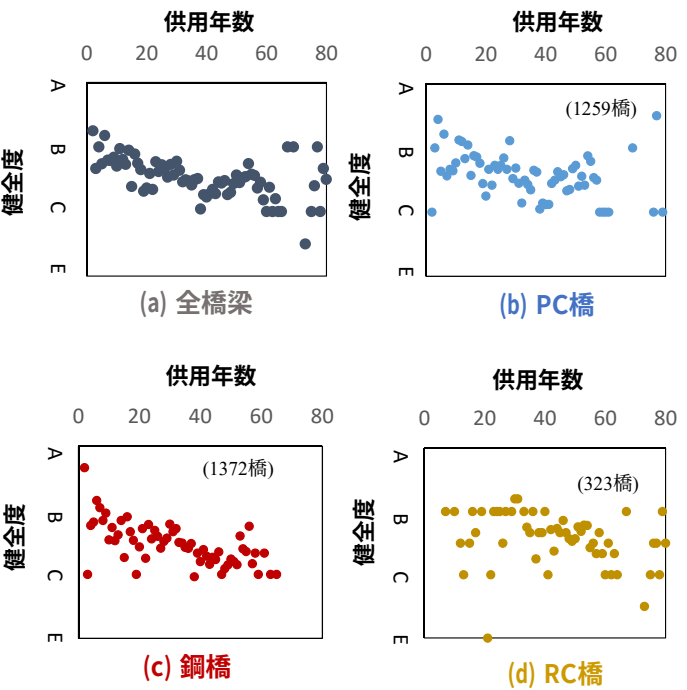
図－2に、健全度の平均値の推移を橋梁種別ごとに示す。判定区分は表－1に示す橋梁定期点検要領¹⁾に従い、A=1, B=2, C=3, E=4と判定区分を数字に置き換えて平均値を算出した。ここで、M判定はAに、S判定はEに置き換えて計算を行った。橋梁種別によらず、供用年数が増加するに従い健全度は低下した。また、供用直後からB判定に近い値となった。供用40年付近で健全度の平均はC判定に近い値となり、その後は大きな変化は見られなかった。Eと判定された橋梁はただちに対策が施されるため、終局的にはC判定に収斂するのだと考えられる。RC橋は鋼橋やPC橋に比べて健全度の低下が緩やかな傾向が見られた。

3. マルコフ連鎖モデルによる劣化予測

図－2のような直接統計には、経年劣化に加えて規準の改訂や凍結防止剤の散布量といった環境作用の変化の影響がすべて含まれているので、そのまま将来予測に適用するのは難しい。個々の因子の影響を検討するために、マルコフ連鎖モデルによる劣化予測を行うことにした。各橋梁で2～3



図－1 維持管理のアセットマネジメントの概念図



図－2 供用年数と健全度の平均値の関係

表－1 判定区分と判定内容の対応関係

判定	判定内容
A	損傷場認められないか、損傷が軽微である。
B	状況に応じて補修を行う必要がある。
C	すみやかに補修等を行う必要がある。
E	緊急対応の必要がある。
S	詳細調査の必要がある。
M	維持工事で対応する必要がある。

キーワード 橋梁定期点検, マルコフ連鎖モデル, 寒冷地, 早期劣化

連絡先 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 TEL 03-5841-6103

回の点検結果があるので、前回の結果からの推移を整理して、表-2に示すような遷移確率マトリクスを作成した。S、Mは維持管理の方針を表す指標であるので、健全度に読み替える必要がある。基本的にS、M判定となったら次の劣化度に移行したものと考えた。ただし、C→S判定の2割はC→Eに遷移したものと仮定し、残りの8割はC判定のままであると仮定した。また、C→A、B判定は補修によって健全度が戻ったと考えられるので、そのうちの3割をC→E判定、残りをC→C判定と仮定した。なお、試行回数は10,000回とした。

図-3に健全度の推移の計算結果を示す。塩害対策やASR対策が整備された1987年前後に分けて計算を行ったところ、鋼橋は1987年以後の方が劣化速度がやや緩やかになったが、PC橋には明確な違いは見られなかった。いずれの橋梁形式においても、C判定に至る年数は比較的早く、供用50年ではほぼ全数の橋梁がC判定に至る結果となった。この結果は図-2と相違する。その理由には様々な原因が考えられるが、補修による健全度の回復効果が大きいものと考えられる。そこで、実態に合わせてC判定橋梁の3割が5年以内に補修され、B判定に回復するものと仮定して、健全度の確率を計算し、図-2と同様に健全度の平均値を算出したものを図-4に示す。補修の効果を考慮すると健全度の推移は概ね図-2と相違ない結果となった。これより、コンクリート構造物の劣化は、マルコフ性を仮定した劣化予測によってある程度評価できるといえる。補修が行われなかった場合には健全度は顕著に低下すると予想されるので、近年建設された橋梁においても、寒冷地域で凍結防止剤散布環境にある場合には、耐久性が不足していると言える。

3. まとめ

橋梁定期点検結果を対象にマルコフ連鎖モデルによる劣化予測を行い、その妥当性を検証した。寒冷地で凍結防止剤散布下にある橋梁は、近年建設されたものであっても耐久性が不足しており、設計・施工の両面で改善の余地がある。

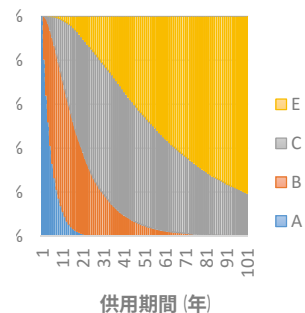
参考文献

- 1) 国土交通省道路局国道・防災課：橋梁定期点検要領，2014.6

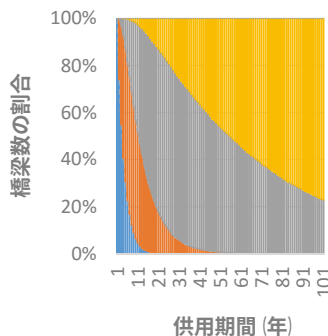
表-2 遷移確率マトリクスの例
(PC橋，1987年以前に建設)

前回	今回						
	A	B	C	E	S	M	
A	22%	67%	0%	0%	0%	11%	
B	0%	57%	26%	0%	9%	8%	
C	1%	21%	65%	1%	9%	4%	
E	0%	57%	29%	14%	0%	0%	
S	0%	28%	54%	0%	16%	1%	
M	0%	64%	20%	0%	0%	16%	

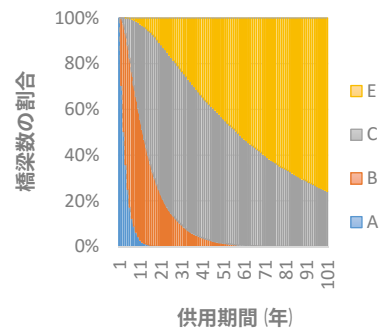
RC橋 1987年以前—以降共通



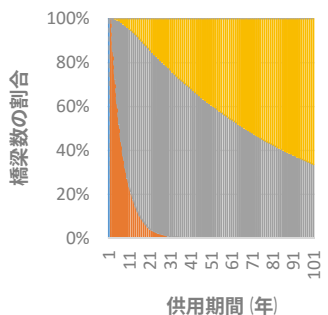
PC橋 1987年以前



PC橋 1987年以降



鋼橋 1987年以前



鋼橋 1987年以降

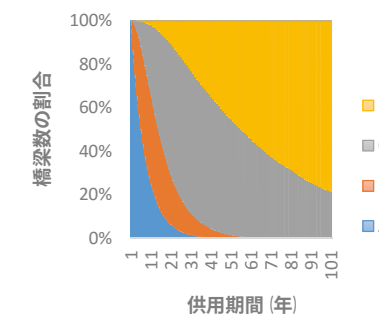


図-3 マルコフ連鎖モデルによる健全度確率の計算結果

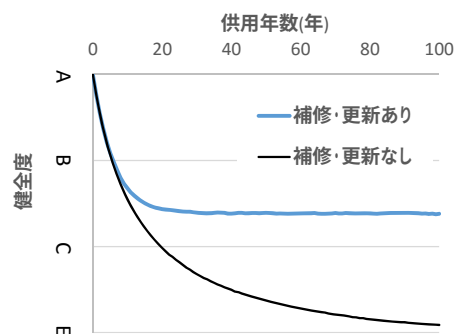


図-4 健全度の平均値の計算結果