

第VI部門

近接目視点検データに基づく兵庫県内自治体におけるRC床版橋の劣化予測に関する検討

神戸大学大学院工学研究科 学生員 ○木村 康士郎
神戸大学大学院工学研究科 正会員 森川 英典

神戸大学大学院工学研究科 正会員 美濃 智広
(公財)兵庫県まちづくり技術センター 沖村 崇

1. はじめに

平成25年の道路法施行規則の改正により、5年に1回の近接目視点検が義務化され、兵庫県内市町が管理する道路橋においても1巡目の近接目視点検が完了している。本研究の目的として、点検データに基づいて、兵庫県内で最も多く、単純な橋梁形式のRC床版橋について、橋梁群としての劣化予測式を構築し、橋梁個別の劣化予測を行うことを目的とする。

2. 点検データ概要

兵庫県の市町橋梁マネジメントシステムから抽出した、1巡目の近接目視による点検データを対象とした。今回の検討では、芦屋市、尼崎市、伊丹市、川西市、三田市、宝塚市、西宮市を阪神地域と定義し、阪神地域のRC床版橋(1667橋)について分析を進めた。市町橋梁マネジメントシステムでは、定期点検の結果を用いて損傷区分を総合的に評価して、部材評価点を算出している。なお、部材評価点は環境条件や供用条件を考慮していない。本分析では、RC床版橋の主要な劣化要因となっている『ひび割れ』、『剥離・鉄筋露出』、『漏水・遊離石灰』の部材評価点を扱った。また、環境別特性の分類として、『海岸部』を直線で近似した海岸線から4.2km以内、『山間部』を『海岸部』を除いて、標高100m以上、『平野部』を『海岸部』、『山間部』に含まない橋梁とした。

3. 部材評価点

部材評価点 μ とは定期点検によって得られた損傷種類別の評価区分をもとに、部材損傷点を算出し、部材毎に算出したものである。なお、部材評価点は国で指定された健全性の判定区分(I~IV)とは異なり、構造特性や架橋環境条件、当該道路の重要性を考慮しないものであり、まったく損傷がなく健全な状態を100点とし交通規制が必要となるような交通に支障を与える状態を0点とする。

4. 群としての劣化予測

山間部、海岸部、平野部では環境が大きく異なっていることに加え、幅員の大きさによっても劣化の進行の

様子も異なっていることがわかっている。例として阪神地域の平野部における幅員3m以上の橋梁について劣化予測式の具体的な構築方法について述べる。なお、分布で二峰性を示し、RC床版橋の特性より劣化が進行しない可能性が高いことが考えられるため、経過年が10年以上で100点の橋梁、経過年が20年以上でひび割れのみ生じている橋梁は除外して検討する。

各橋梁群に属する橋梁を経過年0~10年、11~20年、21~30年、31~40年、41~50年、51~60年の各年代に分類し、各年代の橋梁数の分布から部材評価点の確率密度関数を求めた(図-1)。求めた経過年0~10年、11~20年、21~30年、31~40年、41~50年、51~60年の確率密度関数をそれぞれ $Q_i(y)$ ($i=1,2,3,4,5,6$)とする。なお、 y は部材評価点である。この確率密度関数はいずれの経過年でも対数正規分布を示すと仮定しており、その仮定の下で期待値 μ と標準偏差 σ を算出した(表-1)。

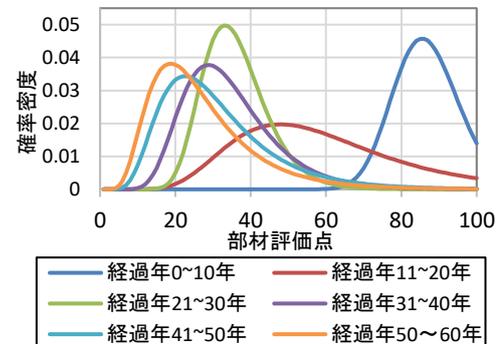


図-1 経過年別部材評価点確率密度

表-1 経過年群別部材評価点の期待値と標準偏差

経過年	0~10年	11~20年	21~30年
期待値 μ	86.9	60.2	36.0
標準偏差 σ	8.8	24.5	8.6
経過年	31~40年	41~50年	51~60年
期待値 μ	34.4	31.1	27.0
標準偏差 σ	12.3	15.2	14.2

次に、これら μ について指数回帰による近似式を求めた。 μ の近似式を標準近似式 y_s と定義する。ただし、乾燥収縮による初期ひび割れを想定し、切片すなわち経過年0年での値を94点に固定する。そして、求めた確率

密度関数 $Q_i(y)(i=1,2,3,4,5,6)$ および近似式 y_s を合わせて群としての劣化予測式とする。表-1 から、経過年 11~20 年において標準偏差が他の年代よりも大きくなっていることが分かる。本研究では、経過年 20 年を越えても部材評価点が 70 点を下回らない、すなわちひび割れ以外の損傷が生じていない橋梁は、生じている損傷は乾燥収縮による初期ひび割れのみであり、非損傷橋梁と同様に特別優良な橋梁と判断して除外しているが、経過年 11~20 年の橋梁群では部材評価点 70 点以上のひび割れのみが生じている橋梁と 50 点以下の剥離が生じている橋梁がいずれも存在していることから、供用以降、乾燥収縮による初期ひび割れ以外の損傷が発生していない極めて優良な橋梁と、一般的な劣化の進展がある橋梁が混在している可能性が考えられる。

5. 個別橋梁への応用

橋梁群の劣化予測式を、森川ら²⁾を参考にベイズ更新を利用して、個別の橋梁の劣化の進行予測に合う形で更新することで、各橋梁の劣化の進行をより正確に予測する予測式を構築する。

まず、予測式を求めたい橋梁 A について、1 巡目の近接目視点検データをもとに、部材評価点の値を用いたベイズ更新によって、橋梁 A が含まれる経過年における確率密度関数 $Q_i(y)(i=1,2,3,4,5,6)$ のいずれかを更新する。

例として阪神地域平野部の劣化予測式を橋梁群に属する橋梁である H 橋の劣化予測式としての更新を示す。なお、H 橋の詳細は表-2 に示す。

表-2 H 橋の詳細

全幅 (m)	供用年 (台帳記載年)	経過年 (年)	部材評価点
4.07	1978 年	38	50

一巡目の近接目視点検時の H 橋の経過年は 38 年より、経過年 31~40 年の橋梁群に属する橋梁となるため、経過年 31~40 年の橋梁での確率密度関数である $Q_4(y)$ を更新する。更新は、点検時の部材評価点の実測値である 50 点を用いてベイズ更新を行うことで求める。ベイズ更新とは、式(1)で表されるベイズの定理を用いて、事後確率を求めることであり、この事後確率が更新後の確率 $Q_4(50|y)$ となる。

$$Q_4(50|y) = \frac{f(50|y) \times Q_4(y)}{P(50)} \quad (1)$$

ここで、 $f(50|y)$ は尤度、 $P(50)$ は部材評価点が 50 を得る確率である。なお、尤度は対象橋梁(と同条件の橋梁)での部材評価点は平均 y 、標準偏差 10 の正規分布 $f(50|y)$ の確率に従うと仮定する。

図-2 より新しい期待値 μ は 43.1 点であり、また、更新によって求めた新しい確率密度関数は実測値である部材評価点 50 点の周辺の高くなった尖度の高いものになるなど、期待値、確率密度関数のいずれも、より H 橋の点検結果を強く反映したものになった。図-3 に劣化予測式を示す。元の y_s を新しい期待値 μ は 43.1 に平行移動したものを新しい劣化予測式し、個別の橋梁に応用できたものとなった。

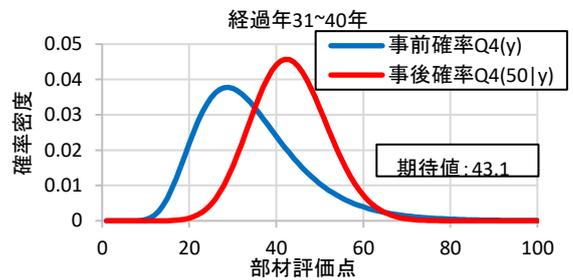


図-2 更新後の確率密度

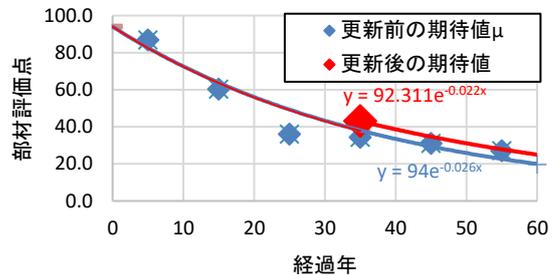


図-3 更新後の劣化予測曲線

6. 結論

本研究では、群としての劣化予測から個別橋梁への劣化予測をベイズ更新を用いて応用する方法を示した。今後蓄積される 2 巡目以降の点検データを用いた更新の検証の必要がある。

参考文献

- 1) 兵庫県丹波市, 橋梁個別施設計画, 令和 2 年 3 月 <https://www.city.tamba.lg.jp/uploaded/attachment/49550.pdf>
- 2) 森川英典, 森田祐介, 小島大祐, 不確定性を考慮した塩害劣化 RC 橋における劣化および安全性の評価, 土木学会論文集 E, Vol.62, No.1, pp145-158, 2006. 2.