

補修履歴に基づく橋梁部材の劣化曲線の推定とその適用ーその1

芙蓉コンサルタント 正会員 ○須賀 幸一 法人会員 野上 武志
法人会員 徳永 清昭 愛媛大学名誉教授 正会員 大賀 水田生

1. はじめに

橋梁を管理する多くの地方自治体では、橋梁の点検、診断データに基づく橋梁長寿命化修繕計画の策定を進めている。合理的な橋梁長寿命化計画を立案するためには、点検・診断データの精度向上と実測データに基づく橋梁の劣化予測、LCC 解析の信頼性の向上が課題である。実測データの評価から橋梁群の劣化曲線を算出する場合の問題点の一つとして、補修履歴のある橋梁の点検データが混在することにより、劣化曲線が安全側に推定されることが指摘されている。また、個別橋梁における維持管理計画においては、補修履歴を考慮した橋梁部材の劣化過程を推定し、将来の補修計画を立案することが必要である。本論文では、個別橋梁における補修履歴に基づく橋梁部材の劣化過程を推定する手法を提案するとともに、その補修履歴を考慮して推定された劣化曲線と橋梁群の平均劣化曲線を比較し、補修履歴の影響が劣化曲線に及ぼす影響について考察する。

2. 橋梁部材の劣化曲線の推定の課題と対応

橋梁長寿命化計画においては、目視点検による診断としてなされた部材の損傷度や健全度などの実測データを基に、橋梁部材における将来の劣化予測曲線を回帰式などで推定することが多い。しかし補修などの維持管理が行われると、部材の損傷度や健全度が回復した点検データが混在するため、この方法による劣化曲線の推定は安全側になることが指摘されている。そのため貝戸等¹⁾は劣化速度（部材における点検毎の健全度などの評価（階級）の推移時間）に着目し、劣化曲線を修正して推定する方法を提案している。この方法は、過去に目視点検データが蓄積されている場合には有効であるが、多くの地方自治体（橋梁の管理者）においては、このような点検データの蓄積がされていないのが実情である。そのため、点検データによる劣化曲線の推定を行う場合、補修履歴等の影響を考慮し、適切に修正することが困難なことが多い。

ところで、個別の橋梁補修計画においては、維持工事や補修・補強工事の有無を確認し、その補修工事の内容や範囲、時期などの補修履歴を調べることで、現在の橋梁部材の保有する性能や将来の劣化予測に利用することが可能である。即ち、過去の補修による履歴から構造部材の劣化過程を推定することができる場合において、これを「補修履歴の影響を考慮した橋梁部材の劣化曲線」と考えることができる。このようにして求められた個別橋梁の劣化曲線は、限られた環境条件に適用されるものであるが、補修履歴の影響を考慮した劣化曲線であり、橋梁群の平均的な劣化曲線と比較することにより、劣化曲線の検証（例えば下限条件など）に活用でき、精度向上に役立つものと考えられる。また、補修工法によっては橋梁部材の健全性の回復は、必ずしも橋梁長寿命化計画において一般に仮定されているような供用段階の性能に回復するとは限らない。このような問題に関しても補修履歴に基づく劣化過程と将来予測の事例をデータ化・分析し、橋梁長寿命化計画へフィードバックすることで、合理的な維持管理システムへの改善が期待される。

3. 補修履歴に基づく橋梁部材（床版）の劣化曲線の推定

補修履歴に基づく橋梁部材のうち、本稿ではまず床版について取り上げ、その劣化曲線の推定方法を述べる。なお、対象橋梁としては、橋歴が古く海岸に近い多径間（7 径間）の橋梁で、補修履歴の記録が比較的良好に保存されている橋梁とした。

（1）補修履歴に対応する構造部材（床版）の健全度評価

①構造部材（床版）におけるの補修による健全度とその回復レベルの評価基準を定める。（表-1 参照）

②対象橋梁の補修履歴から構造部材（床版）におけるそれぞれの健全度と回復レベルを推定する。（表-2 参照）

なお、健全度は近傍目視点検における部材の診断区分における健全度（Ⅰ～Ⅳ）に対応させた。

表-1 床版における補修による部材の健全度とその回復段階の評価			
健全度	補修履歴	健全度の判定	回復段階の評価
I	-	-	-
II	表面含浸工	表面含浸工は、予防保全の一種として、健全度IIとする	表面含浸工による補修(劣化防止の効果)は、健全度IIから変化しない ^(注)
III	断面補修工	断面補修工は事後保全の一種であり、健全度IIIとする	断面補修工による補修は、点検結果より健全度IIに回復する
IV	床版打ち替え	床版打ち替えは、事後保全であることより、健全度IVとする。部分打ち替えはIIIとする。	床版打ち替えによる補修は、健全度Iに回復する。部分打ち替えは、同時に行う補修工の回復段階とする
注) 表面含浸工による補修(劣化防止)は、健全度IIIへの劣化速度が遅くなる効果が期待されるが、その効果は今後の点検等により確認を行うこととし、今回の劣化予測には反映しない。			

表-2 補修履歴(床版)の事例						
補修履歴	竣工後の 経過年数 (年)	補修内容	推定 健全度	第1径間 第2径間 第3径間	第4径間 第5径間	第6径間 第7径間
竣工	0	新設	I	I	I	I
補修	43	第4,5径間: 全面打替え その他径間: 部分打替え+補修	Ⅳ又は Ⅲ	Ⅲ→Ⅱ	Ⅳ→Ⅰ	Ⅲ→Ⅱ
補修	55	第6径間、第7径間: 表面塗装工	Ⅱ～Ⅲ	—	—	Ⅱ～Ⅲ
補修	77	第1径間～第7径間: 断面修復工、表面含浸工	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ
点検	81	各径間毎の床版の診断結果	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ

(2) 床版の劣化過程の推定

表-2 に示した対象橋梁の補修履歴から床版の健全度の推移を図-1 のように推定した。なお、補修履歴による構造部材の健全度の推定では、補修後の途中段階の健全度を推定することはできないため、補修履歴間の劣化過程は直線として推定した。なお、健全度は I →1、II →2 のように数値化し、以降、分析、評価に使用する。

(3) 補修履歴を考慮した床版の劣化曲線の推定

表-1 及び図-1 より、竣工後、補修後のそれぞれの劣化過程を表-3 及び図-2 に示している。表-3 は竣工及び補修後次回の補修段階での健全度に達する年数(劣化速度)を示しており、図-2 はそれぞれの劣化曲線を示している。なお図-2 の丸印の大きさはデータ数を表している。これらの劣化曲線及びデータ数をもとに「補修履歴を考慮した床版の劣化曲線」を1次近似の回帰式(式-1)として求め、同時に図-2 に示している。

表-3 床版の劣化速度		
健全度(数値)	経過年数(年)	データ数
1	0	7
2	9	2
3	34	2
3	43	5
4	43	2

$y=0.0592x+1 \cdots (1)$
ここに、y: 床版の健全度を数値化した値
X: 健全度 I (y=1) からの床版の劣化時間(年)
これより、床版の劣化(健全度)が1段階進行するのに要する時間は、 $1 \div 0.0592 \approx 17$ 年より、床版が健全度 I →IV まで(3段階)劣化するには、約 17 年@3 段階=50 年という結果となった。

(4) 橋梁群に対する劣化曲線との比較

対象橋梁を含む橋梁群における橋梁長寿命化計画策定に用いる床版の劣化曲線を図-2 に破線で示す。床版が健全度IVに劣化するのは約 40 年であり、本稿で求めた対象橋梁の年数に比較して約 10 年程度短くなっているが、橋梁群の劣化曲線で補修履歴が考慮されていないこと、対象橋梁では比較的良好な維持管理が行われていることを考慮すると、妥当な結果であると考えられる。

4. まとめ

本稿では、補修履歴が存在する橋梁を対象にして補修履歴を考慮した劣化曲線を推定し、橋梁長寿命化策定に用いられている平均的な劣化曲線との比較を行った。両劣化曲線には、ある程度の妥当性が見られたが、個々の橋梁の劣化特性は橋梁形式、交通状況、環境等により大きく異なることが考えられるので、個々の橋梁の長寿命化計画においては、点検結果や補修履歴などを考慮した劣化予測を用いることが重要である。

【参考文献】1) 貝戸清之、阿部允、藤野陽三: 実測データに基づく構造物の劣化予測、土木学会論文集 No. 744/VI-61. pp. 29-38, 2003. 10

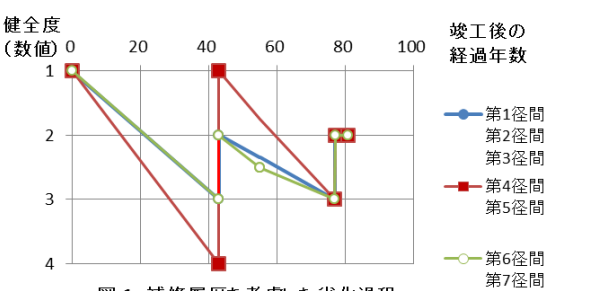


図-1 補修履歴を考慮した劣化過程

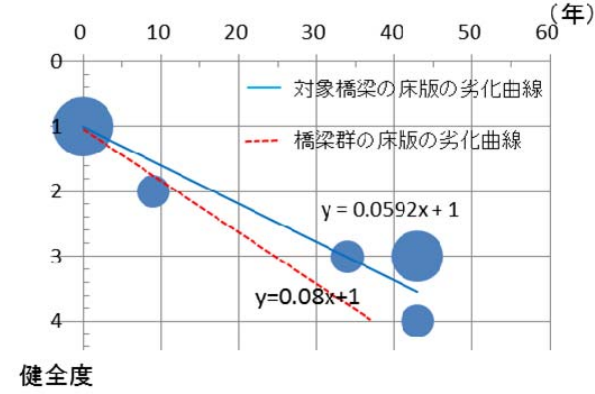


図-2 床版の劣化曲線の比較