

## 床版と躯体橋梁部材の部分補修後の劣化曲線について

北海学園大学大学院工学研究科 学生員 ○工藤 正行  
 北海学園大学工学部社会環境工学科 正会員 杉本 博之

1. まえがき 近年、橋梁の老朽化が問題視されている。従来の橋梁の更新では、事後保全的な対策が主流で、橋梁がある程度悪くなれば、全体を取り替える、あるいは補修を行うことを基本としてきた。一方で橋梁の損傷が深刻化する以前に補修を行う予防保全的な対策は、中長期的に考えればライフサイクルコスト (Life Cycle Cost, 以下 LCC) を最適化できるという考え方である。また、現在は全体を取替えるのではなく、損傷箇所部分に部分的な補修を行なう部分補修が主流<sup>1)</sup>となっている。その際、補修時期の選択の手段として劣化予測が重要である。劣化予測は橋梁部材の経年的な劣化挙動を示す劣化曲線を用いて行われる。劣化曲線の作成には供用年数と損傷の評価が必要なため、定期点検の結果が用いられる。しかし、点検は主に損傷個所に着目するので、補修後に健全となった箇所の写真データは少なく、補修後の状況を明らかにするのは難しい。

本研究では、部分補修が行なわれたコンクリート床版および躯体の補修前後の状況がわかる写真データをできるだけ収集し、過去に考察を加えた補修後劣化曲線<sup>1)</sup>について再検討および考察を行なう。

2. 対象としたデータ 本研究で用いるデータは、ある地方公共団体の建設部 (以下、建設部) が実施した3次にわたる点検および補修データである。建設部においては、平成12~17年度に1次点検、平成18~22年度に2次点検、平成23年度~現在にかけて3次点検が進行中である。定期点検の結果は、径間単位で部材ごとに、健全度を表す5段階の指標 (以下、健全度) で記録される<sup>2)</sup>。健全度は5が最も健全な状態を表し、1が最も劣悪な状態を表す。ある部材の健全度は複数の損傷項目ごとにそれぞれ評価され、損傷項目の評価のうち最悪値が部材の健全度となる。また、最悪値をとる箇所は写真データとして記録されている。

## 3. 写真による部分補修後の損傷状況

写真-1と写真-2は、部分補修が行なわれた床版の補修前後の写真である。この床版は写真-2に示されるように、補修箇所に再びひび割れが発生している。補修が適切に行われず、補修後早期に同一箇所の損傷が表れた例となる。この場合、このひび割れが他の損傷項目と比較して最悪値になれば、直前の補修時期からの年数が供用年数となる。



写真-1 補修前床版  
(2007年撮影)

写真-2 補修後床版  
(2012年撮影)

写真-3および写真-4は、部分補修が行なわれた躯体の補修前後の写真である。天端付近には耐震補強の部材の増設が行なわれており、補修箇所周辺は健全な状態となっていることが確認できる。しかし、写真-4では、この躯体の中部から下部にかけて遊離石灰や漏水が発生している。つまり補修箇所と新たな損傷個所が混在している事例である。この場合、新たな損傷個所の供用年数は、新規建設時からの年数とすべきである。



写真-3 補修前躯体  
(2007年撮影)

写真-4 補修後躯体  
(2012年撮影)

キーワード 予防保全, LCC, 部分補修, 定期点検, 劣化曲線, 供用年数

連絡先 〒064-0926 札幌市中央区南26条11丁目 北海学園大学工学部社会環境工学科 TEL011-841-1161

4. 部分補修前後の劣化曲線 図-1 は補修が行なわれた場合のある部材の補修前後の劣化曲線の概念図である。橋梁の新設から曲線  $d_0$  (赤) に従って経年劣化し、健全度が 2 となった  $i$  年に補修工事が実施されたとする。その時健全度は 5 に回復するとしているが、その後の劣化曲線が、図の  $d_0'$  ( $d_0$  と平行) ,  $d_1$ , あるいは  $d_2$  のどれをとるかは、中、長期の LCC を計算する上では重要な課題となる。

筆者らの以前の研究<sup>1)</sup>では、同一部材において、直前の補修が  $i$  年に行なわれ、その後  $x$  年経過した  $j$  年に点検が行われ評価が 3 になった場合、供用年の開始を  $i$  年とし点 B に至る赤の破線を想定し、供用年数を  $x$  年として早期劣化という判断をした。しかし、 $j$  年における同一部材内の損傷が、補修箇所と異なる箇所の損傷<sup>3)</sup>であれば、劣化曲線は図の緑の曲線  $D_0$  になると考えるべきである。この判断を正確にするためには、写真データも検討し損傷箇所を正確に把握する必要がある。そのために本研究では床版と躯体を対象とし、補修データ、補修前点検、補修後点検の評価、および写真を検討し、補修後の劣化曲線について検討を加えた。

表-1 にデータ数を示した。表において「全数」は補修が行われた径間の数で、「有」は、全数のうち必要なデータが揃っている径間の数である。表より、必要なデータが揃っているのは、床版で 178 径間、躯体で 167 径間、合わせて、289 径間ということになる。

これら 289 径間それぞれにおいて、補修前点検から最悪値をとる損傷項目と補修工事の整合、および補修後点検より得られる補修箇所の状態、および最悪値をとる損傷項目を調べる。次に補修後に最悪値を与える損傷が補修箇所か未補修箇所かを調べる。この時、可能性は二つある。一つは補修箇所に再び損傷が再び現れる場合。もう一つは、損傷箇所とは異なる未補修箇所に損傷が現れた場合である。前者であれば、この損傷に至る供用年数は、図-1 の  $x$  年ということになり、補修は適切に行われておらず、早期劣化ということになる。文献 1)において、コンクリート床版の部分補修の結果は早期劣化と判断し図-1 の  $d_2$  が当てはまると判断したのは、補修後損傷のすべてが、このケースに該当すると判断したためである。

一方、後者であれば、この損傷にいたる供用年数は  $j$  年ということになる。これは、補修後の短期間での評価ではあり、かつ得られたデータの範囲での議論であるが、部分補修工事は適切に行われていたことを示す。またこの場合、補修後の劣化曲線は図-1 の  $D_0$  曲線と考えてよいことを意味する。さらに図-1 の  $d_0$  曲線は各部材ごとに得られた標準的な曲線であり、それぞれの部材において 6000 以上のデータ数<sup>1)</sup>を基に最小二乗法で得られたものである。上記の 289 総てが後者に該当していると仮定しても、それらを含めたデータを用いても劣化曲線は多少上方にシフトするが、大きな影響は与えないと考えられる。つまり、部分補修後の劣化曲線は  $d_0$  曲線に属すると考えられる。

5. まとめ 橋梁の中長期の LCC の計算のために、補修後の床版と躯体の劣化曲線について検討を加えた。そのためには、各部材(径間)補修工事前の点検結果、補修工事の詳細、および補修後点検結果が得られることが必要である。本研究では、床版 178、躯体 167、延べ径間数 289 径間のデータを抽出した。今後それらのデータを精査し、さらに他の部材のデータも含めて補修後の劣化曲線について検討を加える予定である。

参考文献 1) 杉本, 澁谷, 山本: 橋梁床版の補修後劣化曲線傾向に関する一考察, 第 7 回床版シンポジウム, 2012. 2) 北海道建設部: 橋梁点検・維持管理要領, 2013. 3) 工藤, 杉本: 複数の損傷の可能性がある橋梁部材の補修後劣化曲線について, 土木学会北海道支部論文報告集, 第 70 号 A-15, 平成 25 年度, 2014.

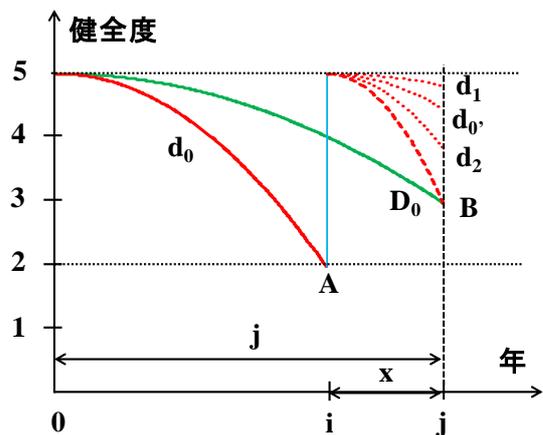


図-1 部分補修前後の劣化曲線

表-1 各部材の部分補修前後のデータの有無

	部分補修が行なわれた部材	補修前後のデータ	
		全数	有
径間数	床版のみ	403	122
	躯体のみ	309	111
	床版および躯体	242	56
	合計	954	289