

橋梁維持管理の将来必要費用を把握するためのLCC計算手法

財団法人 道路保全技術センター

○北村 隆理

財団法人 道路保全技術センター

正会員

福山 茂

1. はじめに

橋梁の維持管理においては、今後必要な対策には予算が適切に確保されることが必要である。予算がなく対策が先送りされれば米国で起きているような重大な事故が発生することも懸念される。しかし、将来幾ら必要であるかをライフサイクルコスト（以下、LCC）の考えをもとに計算しても正解がわからないという理由で評価されにくいのが実情である。

本稿では、橋梁の将来必要費用を中長期的シミュレーションにより把握するためのLCC計算手法を提案し、考察を行う。

2. システムチェックにLCC計算を行うことの課題

橋梁の維持管理計画を立てる上で、「いつ、どのような対策をとるか」をシステムチェックに求めようとする場合、以下の課題に対するさらなる検討を要するのではないかと考える。

(1) 劣化予測の限界

対策時期の決定手段の一つとして、劣化予測がある。劣化予測の手法としては、材料、劣化要因、環境条件ごとに、理論式や点検データを用いた回帰式などが提案されている。しかし、全ての劣化要因で劣化予測が可能であるとは言えない。

(2) 点検結果データの限界

劣化予測ができる劣化要因においても、点検調査から取得できる劣化予測に用いるデータは定性的な評価の場合が多い。その場合、定性的評価の幅を劣化曲線の縦軸に置き換えることは難しい。また、点検データの蓄積が劣化予測精度の向上につながるとは明言しにくい。劣化予測に用いることができる時期的に異なる2点の点検データが入手できたとしても比較的損傷が進行していない2点だけで劣化の最終段階まで予測することは困難と思われる。

(3) 施工不良・初期欠陥による補修

橋梁の補修工事は、建設時の施工不良や初期欠陥が原因のものも多い。補修時期の決定にはこれらの要因も考慮する必要があるが、定量的に評価することは難しい。

(4) 補修後の劣化進行

経過年から第1回目の補修までの劣化予測はできても、一度補修した後の劣化予測手法については、補修した後の劣化曲線の縦軸の定量的指標がどの程度回復するのか、明確な根拠が確立されていないのが実状である。また今後、補修技術の開発により新工法が開発された場合は、現時点で考えている対策時期、費用は変わる。

(5) 実際の補修工事計画における工事調整

実際の補修工事計画においては、各部材の対策時期を足場の兼用等を考慮した工事調整を行う場合が多い。床版工事の足場を利用して塗装塗替えを行う場合や耐震補強工事等に合わせて補修工事を行う場合もあり、各部材の各劣化要因で求まる最適な時期に工事が実施されるわけではないと考えられる。

(6) 補修設計

橋梁はそれぞれが異なる材料特性、建設および維持管理時の施工品質を持つ部材の集合体であるため、橋梁全体としての工事实施の前には、個別橋梁ごとの設計・施工・環境条件をもとに詳細の補修設計が行われる。

キーワード 橋梁, 劣化予測, ライフサイクルコスト, 予防保全, 中長期シミュレーション, 将来費用推計
連絡先 〒105-0003 東京都港区西新橋 1-6-21 (財)道路保全技術センター TEL 03-3509-6824

複数の補修工法から橋全体としての対策の組合せが決まり、構造詳細を考慮した補修数量、費用が計算される。したがって、この過程を経ずに対策時期と費用をシステムチックに求めることには限界があると考えられる。

3. 中長期シミュレータにおけるLCC計算方法の提案

個別橋梁の補修計画立案をシステムのみで提案することは難しいが、維持管理費の予算を要求する際の説明ツールという使い道に絞った中長期シミュレーションにおいては、LCC計算の考えは活かせるのではないかと考える。LCC計算には、対策時期、補修数量、補修単価など複数の要因を設定する必要があるが、ここでは対策時期とその工法の設定に着目する。工学的知見を基にした劣化予測あるいは過去の実績に基づいた統計的分析によって、部材ごと、劣化要因ごと、環境条件ごとに、管理パターンに応じた標準的な対策時期（サイクル）と対策工法の設定を行う。表-1に供用年数20年末満の鋼橋を例に予防保全型と対症療法型の対策工法と対策時期の関係を示す。なお、劣化予測に基づくものと過去の実績に基づくものとの区分は以下の通りである。

表-1 対策工法及び対策時期（鋼橋の例）

部材	対策工法	対策時期	
		予防保全型	対症療法型
鋼桁	塗替え	15年サイクル	20年サイクル
	補修溶接	30年目	—
	当て板補強	60年目	35年目
床版	炭素繊維接着	40年目	—
	上面増厚	60年目	50年目
	打換え	80年目	—
橋台・橋脚	断面修復	40年目	55年目
鋼製支承	交換	30年目	30年目
伸縮装置	交換	30年サイクル	30年サイクル
その他部材	部分補修	25年サイクル	25年サイクル
橋全体	架替え	100年目	60年目

- ①劣化予測に基づくもの：鋼部材の塗装劣化・疲労亀裂、RC床版疲労、コンクリート部材の塩害・中性化
- ②過去の実績に基づくもの：支承・伸縮装置の交換、高欄・地覆の経年劣化、橋梁の架替え

4. LCC計算手法

(1) 対策時期を設定するLCC計算の考え方

劣化曲線は、縦軸：健全度が下降するどの段階（横軸：時間）で対策を講じるのかを決めるために用いられるものと捉え、図-2にプロットした点（矢印に示す）の対策時期を求めることに使われていると考えることができる。

(2) 対策時期の設定方法

各健全度ランクに応じた対策工法の実施時期は、同一健全度ランク内では同一規模の対策工法が適応でき、実施時期が遅い方がライフサイクルコスト縮減の観点から有利であると考え、「次の段階に至る直前の時点」としている。床版の大型車交通量5千台未満を例にすると、図-2の青線で示す劣化曲線から対策時期の設定を行うと表-1に示す対策時期のテーブル表が作成できる。

(3) 適切な単位によるグループ化

中長期的な橋梁部材の劣化状況をマクロ的に把握する場合は、適切な単位でグループ化し、グループごとに将来の対策時期を劣化予測に関する知見を活用してテーブル化して決定する方法も有効であると考えられる。例えばRC床版疲労では、大型車交通量や設計基準の新旧などによりグループ化している。1橋ごとのミクロの値を求めるものではなく、中長期的な将来にかかる費用の傾向をマクロ的に把握することが目的であるため、個々の1橋ごとに異なる対策時期を、図-3のようにグループ化して平均的な代表値を用いた対策時期に置き換えて、費用計算を行う。

5. まとめ

橋梁の将来必要費用を中長期的に把握し、維持管理費の必要性を、議会や財政当局に、分かりやすく説明するという目的においては、対策時期をテーブル化してLCCを求める手法を活用できることを示した。将来幾ら使うかを議論する上では、損傷が軽微なうちに対策を行う「橋梁の予防保全による管理が必要」を、本稿で示した手法で説明することからまず始めることが大切である。

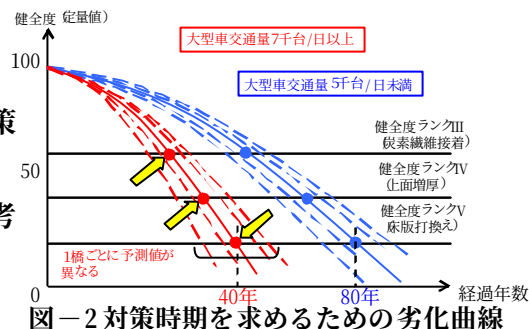


図-2 対策時期を求めるための劣化曲線

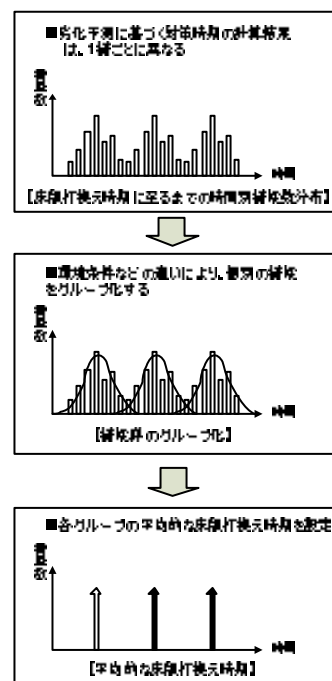


図-3 グループ化による対策時期