

道路橋の劣化進行に伴う維持管理計画の修正が LCC・健全度に与える影響

京都大学 学生会員 ○内藤 翔

京都大学 正会員 平野 裕一, 石川 敏之, 服部 篤史, 河野 広隆

1. はじめに

各自治体では道路橋の長寿命化修繕計画が策定され、運用段階に入っている。しかし、実際の橋梁では荷重・環境条件や施工条件等から劣化を正確に予測するのが難しく、点検毎の計画修正が必要となる可能性が高い。本研究では、劣化予測式に対して乱数を導入し、健全度を変化させ、それに伴う、計画修正がライフサイクルコスト(以下、LCC)や健全度に与える影響を検討した。

2. 研究概要

2.1 対象橋梁、維持管理計画の方法と不確実性の表現

対象橋梁：表 1 に示す海岸部コンクリート橋の 1 橋とし、対象部材を主桁、床版、支承の 3 部材、劣化機構を塩害とした。

対策工法：表 2 に示す 3 つの対策シナリオ毎に対策時健全度、工法、対策後健全度、対策後劣化式および単価を設定した。

劣化の不確実性：図 1 のように、5 年毎の定期点検時に健全度を正規分布で変化させた。図 2 のような 6 種の乱数を予測値に加える。1 ランク誤差率が大きい程、健全度のばらつきが大きく、劣化予測精度が悪い。

2.2 検討要因(表 3)

劣化予測式の次数：塩害を想定した 2 次式と、劣化速度の違いによる影響を検討するために健全度が 1 になるまでの年数が同じ 1 次式も用いた。

計画修正方法：図 3 のように劣化曲線の勾配を修正する方法(a シフト型)および、図 4 のように劣化曲線上を時間軸方向に平行移動し、同じ健全度時点での曲線勾配にシフトする方法(x シフト型)を用い、修正方法の違いによる影響を検討した。

2.3 維持管理計画の評価方法

LCC は 100 年間での総コストとした。平均健全率は桁、床版、支承の 3 部材の健全度(1~5 の 5 段階評価)の重み付き平均の 5 に対する割合とした。これらの値は 100 試行の平均値とした。また、LCC についてはその標準偏差も求め、値が小さい程、LCC のばらつきが小さく、点検毎の予算変動が小さい安定した計画策定・修正が可能となる。

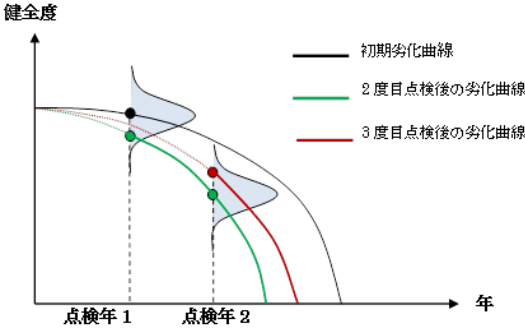


図 1 劣化の不確実性のイメージ

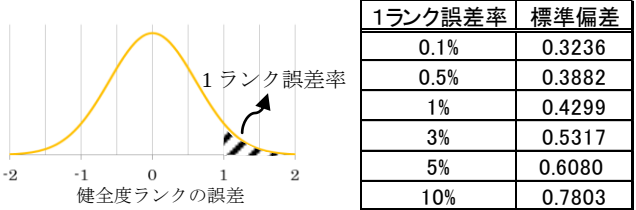


図 2 乱数のイメージと標準偏差

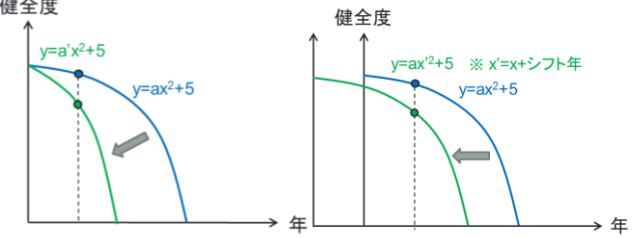


図 3 aシフト型

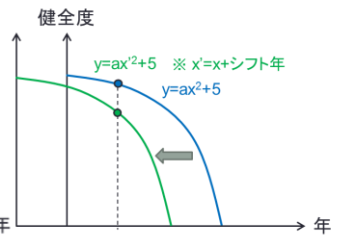


図 4 xシフト型

表 1 橋梁諸元

構造形式	橋長(m)	有効幅員(m)	支承(個)
単純PCT4主桁	62.2	8	24

表 2 対策シナリオ

対策シナリオ	考え方	工法一例
使い捨て型	安全上の問題が深刻化する健全度まで、基本的に対策を行わない。部材交換や橋梁の架け替えを行うため、一時的に大きな費用が発生する。	架け替え
事後保全型	使用上の問題が発生する健全度で対策を行う。	断面修復
予防保全型	変状の小さい健全度でコストの安い対策を行う。	電気防食

表 3 検討要因

No.	次数	修正方法
1	1次式	aシフト型
2		xシフト型
3	2次式	aシフト型
4		xシフト型

キーワード 橋梁長寿命化修繕計画、維持管理計画の修正、ライフサイクルコスト、劣化予測、PCT 桁橋
連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 工学研究科都市社会工学専攻 TEL075-383-3321

3. 検討結果および考察

3.1 劣化予測式の次数の影響

図4に、aシフト型でのLCC変化率、図5にLCCを1ランク誤差率に対して示す。

使い捨て型：1次式では低LCCを示すが2次式では高LCCを示す。塩害を想定した2次式では、変状が始まるとその後は加速的に劣化が進行するため、補修を行わないシナリオでは劣化進行が速く、架け替え回数が増大するためである。

事後保全型：1次式、2次式のLCCの差が比較的小さく、また、1ランク誤差率の違いによるLCCの変動が小さい。したがって、劣化機構が不明な場合や、劣化の不確実性が強い場合での適用では、予測したLCCから大きく変動することがなく、予算不足となる可能性が低い。しかし、図6に示すように平均健全率は低い値を示し、急激な劣化が生じた場合に、供用限界を下回る可能性があり、安全面に注意が必要である。

予防保全型：次数に関わらず乱数の違いによる値の変動が大きく、劣化予測精度の影響を受けやすい。しかし、図6のように健全な状態を保てるので、管理水準の高い社会的・重要性の高い橋梁に適用できる。

対策シナリオ、次数に関わらず、劣化予測精度の違いによる値の変動に比べ、乱数導入前後での値の変動が大きい。つまり、不確実性を考慮するかどうかの変化率に大きく影響する。

3.2 計画修正方法の影響

aシフト型では、劣化曲線の勾配を点検毎に修正するが、xシフト型では当初の曲線勾配をそのまま使用する。劣化予測式設定時に、十分な根拠を持った劣化予測式を用いる場合にはxシフト型を使用し得るが、そうでない場合にaシフト型を適用するのが妥当と考える。図7に、2次式でのLCC標準偏差を示す。aシフト型に比べ、xシフト型の方が小さく、予算変動の少ない安定した計画策定・修正が可能と言える。1次式でも同様の結果を示した。

4. 結論

(1)塩害では、変状発生後の進行が速いため、使い捨て型では架け替え頻度が増大し、LCCが上昇しやすい。事後保全型では劣化予測精度が見込めない場合のLCCの変動が小さいが、安全面に注意が必要である。予防保全型では劣化予測精度の影響を受けやすく、劣化予測精度が悪い程LCCが増大する傾向がある。

(2)aシフト型は、修正後のLCCのばらつきが大きく、予算変更を大きく行う可能性がある。xシフト型は、LCCの標準偏差が小さく、計画修正の変動幅の小さい安定した計画策定・修正が可能となる。

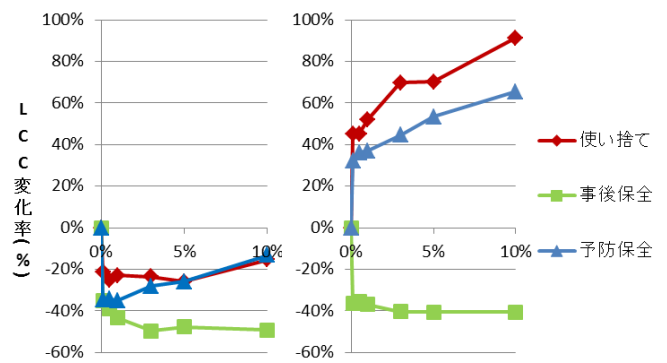


図4 LCC変化率(左1次式, 右2次式)

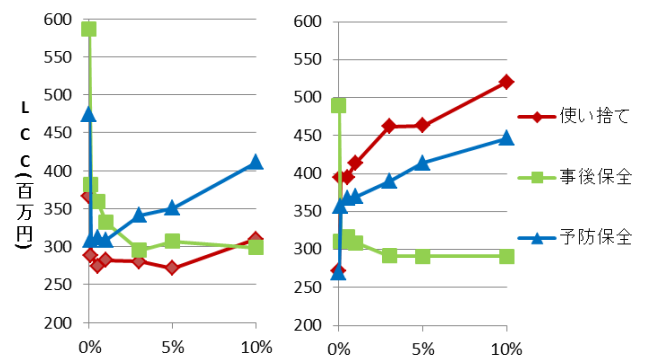


図5 LCC(左1次式, 右2次式)

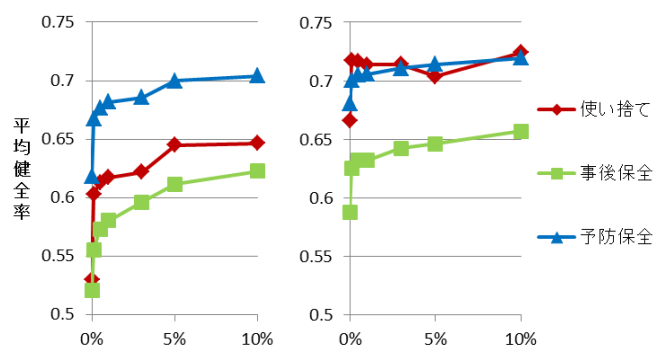


図6 平均健全率(左1次式, 右2次式)

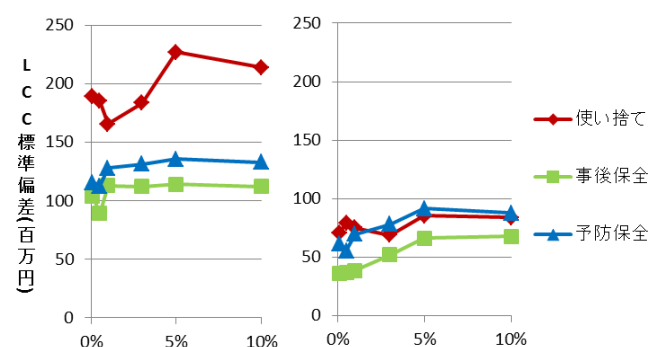


図7 LCC標準偏差(左aシフト型, 右xシフト型)