

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

道路橋の維持管理費削減を図り、各自治体では橋梁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、実際の橋梁では環境条件や施工条件等から予測通りに劣化が進行せず、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、健全度を変化させることで、当初予測した劣化進行程度とは異なるという不確実性を表現し、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 に示すように、5 年毎の定期点検時に健全度を正規分布で変化させることで表現した。図 2 のような 4 種の乱数を予測値に加える。確率が大きい程、健全度のばらつきが大きく劣化予測精度が悪い。

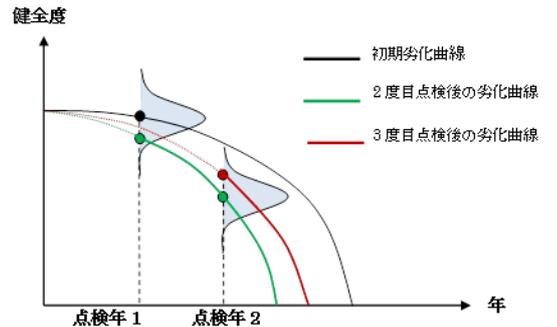


図 1 劣化の不確実性のイメージ

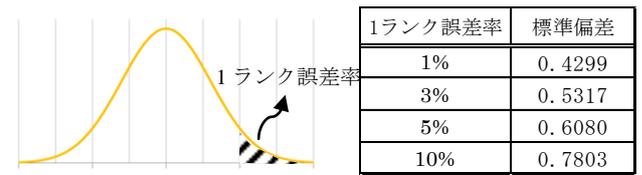


図 2 乱数のイメージと標準偏差

2.2 検討要因

劣化予測式の次数：2 次式を基本とし、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、および、図 4 のように劣化曲線の勾配を修正する方法とし、修正方法の違いについて検討した。

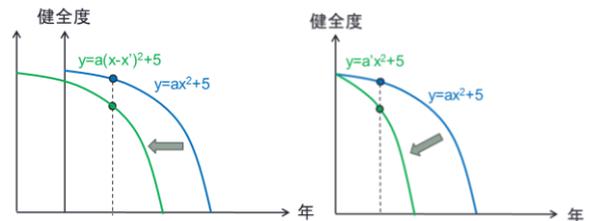


図 3 xシフト型

図 4 aシフト型

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、平均健全率は桁, 床版, 支承の 3 部材健全度(1~5 の 5 段階評価)の重み付き平均の百分率とした。試行毎のばらつきを考慮し、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を求めた。この値が小さい程、LCC のばらつきが小さく、点検毎の予算変動が少ない安定した計画策定が可能となる。

表 1 橋梁諸元

構造形式	橋長(m)	有効幅員(m)	鋼製支承(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段階まで、基本的に補修を行わない	架け替え
事後保全型	使用上の問題が発生した時点でその都度対策を行う	断面修復
予防保全型	損傷の小さい段階で効果の大きい長寿命化工法で対策する	電気防食

表 3 パラメータ表

No.	次数	修正方法	対策シナリオ	乱数
1	1次式	aシフト型	使い捨て型 事後保全型 予防保全型	0%,1%,3%, 5%,10%
2		xシフト型		
3	2次式	aシフト型		
4		xシフト型		

3. 検討結果および考察

3.1 劣化予測式の次数および劣化予測精度の影響

図 4 に a シフト型での LCC 変化率を示す。横軸は乱数導入前と 4 種の乱数導入後を示し、右に行く程不確実性が大きい。1 次式に比べ、2 次式の方が変化率が增大傾向にある。これは、2 次式を採用する塩害などでは損傷が始まるとその後の劣化も加速度的に進行するためと考えられる。図 5 にシナリオ別の LCC を、図 6 に平均健全率を示す。使い捨て型では、1 次式では低コストを示したが 2 次式では高コストを示した。塩害などを想定した劣化予測式を用いる場合、補修を行わない本シナリオでは劣化が進行しやすく、架け替え回数が増大するためである。事後保全型では 1 次式、2 次式の差が小さく、また、乱数の違いによる値の変動が小さい。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、平均健全率は低い値を示しており、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、交通量が多い橋梁等、社会的に重要性の高い橋梁への適用には注意が必要である。予防保全型では、2 次式ではコストが大きく増大し、また、次数に関わらず乱数の違いによる値の変動も大きく、劣化予測精度の影響を受けやすい。しかし、ほぼ全ての条件で最も健全な状態を保て、安全性を重要視する社会的な重要性の高い橋梁に適用できる。

3.2.計画修正方法の影響

a シフト型では、劣化曲線勾配を点検毎に修正しているが、x シフト型では、初期での曲線勾配をそのまま使用している。劣化式設定時に、十分な根拠づけを持った劣化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 シフト型の方がこの値が小さく、予算変動の少ない安定した計画が策定できると言える。1 次式でも同様の結果を示した。

4. 結論

- (1) 塩害など加速度的に劣化が進行する場合では、健全度低下後の劣化の進行が早いいため、架け替えを含む使い捨て型の対策シナリオでは対策頻度が増大し、LCC が上昇しやすい。
- (2) 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 が増大する傾向にあった。
- (3) 劣化予測精度が見込めない場合は事後保全型が有効であるが、健全度の低下に注意が必要である。
- (4) a シフト型の計画修正方法は、理論上は妥当な修正方法と考えられるが、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。
- (5) x シフト型の計画修正方法は、LCC のばらつきが小さく、計画修正の変動幅の小さい安定した計画策定が可能となるが、劣化式設定時にある程度の精度が見込める時に適用できる。

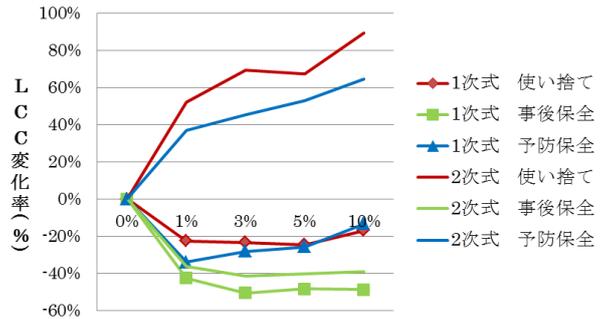


図 4 LCC 変化率(a シフト型)

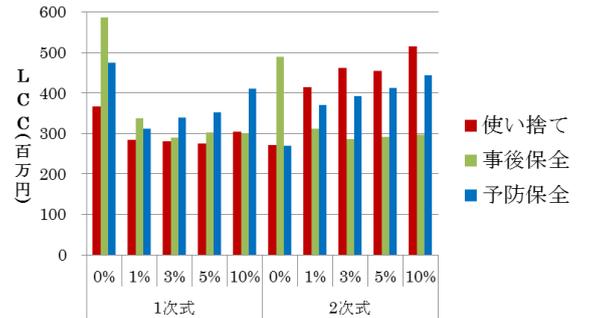


図 5 シナリオ別 LCC(a シフト型)

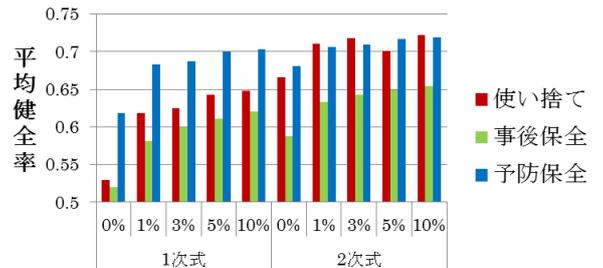


図 6 シナリオ別平均健全率(a シフト型)

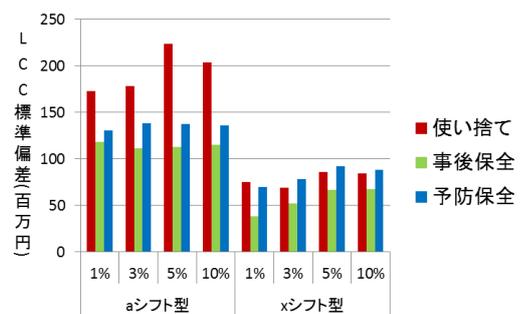


図 7 LCC 標準偏差(2次式)