

## 鋼橋維持管理計画における塗装部と本体の劣化モデルの検討

（財）経済調査会 正会員 牧野 淳  
中央大学大学院 学生会員 佐藤 敦  
中央大学 正会員 佐藤尚次

### 1.はじめに

現在、老朽化橋梁の増加・社会情勢から、効率的な橋梁の維持管理計画を立てることが必要となっている。従来、塗装維持管理は、塗装の寿命から塗り替えを判断してきた。しかし、今後予想される厳しい予算制約のもとでは、劣化が直接橋梁本体の性能低下に関係しない塗装は、本体の性能低下によるリスク増加を許容できる範囲では、補修を先送りし、塗装の劣化を放置する状況も考えられる。塗装劣化の放置を考慮に入れた計画の立案には、劣化の放置による橋梁本体の性能に対する影響を考慮する必要がある。そこで、本研究では西川が提案した、橋梁本体と部材を分離して表示するモデル<sup>1)</sup>を塗装の維持管理に適用し、モデルの検討とライフサイクルコスト評価による塗り替え周期の検討を行なうものとする。

### 2.本研究での劣化モデル

図1は、本研究にて適用した劣化モデルである。塗装と橋梁本体の性能を分離して表示したモデルである。塗装の性能が要求性能を下回る状態（図中 a,c,e 点）になると、防食効果がなくなり鋼材の腐食が始まる。そのため本体の性能にも変化が生じる。また、塗装の塗り替えを行なうと（図中 b,d 点）塗装の防食性能は回復するが、本体の性能は回復しないものとした。橋梁本体の性能としては、主桁の耐荷力のみを考慮する。

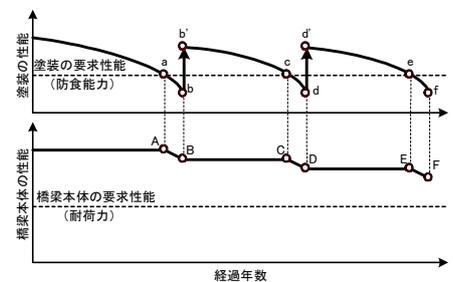


図1 本研究での劣化モデル

### 3.モデル適用 3.1 塗装・腐食のモデル化

橋梁モデル適用に際し、塗装・鋼材の腐食を既往の研究<sup>2)</sup>、塗装専門家の意見を参考に以下のようにモデル化した。

塗装の効果は、防食、景観面の効果など考えられ、事実、防食効果・景観面の配慮より塗り替えられる。しかし、本研究では、防食効果に限定し、塗装の寿命を防食効果が無くなる時点とし、この時点より鋼材の腐食が始まるとする。また、塗り替えにより塗装の防食効果は完全に回復するものとする。

塗装の劣化は、部材、部位によって劣化速度が異なることが広く認知されている。また、部位別では、桁端部、漏水発生箇所などで早期に劣化する事例が報告されている<sup>2)</sup>。しかし、本研究で対象とした一般環境では、特別な場合を除き同一部材断面では、均一に塗装劣化・鋼材腐食が生じると考えられ、部位による劣化速度の違いは考慮しない。そこで、主桁の下フランジ、上フランジ、ウェブ、その他の部材の4つに分割し、塗装劣化速度(寿命)に違いを持たせた。

鋼材の腐食量と塗膜劣化の関係は、明確にはされていない。そこで、部材ごとに塗装の劣化速度が異なる場合でも鋼材の腐食量は、一律にした。表1に本研究で用いた塗装・腐食の諸条件を示す。(A塗装系を使用)

塗装の塗り替えは、部位・部材ごと寿命に達した時点で塗り替えを行なうことが理想である。しかし、通常は費用上の理由から全体的に塗装が寿命に達した段階で全面塗り替えを行なうことが一般的である。そこで本研究でも全面塗り替えとした。

表1 塗装・腐食の諸条件

分類	塗装寿命(年)	板厚減少量(mm/year)
ウェブ(主桁)	17	0.02
上フランジ(主桁)	15	0.02
下フランジ(主桁)	7	0.02
その他の部材	15	0.02

Keyword：塗装維持管理、ライフサイクルコスト、リスク

研究当時 中央大学大学院

〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学 理工学部 土木工学科 設計工学研究室 TEL03-3817-1816

3.2 対象モデル

対象モデル（図2）は、単純非合成1桁とした。モデルの諸元を表2に示す。

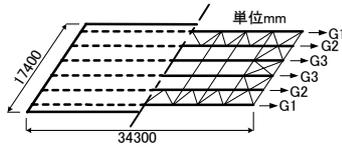


図2 対象モデル

表2 対象モデル諸元

項目	単位	
設計活荷重		B活荷重
橋長	mm	34300
幅員	mm	17400
使用鋼材		SS400,SM490Y,SM500
主桁	本数	本
	間隔	mm
設置環境		一般環境

4. ライフサイクルコスト評価 4.1 評価式

通常用いられているライフサイクルコスト(Life Cycle Cost：以下LCC)の概念は、初期費用・維持管理費・更新費の総和であるが、本研究では、更新費の代わりに、リスクを考慮することにより塗り替え周期の評価を行なう。ここで、リスクとは期待損失費(破壊確率と損失費の積)と定義する。

$$LCC = C_I + \sum_{j=1}^T C_{Mj} + \sum_{j=1}^T C_F \cdot P_{Fj} \quad (1)$$

$C_I$  : 初期費用       $C_M$  : 維持管理費       $T$  : 期間  
 $C_F$  : 損失費       $P_F$  : 破壊確率

4.2 破壊確率の算出

耐力の評価は、死荷重による応力度と活荷重による応力度を考慮する。死荷重は、断面減少が生じたとしても、供用開始後はほぼ一定と考えられる。しかし、活荷重は、日中や深夜などでも大きく変動する。そこで、本研究では死荷重を確定値とし扱い、活荷重は変動値としシミュレーションにて最大値分布を求め信頼性解析を行い破壊確率を算出した。なお、断面力については曲げモーメントに着目し、着目断面は支間中央点とした。シミュレーションでは、文献<sup>3), 4)</sup>を参考にパラメーターの設定し、期間1年間について最大曲げモーメント分布を求めた。

5. ライフサイクルコストの試算 5.1 試算条件

3.1で示した劣化条件のもと主桁の板厚を減少させ、1年あたりの破壊確率を求め、式(1)によりLCCを算出した。検討は、15年、20年、30年周期塗り替えについて行なう。なお、維持管理費として塗装塗り替え費を、損失費としては橋梁架け替え費とした。また、架け替えの際には仮橋を建設することによって、通行止めによる迂回での時間損失など社会的損失はないものとした。表3に各費用を示す。

表3 各費用

項目	費用(円)
塗装塗り替え費(足場費含む)	10,950,000
橋梁架け替え費(仮橋建設費含む)	200,394,000

5.2 試算結果

図3に結果を示す。従来のLCCに期待損失費を加えることにより橋梁本体の性能への影響という観点から塗り替え周期の検討を行なうことが出来た。供用期間を100年間に設定した場合は、20年周期がもっとも有利な塗り替え周期となった。

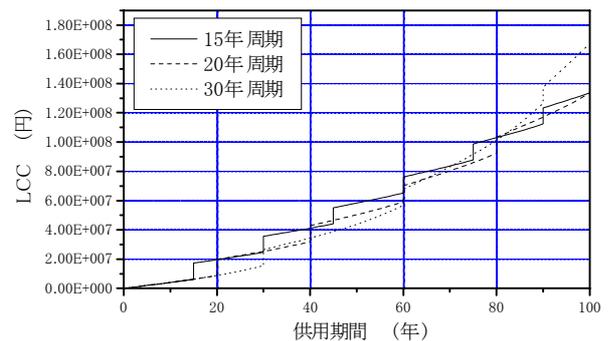


図3 試算結果

6. まとめ

本研究で得られた主な知見は以下のとおりである。

- ・ 塗装と橋梁本体の性能を分離して表示したモデルを適用することで、塗装の寿命を過ぎた塗り替え周期の検討を行なうことができた。
- ・ 期待損失費、信頼性理論、LCC評価を用いることで、塗装塗り替え・効果を定量的に評価することができた。

参考文献 1)西川和廣：道路橋の寿命と維持管理 土木学会論文集 I-29 1994.10 2)例えば、藤原博ら：鋼橋塗装の実態調査 鋼橋塗装 1992 3)阪神高速道路公団：阪神高速道路の設計荷重体系に関する調査研究 1986 4)白木渡ら：荷重の横分配の影響を考慮した道路橋主桁の信頼性解析 構造工学論文集 1988