

鋼主桁における劣化予測を考慮した塗装維持管理経費の最適化

北見工業大学大学院 学生員○岩渕 直 北見工業大学 フェロー 大島 俊之
 (株)ドーコン フェロー 安江 哲 北見工業大学 正会員 三上 修一
 東邦コンサルタント(株) 正会員 村上 新一 北見工業大学 正会員 山崎 智之

1. はじめに

土木構造物が老朽化する中で、維持管理に必要な費用も増大している。塗装の保守が必要な鋼橋においても例外ではなく、ライフサイクルコスト(以下 LCC)のスマート化は現在非常に重要な課題となっている。そこで本研究では、維持補修費用に注目し、劣化予測式を用いてその額を最小化することによって既存鋼橋の LCC を最適化することを目的とし、一連の検討を行った。

2. 劣化予測式

本研究に用いた塗膜の劣化予測式を以下に示す。

$$Y = N_s \cdot N_p \cdot N_E \cdot N_R \cdot N_W \cdot N_H \cdot 0.008X^2$$

Y : 劣化面積率 (%) X : 経過年数 (年)

$N_s \sim N_H$: 各耐久性係数

ここで、耐久性係数とは、様々な腐食環境の違いを数値として表したものである。藤原ら¹⁾の研究より様々な環境の塗膜劣化予測曲線は二次曲線によって表すことが可能なことが明らかになっていることから、筆者らは上式のような予測式を提案している²⁾。また、劣化面積率とは単位面積中のさび、われ、ひびわれの合計面積の占める割合である。なお、本予測式は実橋梁の塗装劣化との比較で高い相関を示している²⁾。

3. 維持管理費用の最適化手法

維持管理費用の最適化手法の流れを以下に示す。本最適化手法は塗装の管理レベルを設定し、劣化予測式より考えられる全ての劣化パターンについて維持管理費用を算出し比較することにより最適な解を探索するものである。

①劣化予測式、管理目標レベル及び塗装面積の決定

維持管理費用を算出する橋梁について、桁腹板外面・下フランジ下面等の塗膜劣化予測式を作成する。また管理目標レベル、塗装面積、使用塗装系(色)を決定する。

②とり得る全劣化パターンの決定

全劣化パターンの決定は以下のルールに従って行う。

- 1) 各劣化曲線が管理目標レベルに達した時点で補修を行う。よって、その時点で劣化曲線を0に戻す(図-1)。この図-1の劣化パターンを基本劣化パターンとする。
- 2) 基本劣化パターンは各々が管理目標レベルに達した時点で補修を行うものなので、必ずしも合理的な

表-1 各劣化要因と耐久性係数

各種要因	分類	耐久性係数
橋梁構造(N_s)	箱桁	0.91
	鈑桁	1
	トラス桁	1.11
部位(N_p)	桁腹板外面	1
	下フランジ下面	3.333
	添接部	3.333
	桁端部	3.333
架設環境(N_E)	一般(交差道路含む)	1
	田園・山間・住宅地	0.5
	河川	1.428
	海岸	2.5
塗装系(N_R)	一般塗装系(A,B 塗装系 etc.)	1
	重防食塗装系(C 塗装系 etc.)	0.5
塗装施工(N_W)	一般塗装系現地上塗	1
	重防食塗装系現地上塗	0.667
	重防食塗装系工場一括塗装	0.5
塗装履歴(N_H)	新設	1
	塗替(1回→2回→3回)	1.25→1.667→2

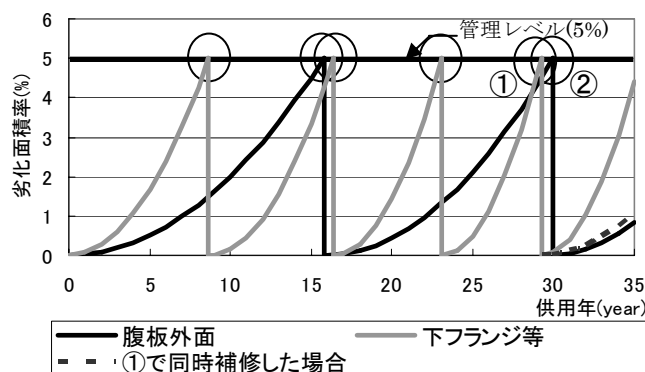


図-1 腹板外面および下フランジ等の劣化曲線

キーワード：塗膜，ライフサイクルコスト，劣化予測，維持管理

連絡先：〒090-8507 北見市公園町 165 番地 TEL (0157) 26-9488 Fax (0157) 23-9408

補修パターンとは言えない.そこで図中②の腹板外面補修を、その前にある図中①の下フランジ下面等補修時に同時に補修する場合(図中点線)を考える。その後、図中①以降の劣化曲線を新たに計算し、それを次の劣化パターンとする。このように、一つ前の部分補修時に同時補修を行う劣化パターンを作成する作業を繰り返し行い、考え得る全ての劣化パターンを明らかにする。

③全ての劣化パターンについて維持補修費用を算出

それぞれの劣化パターンについて材料費，足場費，ケレン費から供用予定期間中の維持補修費用を算出する(図-2)。

④維持補修費用が最小なパターンを LCC が最適とする

図-2 の場合，データ No. 3 が最適となる。

4. モデルによる最適化シミュレーション

本手法の有効性を確認する為，計算プログラムを作成し、以下のモデル橋梁について本手法を適用した。

○予測条件

- 構造形式： 鈑桁
- 塗装面積： (桁腹板外面) 120 m²
(下フランジ，桁内側等) 490 m²
- 橋面面積： 320 m² 使用塗装系:A-1 塗装系(赤色)
- 管理レベル： 5 % 架設環境： 田園環境
- 予定供用期間： 80 年

これらの予測条件から導き出された維持補修費用の最小値およびそのときの補修内容を示す(表-2)。また、その場合の劣化予測曲線を示す(図-3)。なお、考えられる劣化パターン数は 250 通りである(図-4)。その中で最も高いものは 2000 万円を越えることから、もし無計画に管理レベル 5%を超えないよう維持補修を行えば、供用予定期間の 80 年間で 400 万円程度の浪費が行われることがわかる。

5. おわりに

今回，維持補修費用として計算に用いた要素は材料費，足場費，ケレン費用であり直接工事費を算出するためのものなので，実際の補修費用とは異なるものである。今後の課題として，実際価格（工事価格）に近づけるために諸経費などを組み入れる必要があるが，維持管理費用の目安となる金額を算出できたことは，今後の橋梁の維持管理業務を行う上で有効な手法を提案できたと言える。

謝辞

本研究は平成 15 年度文部科学省科学研究費（代表者 大島俊之）の補助を受けて行われました。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】

1) 藤原博, 三宅将：鋼橋塗膜の劣化度評価と寿命予測に関する研究, 土木学会論文集, No. 696/I-58, 111-123, 2002. 1

2) 岩渕直, 大島俊之, 安江哲, 他 3 名：鋼橋主桁部材における塗膜の劣化予測に関する研究, 土木学会第 58 回年次学術講演会概要集, I-476, 2003. 9

3) 財団法人建設物価調査会：建設物価土木コスト情報, 第 978 号, 153-164, 2003. 10

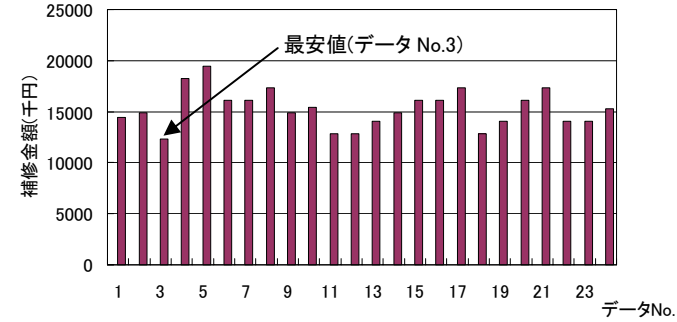


図-2 各パターンの維持補修費用比較

表-2 最適な維持補修内容

経過年数	補修内容	金額(円)
14	下フランジなど	2160500
25	全面	2454500
36	下フランジなど	2160500
46	全面	2454500
56	下フランジなど	2160500
66	全面	2454500
76	下フランジなど	2160500
計		16005500

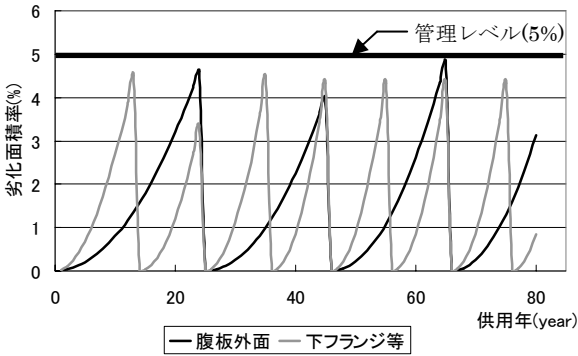


図-3 最適補修時の劣化曲線

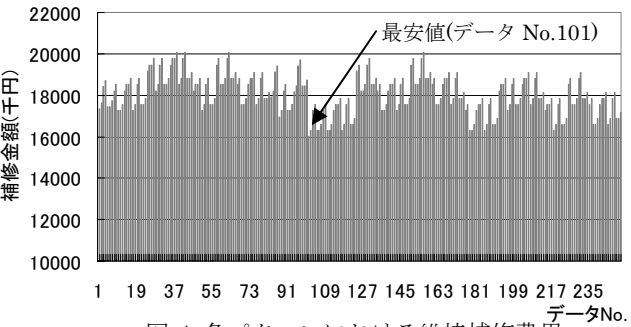


図-4 各パターンにおける維持補修費用