

鋼橋主桁部材における塗膜の劣化予測に関する研究

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 正会員 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) 村上 新一 北見工業大学 正会員 山崎 智之

1. はじめに

鋼橋を維持管理する上で塗装の劣化予測は重要な課題であり，ライフサイクルコスト（LCC）の軽減という点からも注目される^{1) 2)}．その問題の解決には塗膜の劣化予測手法が必要となってくるが，様々な環境下にある鋼橋について全ての劣化予測を行うには多大な時間と労力が必要となる．そこで本研究では，より簡単に塗膜の劣化予測を行う手法の開発を目的として，今回は塗装面積の大きい主桁部材のさび・われ・ひびわれに着目し劣化曲線の検討を行った．

2. 塗膜劣化要因の検討

本研究では BMS（橋梁維持管理システム）におけるデータ数が限られた場合でも劣化予測を可能とするため，劣化予測に用いる劣化要因についてもできるだけ把握しやすいものを用いることにした．以下に，本研究に用いる各劣化要因を示す．

- ①橋梁構造…箱桁，鉸桁等．
②橋梁部位…桁腹板外面，下フランジ下面等．
③架設環境…海岸環境，河川環境等．
④使用塗装系…A 塗装系，B 塗装系等．
⑤塗装施工方法…現場塗装，工場一括塗装．
⑥塗装履歴…新設塗装，1～3 回塗替え塗装．

3. 塗膜劣化予測手法

藤原ら¹⁾の研究によると，塗り替え時期を判断する 10～20 年程度の実用的な範囲であれば，様々な環境の塗膜寿命予測曲線を二次曲線によって表すことが可能である．それによるとマイルド環境・A 塗装系の寿命予測曲線は 63673 データからの回帰式より(1)式で表すことができる．

$$Y = 0.008X^2 \cdots (1)$$

Y：劣化面積率（％） X：経過年数（年）

ここで，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．本研究では，様々な環境にある塗膜寿命曲線が全て二次曲線で表すことが可能であるという仮定から，係数の変化によって様々な環境の塗膜の劣化を表現できると考えた．そこで，式(1)に前述の塗膜劣化要因の分類ごとに耐久性を定め（表－1）²⁾，それらを係数（耐久性係数）に変換したものを乗じた式(2)を作成し劣化予測式とした．

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

表－1 各劣化要因と耐久性(係数)比較

各種要因	分類	耐久性	耐久性係数
橋梁構造 (NS)	箱桁	11	0.91
	鉸桁	10	1
	トラス桁	9	1.11
橋梁部位 (NP)	桁腹板外面	10	1
	下フランジ下面	3	3.333
	添接部	3	3.333
	桁端部	3	3.333
架設環境 (NE)	一般(交差道路を含む)	10	1
	田園・山間・住宅地	20	0.5
	河川	7	1.428
	海岸	4	2.5
塗装系 (NR)	一般塗装系 (A、B 塗装系 etc.)	10	1
	重防食塗装系 (C 塗装系 etc.)	20	0.5
塗装施工 (NW)	一般塗装系現地上塗	10	1
	重防食塗装系現地上塗	15	0.667
	重防食塗装系工場一括塗装	20	0.5
塗装履歴 (NH)	新設	10	1
	塗替(1回→2回→3回)	8→6→5	1.25→1.667→2

$N_S \sim N_H$ ：各耐久性係数

本研究では暫定的に文献2）を参考とし、表－1のように耐久性を定めた、それを以下の方法で耐久性係数($N_S \sim N_H$)に変換した。

$$N_x = A_0 / A \cdots (3)$$

N_x ：各耐久性係数 A_0 ：基準となる耐久性

A ：各分類の耐久性

ここで、 A_0 は最も一般的な分類の耐久性とする．本研究では表－1のように、 $A_0 = 10$ とした．

本劣化予測式では簡単な塗膜劣化要因のみで劣化予測を行うことが可能であるため、BMS などに限られたデータしかない場合にも塗膜劣化予測を行うことが可能である。

4. 実橋梁への適用

本研究では本劣化予測式の予測精度の確認をするため、実橋梁に対して本予測式の適用を行った．対象橋梁は、北海道留萌地域における25橋、データ数は32データである．表－4は解析結果を示したものである．また例としてK橋における予測式適用結果（二次曲線）と実点検結果（太線（表－3））を図－1に示す．K橋では図－1の通り塗替えから1年目と6年目に点検が行われており点検結果はそれぞれ2と3で、両点検の結果と予測結果は一致していることが判る．また全データの予測結果は点検結果との適合率が8割強と良好な値を示しており、結果が適合しなかったデータについてもごく僅かな差であるものも多く（表－5）、この予測式の妥当性を表すものとなった．しかし、表－2のようにデータに若干の偏りがあるため、今後、データの収集を行い様々な形式、環境でのシミュレーションが必要である．

5. まとめ

現時点では耐久性係数に関して改善の余地があるが、今後のデータの蓄積により耐久性係数の見直しを行うことで予測式の精度向上が見込める．

また、本予測式は耐久性係数を追加することによってさまざまな塗膜劣化要因による劣化傾向をあわせた塗膜劣化曲線を算出することが可能であるため、架設環境が様々である鋼橋に幅広く適用することができる．

【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

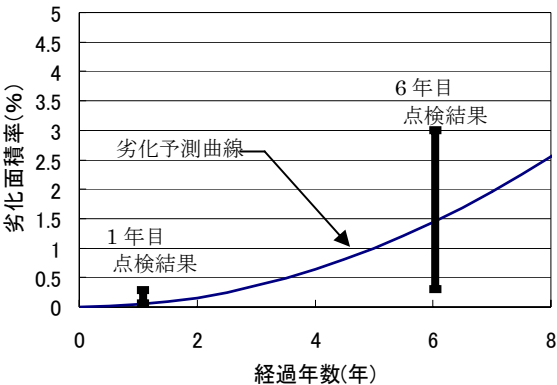
2) 社団法人日本鋼構造協会: 鋼橋塗膜の評価技術(その2. 塗膜劣化の経時変化モデルと寿命予測の検討), JSSC テクニカルレポート, No. 45, P13-15, 2002

3) 社団法人日本鋼構造協会: 鋼橋塗装の LCC 低減のために, JSSC テクニカルレポート, No. 55, 2002

4) 社団法人日本道路協会: 鋼道路橋塗装便覧, 1990

表－2 予測に用いたデータ一覧

各種要因	分類	データ数
橋梁構造	箱桁	0
	鈑桁	30
	トラス桁	2
橋梁部位	桁腹板外面	32
	下フランジ下面	0
	添接部	0
	桁端部	0
架設環境	一般	10
	田園・山間・住宅地	0
	河川	0
	海岸	22
塗装系	一般塗装系(A,B塗装系etc.)	25
	重防食塗装系(C塗装系etc.)	7
塗装施工	一般塗装系現地上塗	25
	重防食塗装系現地上塗	5
	重防食塗装系工場一括塗装	2
塗装履歴	新設	8
	塗替	24



図－1 K橋における塗替え後の劣化曲線と点検データの検討

表－3 点検結果の劣化面積率範囲

点検結果	劣化面積率(%)	点検結果	劣化面積率(%)
1	0～0.03	3	0.3～5.0
2	0.03～0.3	4	5.0～

表－4 実橋梁への予測式適用結果

データ数	判定		適合率(%)
	合	否	
32	26	6	81.13

表－5 非適合データの差

橋梁名	実点検結果との差(%)
A橋	-2.44
B橋	-0.033
C橋	0.043
D橋	0.155
E橋	-3.04
F橋	-1.08