

大阪大学大学院 学生員 ○有馬 博人
(株)日本工業試験所 正会員 出口 恒宣
関西大学総合情報学部 正会員 田中 成典
大阪大学工学部 フェロー 松井 繁之

1. はじめに

架設当初には予測し得なかった荷重・環境の変化が道路施設にさまざまな劣化損傷をもたらしている。特に、わが国の高度成長期にあたる時期に建設された橋梁については、老朽化と判断せざるを得ない様々な劣化・損傷事例が報告されている。それを未然に防ぐための維持管理については、所管の橋梁を定期的にすべてを視て、ある標準の橋梁の補修と同じように行うという画一的な方法が一般的であった。このため維持管理業務は年々増加し、人員、経費が膨張する一方で、効率化が要求されてきている。

一般に、橋梁の維持管理業務のなかで、橋梁の「診断・判定」の部分が最も重要であり、長年経験を積んできた専門技術者の高度な知識が必要とされる。よって将来その専門技術者が不足すると、既存橋梁の維持管理業務に支障を来す可能性が大となる。以上のようなことから、このような問題に対処する方法として橋梁の維持管理システム(Bridge Management System)に関する研究が盛んに行われ始めている。

そこで本研究では、橋梁の様々な損傷の中でも塗装劣化に着目して、塗装劣化の発生・進展に関与していると思われる環境因子を選出し、ニューラル・ファジィ・ネットワークを用いて、各環境因子の影響度から将来の劣化を予測する手法を提案する。

2. 環境因子の選出

環境因子のデータチャートを表-1に示す。環境因子としては、橋梁全体に影響を及ぼす因子、部分的に影響を及ぼす因子に分類した。さらに、部分的に影響を及ぼす因子は、対象物自身に関するものと、対象物周辺に関するものとに分類している。また、環境因子による劣化予測から、将来の点検優先順位を決定するためには、橋梁を位置毎に分割して評価する必要があるので、環境因子の他に位置特定因子を設定した。

表-1 環境因子のデータチャート

環境因子	全体系		交通量
			架設位置
	部分系	対象物自身	断面形式
			面方向1(内・外)
			面方向2(水平・垂直)
			日照
			風雨
			塗装
			湿潤状態
	位置特定因子	対象物周辺	排水管の漏水
			ボルト継手
			上方の漏水
位置特定因子	橋軸直角方向		
	橋軸方向		
	上下方向		

3. 学習データの作成

学習データを作成するに当たって、大阪南港に位置するK大橋の箱桁内部の点検結果を使用した。K大橋は三径間連続斜張橋で、共用開始後約20年経過しており、箱桁内部の塗装劣化が著しい。点検結果は変状区分として、「塗装剥離」・「発錆・腐食」・「断面減少」・「変形・破損」・「その他」に分類されており、リブで囲まれた領域毎(パネル)に評価している。

今回のデータは箱桁内部の上下フランジに限定されているので、環境因子としては、「伸縮継手の有無」・「ボルト継手の有無」・「上方漏水の有無」・「排水管の有無」、のみ使用した。データの分類に当たっては、下フランジに対して、上フランジの塗装劣化・主塔部・ケーブルの定着部が存在する場合には、「上方漏水あり」とした。

環境因子によって分類したそれぞれの集団に対して代表値を与えるため、塗装劣化の進行状況を点検結果の変状区分と同じ、「塗装剥離」・「発錆・腐食」・「断面減少」とし、環境因子により分類されたそれぞれの集

団において、変状区分毎のパネル数を表－2に示す重みを乗じて平均することにより、その集団の代表値とした。分類結果及び代表値を表－3

表－2 変状区分の重み

健全	0
塗装剥離	1
発錆・腐食	3
断面減少	6

に示す。

表－3 かもめ大橋箱桁内部の分類結果

面方向	2	排水管漏水	ボルト継手	伸縮継手	上方漏水	評価値
上フランジ						0.01601
					○	1.57955
				○		1.67647
			○			0.08538
下フランジ						1.96160
					○	4.09548
				○		5.50000
				○	○	5.68750
			○			2.51258
			○		○	2.72222
	○					3.17987
	○				○	4.80000
	○			○		4.33333
	○			○	○	5.14286
	○		○			3.65722
	○		○		○	4.28571

4. 予測曲線

文献¹⁾によれば、塗膜がさびやふくれもしくはわれ等の外観で観測される欠陥の劣化モデルが指数関数的な形状になり、

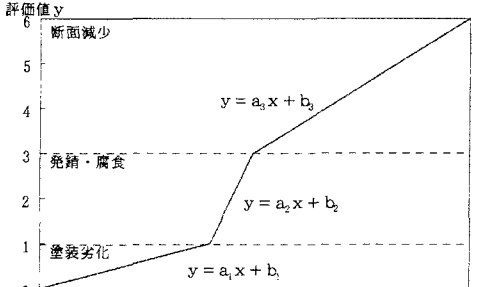
$$y = k / (1 + m \cdot e^{-ax}) \quad \dots\dots\dots ①$$

ここで、y : 塗膜劣化の評価点
x : 経過時間
k, m, a : 係数

の式で表現できるとしている。本研究では、ニューラル・ネットワークの構築に当たり、式①の定数と環境因子の関連性を見いだすのが困難なため、変状区分で傾きが変わるように、式②の3本の直線で代用することにより、ルールの簡便化を図った。(図－1)

$$\begin{aligned} y &= a_1x + b_1; (0 \leq y \leq 1) \\ y &= a_2x + b_2; (1 \leq y \leq 3) \\ y &= a_3x + b_3; (3 \leq y \leq 6) \end{aligned} \quad \dots\dots\dots ②$$

ただし、 $a_1 \leq a_3 \leq a_2$ とする。



図－1 予測曲線概念図

5. 分析

実際の手順としては、それぞれの環境因子についてメンバーシップ関数を作成し、ニューラル・ネットワークで評価値との関係を学習させることにより各因子の重要度（重み）を求める。そして求めた重みによって式②の直線の傾きを変化させ、将来の評価値の推定をおこない、その評価値の大小により点検の優先順位を決定できる。また、再塗装を実施しなければならない限界の評価値を設定しておけば、その目標値に達するまでに、事前に何らかの措置を施すことが可能となる。詳細結果については当日発表する。

6. あとがき

本研究を遂行するにあたり、ハード・ソフトを提供してくださった、(株)富士通の皆様、また資料を提供してくださった、港湾地域橋梁の維持管理委員会の皆様に感謝いたします。

参考文献 1) 栗山 寛：防錆塗装の寿命予測に関する一つの試み、防錆管理、34[5]、pp.182-186(1990)