耐候性鋼橋の腐食評価の客観的定量化に関する研究

(株)東亜道路工業 正会員 ○大谷 啓誠
 長岡技術科学大学 正会員 岩崎 英治
 長岡技術科学大学 正会員 長井 正嗣
 長岡技術科学大学 学生会員 楠 卓志

1. はじめに

耐候性鋼材とは普通鋼材に微量の銅、クロム、ニッケルなどの添加元素を加えたものである。大気環境下で鋼材表面に緻密で密着性に優れた保護性さび層が形成され、水や酸素の透過を防ぎ、その後の鋼材の腐食作用を抑制する働きをもち、無塗装で使用することが可能である。そのため、鋼材のライフサイクルコスト（LCC）の低減につながる。

保護性さび層の形成は環境に左右されるため、建設後も適切に維持管理していく必要がある。耐候性鋼橋のさび状態の評価方法の代表的なものにさび外観評価法がある。しかし、目視でさびの状態を評価するため、客観的に判断することが容易ではなく評価者の主観により左右されてしまう問題点がある。

本研究では、新潟県内の既設耐候性鋼橋の現地調査により、外観評価基準の評価因子の定量化を行い、客観的な外観評価レベル推定手法の一検討を行う。

2. 調査概要

本研究では、以下に示す調査によりさび外観評価基準の評価因子の数値化を行った。計測部位は桁端部から2～5.5m離れた断面で、上フランジ、ウェブ上、中、下部、下フランジ上下面の6箇所とした。

① さび厚量計測

電磁式デジタル膜厚計を利用しさび厚量を計測した。

② セロテープ試験

さび粒子の大きさを数値化するため、直接さび粒子を採取できるセロテープ試験を実施し、平均粒径、さび面積率、ばらつきを計測した。

③ 測色調査

さび粒子の色調を計測するため、鋼材表面の接写撮影を実施し、明度、彩度、色相角度を計測した。

本研究では、上記のすべての調査を実施している表-1に示す10橋について述べる。

表-1 調査対象橋梁

橋梁名	場所	離岸距離	建設年
A1	越路町	18km	2000年
K1	長岡市	12km	2000年
Z1	長岡市	12km	2000年
M1	潟東村	12km	1993年
F1	巻町	8km	1992年
S1	巻町	8km	1993年
C1	巻町	8km	1996年
N2	岩室村	3km	—
N3	西川町	8km	1992年
N1	六日町	45km	1992年

3. 外観評価レベル推定手法の提案

評価者の主観や調査毎のばらつきに左右されない客観的な外観評価レベル推定手法として、階層型ニューラルネットワークを用いた手法を提案する。

階層型ニューラルネットワークは、入力層、中間層、出力層に分類され、入力層からデータを与えると、層を進むにつれデータが変換されながら、出力層へ向かう一方向の結合のみのネットワークである。

本研究の現地調査より得られた調査結果を入力パラメータとして、表-2に示す6ケースについてM1橋以外の551箇所を学習データとしてM1橋の48箇所の推定とM1橋以外で外観評価レベルの数を整えた210箇所を学習データとしてM1橋の48箇所の推定を行った。

M1橋の推定結果を表-3に示す。551箇所の学習データと外観評価レベル毎の学習データ数を揃えた210箇所の学習データの推定結果を比べると、特にCase-2.1とCase-2.2、Case-4.1とCase-4.2で非常に高い精度を得ることができた。しかし、551箇所の学習データでは推定値が外観評価レベル3に偏っている傾向が見られた。また、ケースによって各外観評価レベルの推定に大きな差異が見られ、外観評価レベル2や4の推定が0%の箇所が見られる。学習データ数を揃えた210箇所の学習データでは偏りなく推定することができた。しかし、外観評価レベル

キーワード 耐候性鋼橋、定量化、階層型ニューラルネットワーク

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 tel.0258-47-9617 E-mail:iwas@nagaokaut.ac.jp

表 - 2 各ケースの入力パラメータ

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
Case-1	平均粒径	さび面積量	ばらつき	さび厚量	明度	彩度	色相角度
Case-2	平均粒径	さび面積量	ばらつき	—	—	—	—
Case-3	平均粒径	さび面積量	ばらつき	さび厚量	—	—	—
Case-4	明度	彩度	色相角度	—	—	—	—
Case-5	明度	彩度	色相角度	さび厚量	—	—	—
Case-6	平均粒径	彩度	色相角度	さび厚量	—	—	—

表 - 3 M1 橋での 551 箇所とデータ数を揃えた 210 箇所の学習データの推定結果

			Case-1.1	Case-2.1	Case-3.1	Case-4.1	Case-5.1	Case-6.1
551 箇所の学習データ	レベル2の推定	一致箇所数	4/7	7/7	0/7	5/7	3/7	0/7
		精度 (%)	57.1	100.0	0.0	71.4	42.9	0.0
	レベル3の推定	一致箇所数	33/33	32/33	30/33	33/33	26/33	29/33
		精度 (%)	100.0	97.0	90.9	100.0	78.8	87.9
	レベル4の推定	一致箇所数	0/8	0/8	4/8	0/8	0/8	1/8
		精度 (%)	0.0	0.0	50.0	0.0	0.0	12.5
			Case-1.2	Case-2.2	Case-3.2	Case-4.2	Case-5.2	Case-6.2
210 箇所の学習データ	レベル2の推定	一致箇所数	3/7	4/7	5/7	5/7	3/7	4/7
		精度 (%)	42.9	57.1	71.4	71.4	42.9	57.1
	レベル3の推定	一致箇所数	21/33	31/33	28/33	29/33	26/33	28/33
		精度 (%)	63.6	93.9	84.9	87.9	78.8	84.9
	レベル4の推定	一致箇所数	7/8	4/8	4/8	5/8	1/8	2/8
		精度 (%)	87.5	50.0	50.0	62.5	12.5	25.0

表 - 4 M1 橋でのデータ数を揃えた 210 箇所の学習データを 2 つに分けた推定結果

			Case-1.1	Case-2.1	Case-3.1	Case-4.1	Case-5.1	Case-6.1
105 箇所の学習データ(1)	レベル2の推定	一致箇所数	7/7	7/7	6/7	6/7	3/7	7/7
		精度 (%)	100.0	100.0	85.7	71.4	42.9	100.0
	レベル3の推定	一致箇所数	29/33	29/33	24/33	23/33	23/33	15/33
		精度 (%)	87.9	87.9	72.7	69.7	69.7	45.5
	レベル4の推定	一致箇所数	5/8	4/8	8/8	8/8	0/8	1/8
		精度 (%)	62.5	50.0	100.0	100.0	0.0	12.5
			Case-1.2	Case-2.2	Case-3.2	Case-4.2	Case-5.2	Case-6.2
105 箇所の学習データ(2)	レベル2の推定	一致箇所数	4/7	7/7	2/7	4/7	2/7	1/7
		精度 (%)	57.1	100.0	28.6	57.1	28.6	14.3
	レベル3の推定	一致箇所数	23/33	23/33	28/33	30/33	23/33	27/33
		精度 (%)	69.7	69.7	84.9	90.9	69.7	81.8
	レベル4の推定	一致箇所数	4/8	4/8	0/8	2/8	4/8	3/8
		精度 (%)	50.0	50.0	0.0	25.0	50.0	37.5

3, 4 は 70 箇所以上あるために選択の仕方によって精度が変化する可能性があると考え 210 箇所の学習データを各レベル 35 箇所ずつに分けた計 105 箇所を学習データとし M1 橋の推定を行った。その結果を表 - 4 に示す。学習データ (1) の方が学習データ (2) より高い精度となった。この原因として学習データの部位数が関係していると考えられる。表 - 5 に学習データの各部位数を示す。学習データ (1) の方では LU, UW, MW の部位数が少なく LW, UL, LL の部位数が多い。学習データ (2) では各部位数に大きな差異は見られないことから部位による影響があると考えられる。

表 - 5 学習データの各部位数

	LU	UW	MW	LW	UL	LL
学習データ(1)	8	8	17	19	20	33
学習データ(2)	14	15	22	21	16	17

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- ・ セロテープ試験を用いたケースで推定を行った場合高い精度を得ることが確認できた。
- ・ 外観評価レベル毎の学習データ数を揃えた場合、各部位の学習データ数によって精度が異なることを確認できた。

今後の課題として、各部位の学習データ数によって精度がどのように変化するのかが確認する必要がある。

参考文献

- 1) (社) 日本鉄鋼連盟, (社) 日本橋梁建設協会: 耐候性鋼の橋梁への適用 (解説書), 2002.
- 2) 吉富康成: ニューラルネットワーク, 朝倉書店, 1992