

## 耐候性鋼表面の腐食評価の客観的定量化に関する研究

長岡技術科学大学 学生員 ○松本 拓也, 野添 裕輔  
 長岡技術科学大学 正会員 岩崎 英治

### 1. はじめに

近年、LCC縮減の観点から注目されている耐候性鋼材は、適切な使用方法と適切な維持管理により優れた性能を発揮するものである。耐候性鋼橋梁は保護性さびが形成されると、以降、腐食環境に大きな変化がない限り、最低限のメンテナンスにより機能を維持できる。しかし、保護性さびが形成されるまでは、腐食状況を把握するために、定期的な点検が必要である。

耐候性鋼橋の維持管理において、さび状態の評価因子としてさび粒子の大きさや色調がよく用いられ、その代表的なものとして目視によるさび外観評価がある(図-1)。これは、鋼材表面のさび粒子の大きさ、さびの色調などを目視により腐食状態を評価する方法で、実用的で簡便であることから、現在一般的に用いられている。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は経験を積んだ技術者でなければ容易ではなく、また調査毎のばらつきや評価者の主観により左右されてしまうといった問題点がある。

本研究ではさび外観評価法の客観性の向上を目指し、さびの状態の評価基準として用いられるさび粒子の色調や大きさなどの現地調査結果を利用し、客観的な外観評価レベル推定手法を検討するものである。

### 2. 調査概要

新潟県内の既設耐候性鋼橋のうち 10 橋を調査橋梁として選定し、目視によるさび外観評価、セロハンテープ試験、さび厚計測、接写写真撮影を行った。さび厚計測では、電磁式デジタル膜厚計を利用し、さび厚の計測を実施した。セロハンテープ試験では、画像処理によって得られた個々のさび粒子の粒径から、さび粒子の平均粒径、さび面積率、ばらつきを定義し、さび粒子面積累積曲線を基に数値化を行っ

た。色調(色相, 彩度, 輝度)の数値化を行うことを目的とし、鋼材表面の接写撮影を実施した。

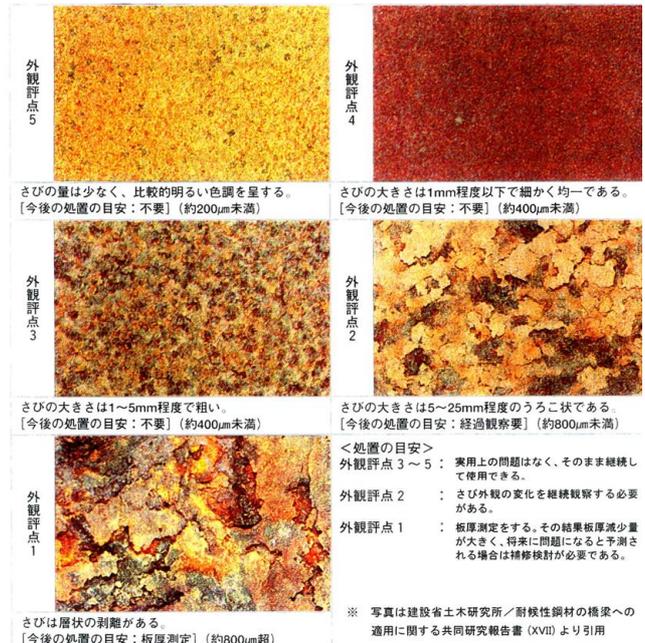


図-1 さび外観評価<sup>1)</sup>

### 3. 外観評価レベルの推定手法の検討

本研究では、評価者・調査毎のばらつきや主観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、ニューラルネットワークを用いることとした。ニューラルネットワークに用いる入力データは現地調査より得られた結果を使用し、入力パラメータの組み合わせによる精度の違いを検討するため、表-1に示す 6 ケースでの検討を行った。

表-1 入力パラメータの組み合わせ

	平均粒径	さび面積率	ばらつき	さび厚	色相	彩度	輝度
Case-1	○	○	○	○	○	○	○
Case-2	○	○	○		○	○	○
Case-3	○	○	○	○			
Case-4	○	○	○				
Case-5				○	○	○	○
Case-6					○	○	○

#### 3. 1 一橋梁の推定

調査橋梁 10 橋のうち、一橋(以降、M1 橋と記述)を代表として選定し、M1 橋以外の 9 橋 551 箇所を

キーワード 耐候性鋼材, 鋼材腐食, さび外観評価

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 TEL 0258-47-9617

学習データとした場合と、外観評価レベルのバランスを整えた 105 箇所を学習データとした場合について M1 橋の推定を行った。推定結果を表-2 に示す。

551 箇所の学習データによる推定では、Case-2 と Case-4 で非常に高い精度を得ることができた。しかし、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% の箇所が見られた。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、学習データ中に外観評価レベル 3, 4 が多数存在していることが原因であると考えられる。そこで、学習データを各外観評価レベル 35 箇所ずつに分けた計 105 箇所の学習データを用いることとした。

105 箇所の学習データによる推定では、各外観評価レベルの学習データ数を揃えることにより、全体の精度が向上し、各外観評価レベルの精度も向上していることが分かる。

表-2 M1 橋の推定結果

		Case-1	Case-2	Case-3	Case-4	Case-5	Case-6
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
105箇所の学習データ	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	85.7	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

### 3. 2 推定の妥当性の検討

これまでの検討結果を基に、M1 橋以外の他の橋梁の外観評価レベルを推定することが出来るか検討を行うため、調査橋梁から新たに二橋（以降、A1 橋、S1 橋と記述）を選定し、推定を行った。学習データは推定対象橋梁のデータを除外し、各レベルの学習データを 25 個ずつ、計 75 個を用いた。推定結果を表-3 に示す。

M1 橋、A1 橋においては、非常に高い推定精度を得られた。一方で、S1 橋は外観評価レベル 3 の推定精度は低い。維持管理上注意する必要があるさび状態である外観評価レベル 2 の推定精度が高い結果となった。

各外観評価レベルの誤差の分布先（表-4）に着目すると S1 橋の外観評価レベル 3 の誤差の分配先はレベル 2 となっており、さび状態を厳しく推定していることから、安全側の評価であるといえる。このこ

とから、全体の推定精度を観るだけでなく、誤差の分布先も含めた検討が必要であると考えられる。

表-3 各橋梁の推定結果

		M1橋	A1橋	S1橋
レベル2の推定	一致箇所数	7/7	0/0	4/4
	精度(%)	100.0	—	100.0
レベル3の推定	一致箇所数	13/15	12/13	6/20
	精度(%)	86.7	92.3	30.0
レベル4の推定	一致箇所数	2/2	11/11	0/0
	精度(%)	100.0	100.0	—

表-4 各橋梁の外観評価レベルの誤差の分布先

		M1橋	A1橋	S1橋
レベル2の推定	2→1	0	0	0
	2→3	0	0	0
	2→4	0	0	0
レベル3の推定	3→1	0	0	0
	3→2	0	0	6
	3→4	2	1	8
レベル4の推定	4→1	0	0	0
	4→2	0	0	0
	4→3	0	0	0
合計		2	1	14

### 4. まとめ

本研究では新潟県内の既設耐候性鋼橋のさび厚計測、セロハンテープ試験、接写写真による測色調査により、さび外観評価基準の評価因子の定量化を行い、それらを入力パラメータとしニューラルネットワークを利用してさび外観評価の客観的定量化について検討を行った。以下に得られた結果を述べる。

- 1) セロハンテープ試験の入力パラメータ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。
- 2) 外観評価レベルのバランスを整えた場合、各部位の学習データ数によって精度が異なることが確認できた。
- 3) 複数の橋梁の推定を行った結果、全体の推定精度だけでなく、誤差の分布先を含めた検討が必要ではないかと考えられる。

今後の課題として、学習データとして使用するデータの精度向上、入力パラメータ取得方法の簡易化の検討を行う必要があると考えられる。

### 参考文献

- 1) 日本鉄鋼連盟，日本橋梁建設協会：耐候性鋼の橋梁への適用（解説書），2002.9