

画像処理を用いた耐候性鋼材の腐食状況の定量化に関する検討

長岡技術科学大学 学生員 ○松本 拓也
 長岡技術科学大学 学生員 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、ライフサイクルコスト削減の観点から、耐候性鋼材が注目されている。これは鋼表面に緻密な保護性さびを形成させることにより無塗装で使用できる鋼材のことである。耐候性鋼橋梁は保護性さびが形成すると、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。

腐食評価の方法には、さび厚や板厚減量を測る方法、イオン透過抵抗法、腐食電位法などがある。詳細な点検を行う場合には、このような方法を用いると信頼度が高く有効である。しかし、頻度の高い定期点検では、目視による5段階の腐食外観評点による方法が簡便であり、多用されている。

腐食外観評点による方法は、さび粒子の大きさ、ばらつきや色調などを基に評点付けが行われるために、調査者の主観が含まれる。そのため、ある程度の客観的な評点付けを行うためには訓練を要する。

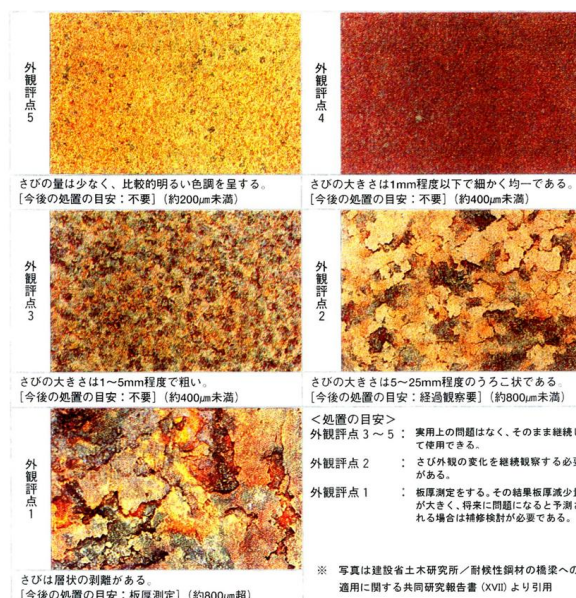
そこで、本研究は、簡単に腐食状況の評価が可能なゼロハンテープ試験による腐食外観評点の方法に画像処理技術を適用して、腐食状況の客観的な定量化について検討を行う。

2. 既往の腐食評価方法

2.1 外観目視による腐食評価

耐候性鋼の腐食は、建設初期には、比較的明るい色調を示し、さびも少なく細かな粒子状を呈する。その後、乾湿の繰り返しの伴い、暗褐色から褐色の色調を示し、密着性のある細かなさびが生成される。しかし、適切な乾湿の繰り返しとならず、常に湿潤状態となる環境では、さびむらが生じる他、粗く凹

凸のあるさびや局部的にさびが剥離することがある。このようなさびの色調、大きさ、色むらなどとさびの状態は関連がある。現場レベルでは、簡易にさび状態を評価できる方法であるため、図-1のような5段階の評点によりさび状態を評価することが多い。しかし、この方法は主観的であり、評価者の個人差による影響を受けやすいという欠点がある。



外観評点	さびの状態
5	色調は全体に明るく黄褐色でまだら状である 殆ど凹凸はなく、さび粒子は細かい さびの量は少なく、最大粒径は1mm程度以下
4	色調は暗褐色で色むらはない 殆ど凹凸はなく、さび粒径は細かく均一 さびの量はやや多く、最大粒径は1mm程度以下
3	色調は暗褐色から褐色で色むらなし やや凹凸があり、さび粒子は粗く不均一 さびの量は多く、最大粒径は1~5mm程度
2	色調は暗褐色から褐色でやや色むらがある 大きい凹凸があり、さび粒子は粗くうるこ状 さびの量は多く、最大粒径は5~25mm程度
1	局部的に様々な色調(激しい色むら)がある 大きな凹凸があり、層状剥離(痕跡)がある

図-1 さび外観評点^{1) 2)}

キーワード 耐候性鋼材 画像処理 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

2.2 セロハンテープ試験による腐食評価

セロハンテープ試験は、腐食した鋼材表面に幅50mm程の透明セロハンテープを貼り、引き剥がしたセロハンテープに付着したさびに対して、さびの色調、粒子の大きさ、量などを目視で行い、腐食状態の評点付けを行う方法である。試料を採取した後に、複数の評価者で評点付けを注意深く行うことができる利点がある。しかし、セロハンテープの接着力が、採取時の温湿度や鋼表面の乾湿状態などに左右される懸念があるため、目視による外観評点による方法を補助する位置付け程度として使用している。

評価レベル	さびの状態	試験結果
5	さびは少なく、比較的明るい色調を呈する。 良い環境におけるさび。	
4	さびは1mm程度以下で細かく、均一である。	
3	さびは1mm～5mm程度の粗いもの。	
2	さびは5mm～25mm程度で、うろこ状のはくりがあるもの。	
1	さびは層状のはくりがあるもの。	

図-2 セロハンテープ試験評点

3. 画像処理による腐食評価の定量化

目視、あるいはセロハンテープ試験により回収したさびによる外観評価法は、さびの色調、さび粒子の大きさ、凹凸やばらつきなどの外観因子により評価を行う。従って、採取したセロハンテープのスキャナ画像から、色調、さび粒子の大きさや凹凸を画像処理により抽出ができると、さび外観の定量化が可能になる。そこで、以下の画像処理によるさび因子の定量化を試みた。

3.1 セロハンテープ試験の画像処理

セロハンテープ試験により採取した試料から、画像処理(図-3)によってさび粒子の大きさ、採取さびの総面積、さび粒子の大きさのばらつきの抽出を行った。図-3(c)は、さび粒子の粒径が1mm以下を「赤」、1mm以上5mm以下を「黄」、5mm以上25mm以下を「緑」に色分けして示している。

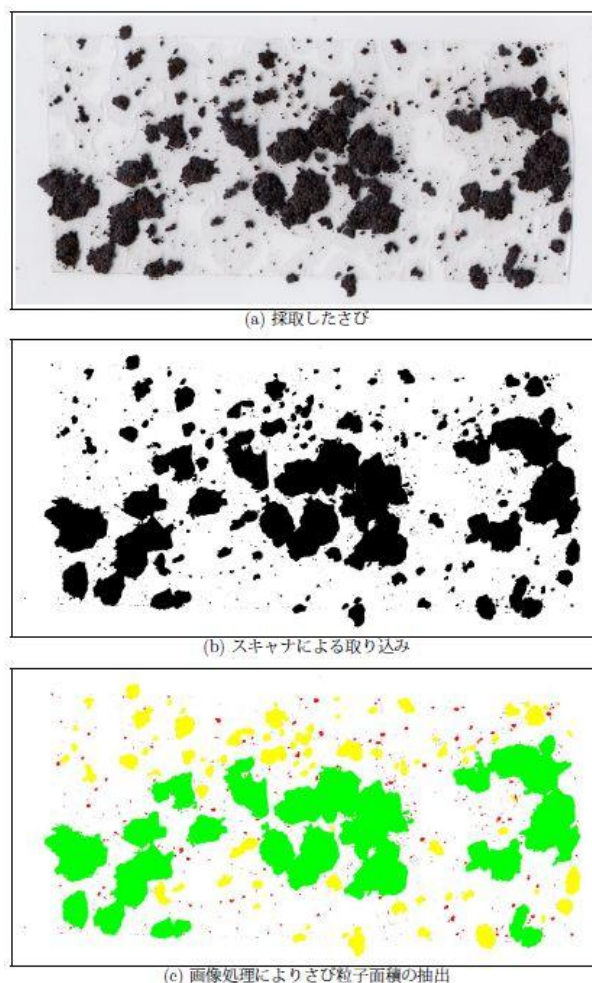


図-3 採取さびの画像処理

このようにして得られた個々のさび粒子の粒径から、以下の諸量を定義し、図-4を基に数値化する。

- さび平均粒径: さび粒子の面積累計曲線において、累積百分率が50%に相当するさび粒子の粒径
- さび粒子のばらつき: さび粒子の面積累計曲線において、累積百分率が10%と90%に相当するさび粒径の差
- さび面積率: 鋼材に接着したセロハンテープ面積(50mm×100mm)に対する、全さび粒子の面積の割合

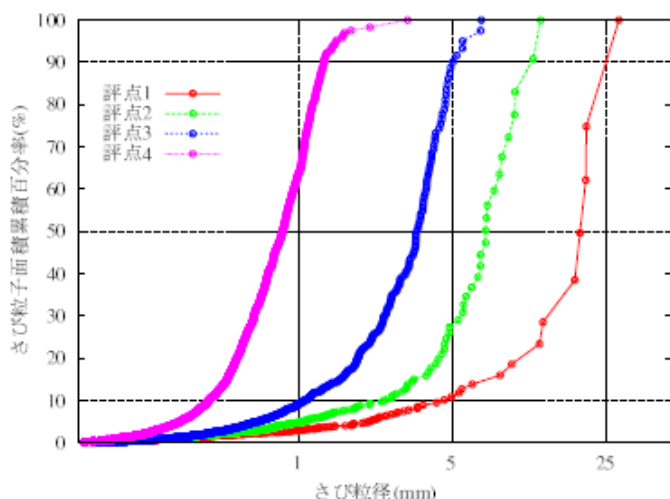


図-4 さび粒子面積累積曲線

諸量を数値化した結果を用いて、さび粒子の平均粒径、ばらつき、面積率と外観評点の関係を示したものを図-5に示す。同一の外観評点に対して平均粒径、ばらつき、面積率の値には幅があり、さび粒子から求めたこれらの値と評点には、1対1に対応しない部分もある。

4. ニューラルネットワークによる外観評点の定量化

さび外観評点は、さび粒子の大きさ、量、ばらつき、さび粒子の色調、さび粒子の凹凸などから総合的に判定される。そこで、複数のパラメータ間の非線形関係を構築できるニューラルネットワークにより、これらのパラメータと外観評点の関連付けについて検討する。

4.1 ニューラルネットワーク

さび粒径や面積率を入力層に与え、適当な演算により変換された数値が中間層、出力層に伝播し、出力された数値がさびの外観評点に相当するように、ニューラルネットワークを構築する。

入力値と出力値に一価な関係が成立している場合には、入力値に対応する出力値を算出するような結合係数を算出できる。この結合係数を決定する過程は、学習と呼ばれ、結合係数を決定するために用いる入力値と出力値の組は、学習データと呼ばれる。

さび外観評点の定量化をニューラルネットワークで行う場合、さび粒子の平均粒径、ばらつき、面積

率などと対になる外観評点を複数組用意して、ニューラルネットワークにさび粒子の諸量を与える。このとき、出力層から外観評点を得られるように結合係数が決められる。結合係数を決定するための学習過程は若干煩雑な操作が必要であるが、一旦、結合係数が決められると、機械的に外観評点を算出することが可能になる。

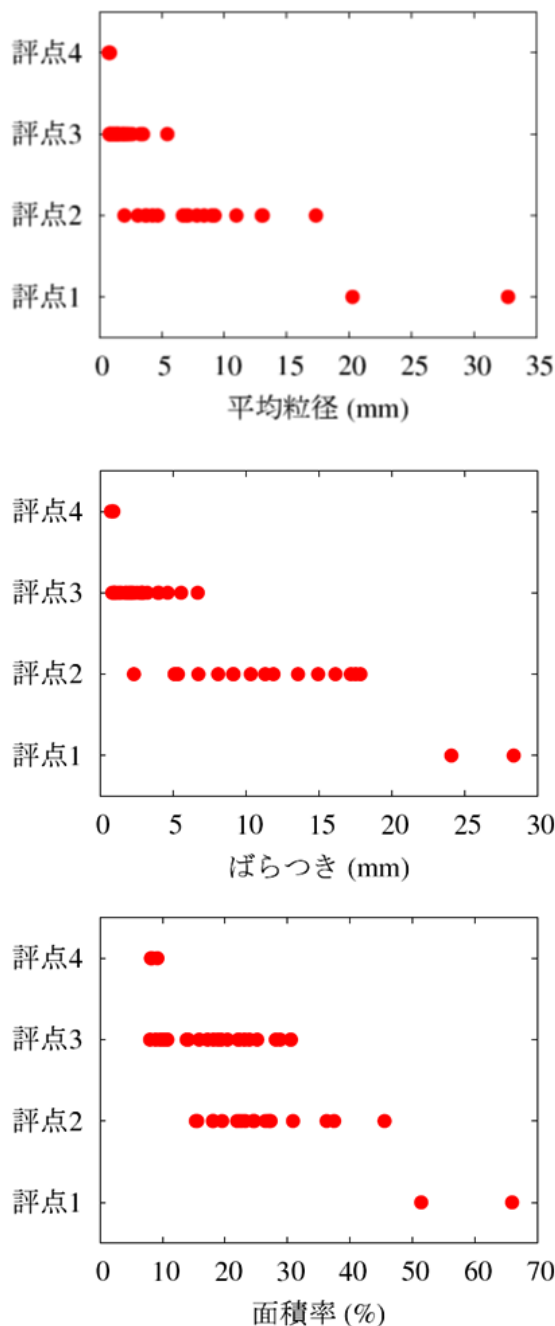


図-5 外観評点とさび諸量の関係

4.2 外観評点の評価法

ニューラルネットワークによる外観評価法の有効性を確認するために、新潟市郊外、長岡市郊外、魚

沼市郊外の農業用水路上に建設された10橋のセロハンテープ試験の調査結果を用いた。

ニューラルネットワークの学習には、10橋のうち9橋の調査結果を用い、学習を終了したニューラルネットワークに残りの1橋の調査結果を入力値として与えた。計算された外観評点と目視による外観評点の一致した割合を、一致度として表-1, 2に示す。

表-1の結果は、9橋の合計551箇所の調査データを用いて学習したニューラルネットワークを利用し、入力値として与えた橋梁の48箇所の外観評点を、セロハンテープ試験から推定した結果を示している。入力値として与えた橋梁の48箇所の評点の内訳は、評点2が7箇所、評点3が33箇所、評点4が8箇所である。全体では81%の精度が得られたが、評点毎にみると、評点2や評点4の精度はあまり良くない。これは、評点3の学習データに比べて、評点2や4の学習データが少ないためと推測される。そこで、評点2, 3, 4の学習データを35箇所に揃えて外観評点を推定した結果を表-2に示す。各評点の学習データ数を揃えた場合には、全体の精度が向上し、各評点の精度も向上している。

表-1 外観評点の推定精度

評点	一致度(一致数/総数)
2	71 (5/ 7)
3	88 (29/33)
4	63 (5/ 8)
全体	81 (39/48)

表-2 各評点の学習データ数を揃えた場合の外観評点の推定精度

評点	一致度(一致数/総数)
2	86 (6/ 7)
3	70 (23/33)
4	100 (8/ 8)
全体	77 (37/48)

5. まとめ

本研究は、目視によるさび外観評価法、及びセロハンテープ試験による評価法を、客観的に定量化するための手法として、画像処理による方法を検討した。その結果を、以下にまとめる。

- 1) セロハンテープ試験の試料から画像処理により、個々のさび粒子の面積を算出し、さび粒子の粒径、ばらつき、面積率を定義し、目視による外観評点との関係を検討した。その結果、同一の外観評点に対する平均粒径、ばらつき、面積率の値には幅があり、これだけでは判断が難しいことを確認した。
- 2) セロハンテープ試験と外観評点とは単純な関係には無く、複数の因子が複合的に関連していることから、ニューラルネットワークの手法を用い、セロハンテープ試験の結果と目視による外観評点との関係を検討した。その結果、比較的高い相関性があることが確認できた。
- 3) ニューラルネットワークの学習データは、各評点でデータ数を揃えると、セロハンテープ試験から外観評点を推定する精度が向上することを確認した。

本検討で、セロハンテープ試験とニューラルネットワークを併用すれば、比較的正確なさび腐食状況の定量化が可能になることが確認できた。しかし、セロハンテープ試験は現地での作業性を考えると、接写撮影に比べて劣る。そのため、接写写真を画像処理することで、簡易かつ高精度なさびの腐食状況の定量化の検討を行いたい。

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
- 2) 日本鋼構造協会: 耐候性鋼橋梁の可能性と新しい技術, JSSC テクニカルレポート No73, 2006.10