

画像処理による耐候性鋼表面の腐食状態の定量的評価法に関する研究

建設構造研究室 松本 拓也

指導教官 岩崎 英治

1. はじめに

耐候性鋼材は大気環境下で鋼材表面に保護性さび層と呼ばれる緻密で密着性に優れたさび層が形成する。その作用により水や酸素の透過を防ぎ、その後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、ライフサイクルコストの低減につながる。

保護性さびの形成は、周辺環境の影響を受けやすく、架設後も点検・調査などの適切な維持管理が必要である。耐候性鋼橋の維持管理において、目視によるさび外観評価やセロファンテープ試験が多用されている(図-1, 図-2)。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ある。しかし、目視で腐食状態を評価するため、熟練の技術者でなければ客観的に判断することは難しく、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。

この問題に対して行われてきた既往の研究の結果、セロファンテープ試験で得られるさび粒子の大きさと外観評点の間には関連性があることが分かってきた。しかし、5段階の評価ではなく腐食量で鋼表面の腐食状況を評価できれば、腐食状態をより客観的に評価することが可能となる。

本研究では、セロファンテープ試験の結果と腐食量の関係性を明らかにし、腐食状態評価の客観性の向上を目指すことを目的とする。

2. 調査概要

新潟県新潟市西蒲区富丘に位置する苗引橋を対象橋梁とした。対象橋梁に対してセロファンテープ試験、さび厚の計測を行った。これらの試験を行った箇所の一例を図-3に示す。

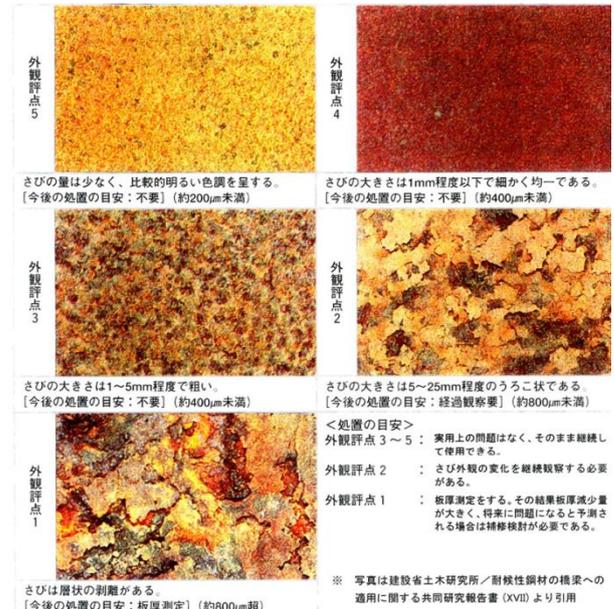


図-1 さび外観評評価¹⁾

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 セロファンテープ試験評価法



図-3 調査箇所の一例

3. 画像処理

図-4のように複雑な形状のさびの場合、さび粒子の長径に直交する短径を取得する既往の方法²⁾では対応できなかった。そこで本研究では主軸がさび粒子の主軸と一致し、さび粒子との面積が等しい楕円を用いてさび粒子形状を近似する新しい手法である等価楕円法を提案する。

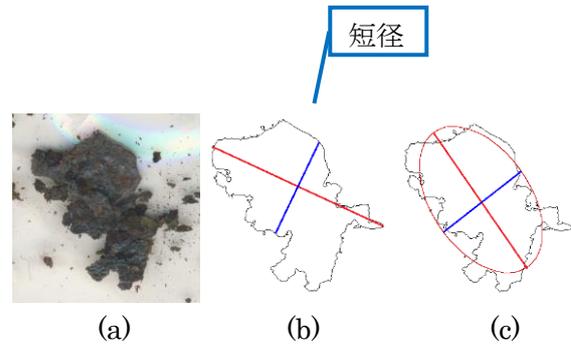


図-4 さび粒子が複雑な形状である場合
(a:さび粒子,b:既往の方法,c:等価楕円法)

4. 実橋への適用と考察

対象橋梁をさびの剥落により表-1に示す4つに分類した。下フランジ上面内側は堆積したさびも一緒に採取している可能性があり、下フランジ下面はさびが洗い流された場所とそうでない場所の見極めが困難であるため対象外とした。ウェブ内側とウェブ外側+下フランジ上面外側に対して画像処理を行い、その結果から表-2のようなパラメータを抽出した。

これらのパラメータとさび厚の比較を行った結果、ウェブ内側とウェブ外側+下フランジ上面外側ではいくつかのパラメータでさび厚との相関性が見られた。特に、ウェブの内側において強い相関性が得られた。その中でも特に強い相関が得られたのは短径の標準偏差とさび厚の関係である。この関係を図-5に示す。この短径の標準偏差とさび厚の関係を用いて、短径の標準偏差から、腐食量を推定する式-(1)を提案する。

$$y = 316x^{1.34} \quad \text{—式-(1)}$$

ここで、y: さび厚(μm)、x: 短径の標準偏差(mm)

また、式-(1)によって求められた推定さび厚と実橋の計測さび厚の関係を図-6に示す。この図では横軸に推定さび厚、縦軸に実橋において実際に計測した計測さび厚を示す。45°の線を示し、この線に近づくほど適切な推定結果となる。

表-1 部位別の分類

パターン	さびの剥落の影響
ウェブ内側	小さい
ウェブ外側+ 下フランジ上面外側	大きい
下フランジ上面内側	さびが堆積
下フランジ下面	部分により違う

表-2 パラメータの定義

検討項目	定義
平均輪郭長	図-4で示すようなさび粒子の周囲長の平均
さび面積率	セロファンテープ試験画像の内さび粒子の割合
平均長径	図-4で示すようなさび粒子の長径の平均値
平均短径	図-4で示すようなさび粒子の短径の平均値
長径の最大長	セロファンテープ試験画像中の最大の長径
短径の最大長	セロファンテープ試験画像中の最大の短径
標準偏差	長径と短径の標準偏差
平均値+ σ	全粒子の内、約70%が範囲にはいるときの粒径
平均値+2 σ	全粒子の内、約95%が範囲にはいるときの粒径
平均値+3 σ	全粒子の内、約99%が範囲にはいるときの粒径

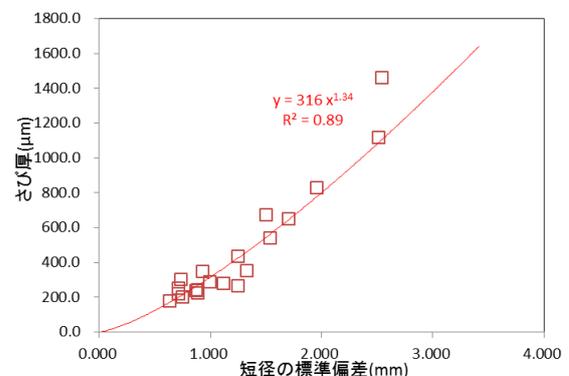


図-5 短径の標準偏差 - さび厚量関係

既往の研究²⁾により短径の最大長と外観評点との関係性が示唆されているものの、さび厚との関係性は示されていない。短径の最大長とさび厚の関係を図-7に示す。この短径の標準偏差とさび厚の関係をを用いて、短径の最大長から、腐食量を推定する式-(2)を提案する。

$$y = 43.9x^{1.12} \quad \text{—式(2)}$$

ここで、 y : さび厚(μm)、 x : 短径の最大値(mm)

また、式-(2)によって求められた推定さび厚と実橋の計測さび厚の関係を図-8に示す。しかし、図-8のように計測さび厚が推定さび厚を上回り、危険側に推定してしまう箇所が見られた。そこで式-(2)+ 2σ となる式を式-(3)に提案する。

$$y = 43.9x^{1.12} + 2.10\sqrt{1370 + 91.4(x - 7.60)^2} \quad \text{—式(3)}$$

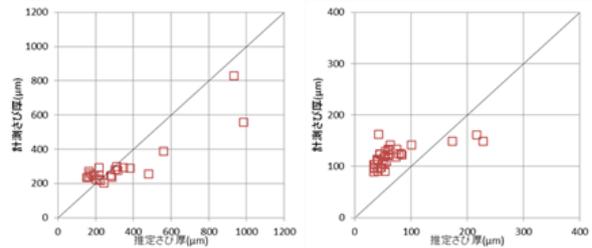
ここで、 y : さび厚(μm)、 x : 短径の最大値(mm)

式-(3)を他橋梁に適用した結果を図-9に示す。式-(3)では推定さび厚が計測さび厚を上回らず安全側の推定がされており、かつ比較的精度の良い推定が行われている。このことからセロファンテープ試験の結果に画像処理を施すことで耐候性鋼表面の腐食量の推定を行える可能性が示された。

5. まとめ

本研究では、実橋梁に対しセロファンテープ試験結果に画像処理を行い、それから得られた項目とさび厚量の比較を行った。得られた知見を以下に示す。

- 1) 部位別に分類した結果、ウェブの内側で各検討項目とさび厚の間に良好な関係性が見られた。
- 2) ウェブの内側における短径の標準偏差、短径の最大値とさび厚との関係から、推定式を提案し他橋梁における推定を行った。その結果、短径の最大長を利用して推定を行った場合、比較的精度よくさび厚の推定が行えることが分かった。



(a) N1 橋の推定 (b) A1 橋の推定

図-6 他橋梁への式-(1)の適用結果

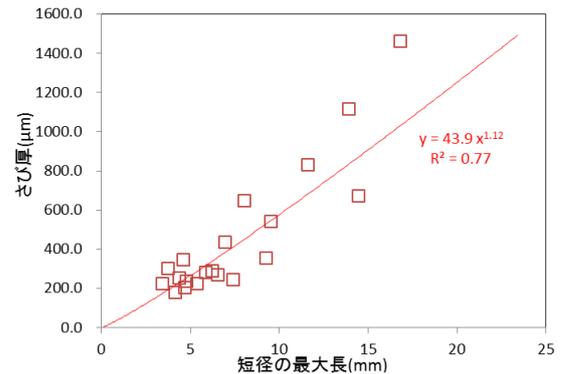
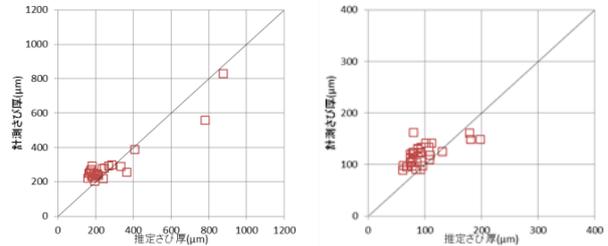
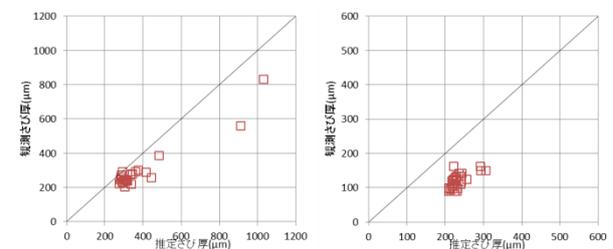


図-7 短径の最大長 - さび厚量関係



(a) N1 橋の推定 (b) A1 橋の推定

図-8 他橋梁への式-(2)の適用



(a) N1 橋の推定 (b) A1 橋の推定

図-9 他橋梁への式-(3)の適用結果

【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) 梅崎俊樹，森田千尋，松田浩，山口栄輝，武崎啓太：画像解析を用いた耐候性橋梁におけるさびの外観評価について，土木学会第69回学術講演会概要 I-574,2014.9