

耐候性鋼橋梁のさびの状態評価の定量化に関する研究

長崎大学

大学院

学生会員

○中川 智

長崎大学

工学部

正会員

森田 千尋, 松田 浩

長崎大学

工学部

非会員

白濱 敏行, 山下 務

1 研究目的

耐候性鋼は少量の合金元素の作用により保護性さびが形成され、それが水や酸素、塩化物イオンなどの腐食因子の侵入を防ぎ、以後のさび進行を抑制する鋼材である。耐候性鋼材の長期パフォーマンスが保証、すなわちさびの安定化状態が保証できれば、明らかにLCC ミニマムの達成が可能となり、高い競争力を持つ橋システムとなり得る。

さび安定化状態の評価技術として多くの手法が提案実施されている。耐候性鋼橋梁のこれまでのさび評価は外観目視を基本としていたが、それらは検査者の立場により評価がばらついてしまう。さびの状態とは一義的に定義されなくてはならないし、是非ともそれが必要である。

上記の背景により、本研究ではさび外観評価並びにさびの粗さを数値化し、定量化を図ることを目的としている。

2 さびの状態と指標

さびの状態は見る立場により実にさまざまであり、普遍的に欠ける点はこれまで誰しも経験している。表 1 に一般的に使われるさびの状態の代表指数と試験法を示す。

既往の調査橋梁における外観評点の評価は、橋梁全体評価と局所評価に分けて、(社)鋼材倶楽部(現(社)日本鉄鋼連盟)と(社)日本橋梁建設協会が提案した評価基準²⁾である表 2 に基づき、目視とセロテープ試験により評価していた。

表 1 さびの状態の代表指標と試験法

着目側面	指標	計測項目	計測法と記録
外観	さびの粒子	さび粒子の大きさと均一性	物差し、セロテープ試験、接写写真
	さびの色相	さびの色相と均一性	色見本目視、写真
板厚	板厚減少量	板厚の減少量	超音波板厚計
	さび層の厚さ	さび層の厚さ	電磁誘導厚計
さびの構造	さび組成	組成重量比率	X 線分析
	さび層のイオン抵抗	抵抗値	抵抗値測定器
	地鉄反応	フェロキシル反応量	フェロキシル試験

表 2 さび評価基準

評点	外観評価区分	処置の目安	見本写真
5	さびの量は少なく比較的明るい色調を呈する	不要	
4	さびの大きさは1mm程度で細かく均一	不要	
3	さびの大きさ 1~5mm 程度で細かく均一	不要	
2	さびの大きさは 5~25mm 程度でうろこ状である。	経過観察要	
1	さびは層状の剥離である	板厚測定	

3 さびの状態評価統一の検討

これまで、さびの状態を評価するにおいて、表 2 で示すような見本写真を用いてきた。しかし、検査者の立場により評価がばらつくため、その統一化が求められる。

本研究では三次元写真計測システム「Kuraves」³⁾を使用し、現場のさび状況の写真を撮影することだけに、現況のさびの状態を判断する方法を検討する。

ここでの供試体は住友金属工業株式会社に協力を頂き、写真 1 に示すような評点 3 程度のものを使用した。



暴露場所	兵庫県尼崎市 南面 30° 暴露
暴露期間	39 年
寸法	100mm×60mm

写真 1 供試体

評点 3 程度の供試体を使用した理由として、実況調査の際は表 2 に示す見本写真を基に外観評価を行うが、評点 3 と評点 2 の判断がしにくい場合が存在するためである。

3.1 Kuraves による計測

三次元写真計測システム「Kuraves」はデジタルカメラから取り入れた 2 枚以上の画像データをもとに、計測結果を三次元データとして作成する。撮影には 500 万画素のデジタルカメラを用い、ズームを Wide 端、焦点距離を 20cm としている。なお、供試体を 120×120 にメッシュ状の計測点、約 14000 点を設定し計算させた。写真 1 の供試体の計測結果を図 1 に示す。計測対象は約 95mm×55mm である。

3.2 PICZA による Kuraves の信頼性評価

図 1 で得られた結果がどれほどの精度を持ち、信用できるものかどうかを確認するために触診試験機「PICZA」⁴⁾を用いた測定結果と比較する。ここで PICZA での触診試験は 0.3mm ピッチで行い、計測点は約 60000 点であり、実物とほぼ同じ結果が表示できるものとする。計測対象は 96mm×56mm である。図 2 に触診試験の結果を示す。



図 1 Kuraves による計測結果



図 2 PICZA による計測結果

3.3 数値による比較

Kuraves と PICZA により求められた図 1 および図 2 から、目視ではどれほどの精度があるかは確認できない。そのため計測点の x, y, z の座標値をプログラムに組み込み、JIS B0601-1994 に定義されている工業製品の表面粗さを表すパラメーターである算術平均粗さ(Ra)と最大高さ(Ry)、さらに平均深さ(d)を算出し比較する。

算術平均粗さ(Ra)とは、図 3 で示されるように粗さ曲線からその平均線の方向に基準長さだけ抜き取り、この抜き取り部分の平均線の方向に x 軸を、縦倍率の方向に y 軸を取り、粗さ曲線を $y=f(x)$ で表した時に、次式によって求められる値である。

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |f(x)| dx$$

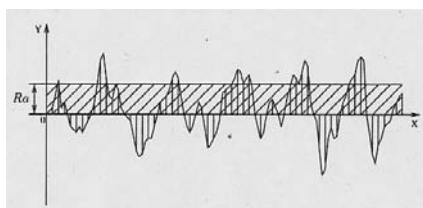


図 3 算術平均粗さ(Ra)

最大高さ(Ry)とは、図 4 で示されるように粗さ曲線からその平均線の方向に基準長さだけ抜き取り、この抜き取り部分の山頂線と谷底線の間隔を粗さ曲線の縦倍率の方向に測定したものである。

平均深さ(d)は最も高い山の頂部を通る水平線からの深さの平均で求められる。

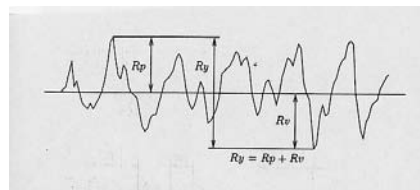


図 4 最大高さ(Ry)

表 3 数値的比較

	PICZA	Kuraves	誤差
算術平均粗さ(Ra)	0.28 mm	0.30 mm	7%
最大高さ(Ry)	1.20 mm	1.48 mm	23%
平均深さ(d)	0.70 mm	0.77 mm	10%

表 3 より Kuraves による計測は PICZA と比較して、算術平均粗さ(Ra)と平均深さ(d)はほぼ等しい値が得られた。しかしながら、最大高さ(Ry)においては 20%程度の誤差が見られた。この原因として、最大高さ(Ry)は一箇所でも際立って高い山や深い谷があると、大きな値になってしまい測定値のばらつきが大きくなるという特徴がある。今回の結果において、Kuraves による測定の際、誤った計測点にも関わらず正しいと認識して計算を行ってしまい、このような誤差が出てしまったと考えられる。

4 まとめ

供試体の評点 3 のさび状態で、Kuraves による計測は、PICZA による計測とほぼ等しい結果が得られた。それはつまり、評点 3 よりさびが粗くなる、評点 2 以下のさびの状態でも同様に近似的に計測できると考えられる。しかし、今回はデジタルカメラでの供試体の撮影は室内で行い、最も良い条件で行ったと言える。実橋調査の現場で同じような条件で撮影できることは少ないだろう。現場において適切かつ簡単に行える撮影方法の確立のため、撮影条件(屋外、明るさ、焦点距離、撮影角度等)を変えた画像からの計測を進めていく。

さらに評点 4、5 のものはさびの状態が良好なので問題ないが、さびの状態が悪いとされる評点 2 以下の計測を行い、さび外観評価並びにさびの粗さの定量化を図る。

・参考文献

- 1) (社)日本構造協会：鋼橋の LCC 評価と防食設計，2002.9
- 2) (社)鋼材倶楽部・(社)日本橋梁建設協会：耐候性鋼の橋梁への適用，2000.8
- 3) 倉敷紡績株式会社エレクトロニクス事業部
- 4) ローランド ディー・ジー・株式会社