

写真計測を用いた耐候性鋼橋梁のさび状態の評価について

長崎大学 大学院 学生会員 ○眞鍋 裕之

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

耐候性鋼とは普通鋼に Cu, Cr, Ni 等の合金元素を含有し、大気中での適度な乾湿の繰り返しにより、表面に緻密で密着性の高い保護性さびが形成され、腐食速度が遅くなるようにした鋼材である。橋梁において適切に使用すれば、無塗装で優れた防食性を発揮し、LCCの少ない、ミニマムメンテナンス橋梁が可能となる。

現在、この保護性さびの良し悪しを判断するさびの状態評価を行うには、外観目視が基本とされているが、目視であるがゆえに検査者により評価がばらつき客観性に欠ける可能性がある。しかしながら、さびの状態とは一義的に定義されなくてはならず、それは必要かつ重要なことである。

そこで、本研究では三次元写真計測システム「Kuraves」¹⁾を用い、耐候性鋼橋梁のさび表面の粗さを数値化し、定量化を図ることにより外観評価を行い、実橋への適用の可能性を検討することを目的としている。

2 さびの評価基準

現在の調査橋梁における外観評点の評価では、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1に基づき、目視とセロファンテープ試験により5段階に評価している。

表1 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		
3	さびの大きさは1~5mm程度で細かく均一		
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 写真計測による数値化

本研究に用いる Kuraves は、三角測量を基本とするステレオ法により、デジタルカメラで撮影した2枚以上の異なる方向の画像データより、撮影対象の三次元座標を算出することが可能である。この写真計測で得られた計測範囲内の計測点の3次元座標から、JISB0601-1994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)を算出し比較する。算術平均粗さ(Ra)とは、図1に示すような

粗さ曲線からその平均線の方に基準長さを抜き取り、この抜き取り部分の平均線方向に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。

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

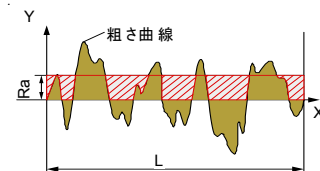


図1 算術平均粗さ

4 さび状態評価の定量化の検討

4.1 耐候性鋼材の計測

写真計測に用いる画像の撮影方法の概要を図2に示す。撮影は約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30cm、基線長10cmとし、計測に用いる供試体は図3、図4に示す評点3、評点2程度のもので使用した。写真黄色の部分には計測対象であり、範囲は約30mm×30mmである。この範囲を100×100のメッシュ状に分割し、約10201点の計測点を設定し計測を行う。

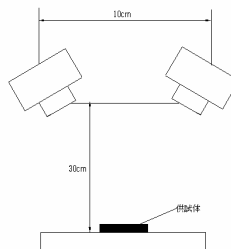


図2 撮影概要



図3 評点3 供試体



図4 評点2 供試体

写真計測の精度の確認には触針試験機³⁾を用い、それぞれにおいて数値化した結果を表2に示す。

表2 計測結果（耐候性鋼材供試体）

	写真計測	触針試験
評点2	0.68mm	0.70mm
評点3	0.34mm	0.19mm

表2に示すように耐候性鋼材の供試体で計測を行ったところ、評点2においては高い精度が得られたが、評点3では誤差が発生した。これは、精度確認に触針式の計測を行ったため、腐食鋼板表面でさびの剥離が起こったことが原因と考えられる。

4.2 さびサンプルの計測

4.1 の結果から、耐候性鋼材の供試体では写真計測の精度を満足に判断することが困難なため、(社)日本橋梁建設協会無塗装部会が作成した図 5 に示す「さびサンプル携帯版」により計測を行った。

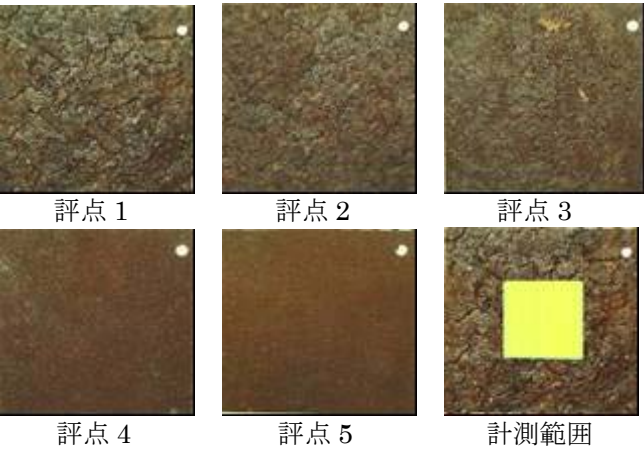


図 5 さびサンプル供試体と計測範囲

さびサンプルは評点 1 から評点 5 までを各 2 枚ずつ用意し、計 10 枚で計測を行った。計測範囲は図 5 の黄色で示された部分で 40mm×40mm である。この範囲を 100×100 のメッシュ状に分割し、10201 点の計測点を設定し計測を行った。計測結果は表 3 の通りである。

表 3 計測結果(さびサンプル携帯版)

	写真計測	触針試験	誤差
評点 1	1.12	1.04	+0.08
	1.10	1.12	-0.02
評点 2	0.81	0.83	-0.02
	0.72	0.65	+0.07
評点 3	0.34	0.37	-0.03
	0.41	0.36	+0.05
評点 4	0.33	0.28	-0.05
	0.29	0.20	+0.09
評点 5	0.28	0.20	-0.08
	0.30	0.20	+0.10

(単位：mm)

さびサンプルで写真計測を行ったところ、算術平均粗さの値はどの評点においても誤差 0.10mm 以下という高い精度を得ることができた。また、評点 3 と評点 2 の判別においては、それぞれの値に大きな差が見られたことから、写真計測により評点 3 と評点 2 の判別が明確に行えると考えられる。

5 実橋への適用

さびサンプルを用いた写真計測では、高い精度を得られたことから、佐賀県と長崎県内に実在する橋梁において写真計測を行った。以後、佐賀県内の橋梁を橋梁 1、長崎県内の橋梁を橋梁 2 とする。撮影箇所は、橋梁 1 はウェブ外側と下フランジ下側、橋梁 2 は下フランジ下側の 2 箇所である。図 6、図 7 は計測に用いた橋梁 1 と橋梁 2 の画像である。橋梁 1 においては画像内の赤い円で囲まれた部分、橋梁 2 においては黄色の円で囲まれた部分を計測範囲 A、青い円で囲まれた部分を計測範囲 B として計測を行った。

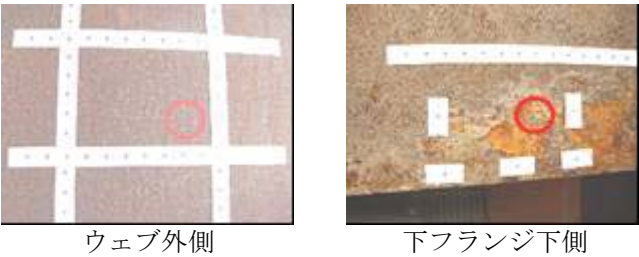


図 6 橋梁 1

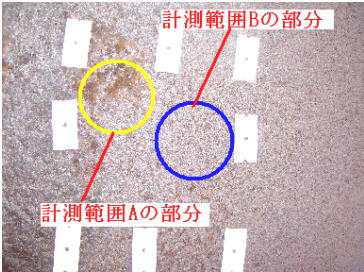


図 7 橋梁 2 下フランジ下側

橋梁 1 の計測結果を表 4 に、橋梁 2 の計測結果を表 5 にそれぞれ示す。

表 4 橋梁 1 計測結果

ウェブ外側	下フランジ下側
0.30mm	1.05mm

表 5 橋梁 2 計測結果

計測範囲 A	計測範囲 B
0.82mm	0.38mm

表 4、表 5 の計測結果を表 3 のさびサンプルの計測結果に照らし合わせると、ウェブ外側は評点 4 程度、下フランジ下側は評点 1 程度、計測範囲 A は評点 2 程度、計測範囲 B は評点 3 程度といえる。

表面のさびの状態から考えると、今回の結果は妥当なものと思われ、このことから写真計測の精度は高く実橋に対しても適用可能であると考えられる。

6 まとめ

今回の計測結果から、実橋に適用した場合でも評点 3 と評点 2 の判別を行うことができ、また、その他の評点の判別も行えたことから、写真計測の精度は比較的高いということが確認できた。このことから、外観目視での評価が困難なさび状態の実橋においても適用可能と思われる。

実橋で撮影する際、橋梁の構造的な問題により写真撮影が困難な場合があることから、今後の課題としては、現場における容易かつ確実な撮影方法の確立が必要である。

本研究を進めるにあたり、住友金属工業株式会社、株式会社神戸製鋼所には供試体を提供していただきました。また中川智氏と赤木将孝氏には写真計測を行っていただきました。ここに記して感謝いたします。

・参考文献

- 1)倉敷紡績株式会社エレクトロニクス事業部
- 2)(社)鋼材倶楽部・(社)日本橋梁建設協会：耐候性鋼材の橋梁への適用，2000.8
- 3)ローランド ディー．ジー．株式会社