

照度を考慮した写真計測による耐候性鋼材のさびの定量化について

長崎大学 大学院 学生会員 ○原 栄二
 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。

現在、保護性さびの良し悪しを判断するには(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 段階に評価されているが、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。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。

過去の研究において三次元写真計測システム「Kuraves」²⁾を用い、十分な照度の下で耐候性鋼橋梁のさび表面の粗さを数値化し、定量化をすることにより外観評価を行った³⁾。しかしながら、実橋に三次元写真計測を用いる場合は橋の架設状態、天候、周囲の植生等により様々な日照状態であり、さらに桁下に入るなど、室内のように安定した照度が確保できない場合が多いと考えられる。そこで、本研究では、照度変化に伴う三次元写真計測を行い、実橋への適用の可能性を検討することを目的とする。また、デジタルカメラの汎用性を持たせるため比較的低い有効画素数の撮影でも計測可能か検討する。

2. 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三次元座標から、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。

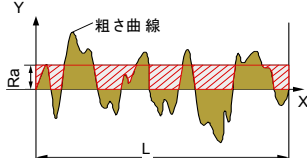
$$Ra = \frac{1}{L} \int_0^L |f(x)| dx$$


図 1 算術平均粗さ

3. さび状態評価の定量化の検討

3.1 さびサンプルの計測

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 710 万画素のデジタルカメラを用い、精度を向上させるため 3 枚の異なる方向の画像をデータとし、算術平均粗さ(Ra)を算出する。

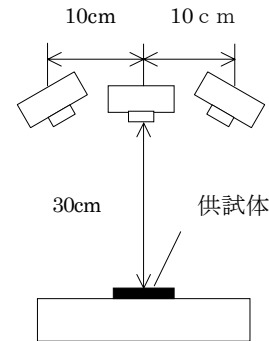


図 2 撮影概要

計測に用いる供試体は図 3 に示すような(社)日本橋梁建設協会無塗装部会が作成した「さびサンプル携帯版」を使用した。計測範囲は約 30mm×30mm である。この範囲を 100×100 のメッシュ状に分割し、約 10000 点の計測点を設定し計測を行う。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。以後、それぞれをさびサンプル A、さびサンプル B とする。

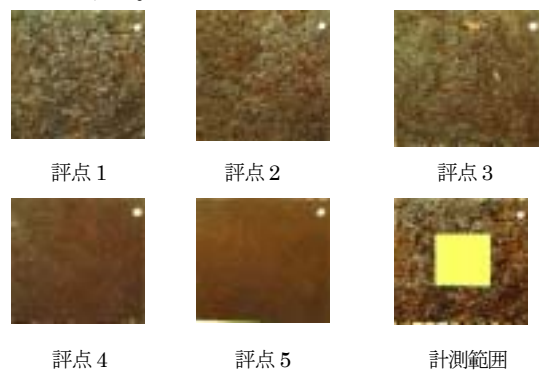


図 3 さびサンプルとその計測範囲

写真計測の精度の確認には触針試験⁴⁾を用い、それぞれにおいて数値化した結果は表 1 の通りである。

表 1 計測結果(さびサンプル携帯版)

さびサンプル A (単位: mm)

	写真計測	触針試験	誤差
評点 1	1.11	1.12	0.01
評点 2	0.70	0.65	0.05
評点 3	0.43	0.36	0.07
評点 4	0.30	0.20	0.10
評点 5	0.21	0.21	0.00

さびサンプル B

	写真計測	触針試験	誤差
評点 1	1.14	1.04	0.10
評点 2	0.81	0.83	0.02
評点 3	0.41	0.37	0.04
評点 4	0.28	0.28	0.00
評点 5	0.27	0.20	0.07

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 2 と評点 3 の判別において、大きな差が見られたことから、写真計測により評点 2 と評点 3 の判別が明確に行えると考えられる。

3.2 照度変化撮影による計測

3.1 における三次元写真計測は、室内灯をつけたままの室内で十分な照度の下で行ってきた。しかしながら、実橋における桁下等では十分に照度が得られない場合がある。そこで、照度を变化させた計測を行う必要があるため、自然光のみでの三次元写真計測を、評点 2 と評点 3 のさびサンプル A を用いて行った。両者の計測結果と触針試験の算術平均粗さの比較を表 2 に示す。

表 2 照度変化計測結果

照度 (lx)	評点2	評点3
800以上	0.67	0.35
400～600	0.67	0.36
200～400	0.79	0.39
100～200	0.72	0.32
100未満	1.10	0.83
触針試験	0.65	0.36

(単位: mm)

表 2 より照度変化計測による算術平均粗さと触針試験結果を比較すると、100lx 未満ならば大幅な誤差が生じたが 100lx 以上ならば高い精度が得られた。よって自然光のみでも 100lx 以上であれば計測可能であると考えられる。

次に自然光で 100lx 未満であるとき、蛍光灯を使用した写真計測結果を表 3 に示す。

表 3 蛍光灯を用いたときの計測結果

照度 (lx)	評点2	評点3
150	0.70	0.34
100	0.72	0.36

(単位: mm)

表 3 より、表 2 の触針試験結果と比較すると誤差 0.07 mm 以下という高い精度が得られた。このことから、蛍光灯を用いて 100lx 以上の照度の下であれば評点 2 と評点 3 の判断が可能であると考えられる。

3.3 画像サイズ変化撮影による計測

前節までは 710 万画素のデジタルカメラを用いたが汎用性を持たせるため、より低い画素数での撮影と携帯電話に搭載されている CCD カメラ(200 万画素)での撮影による計測を行った。結果を表 4 に示す。なお、供試体は評点 2 と評点 3 のさびサンプル B を用いた。

表 4 より触針試験結果と比較するといずれの値も高い精度が得られたことから、比較的低い画素数であっても

表 4 画像サイズ変化撮影による計測結果

画像サイズ(画素)	評点2	評点3
710万	0.81	0.41
約500万	0.86	0.38
約315万	0.95	0.45
200万	0.83	0.45
CCDカメラ	0.85	0.30
触針試験	0.83	0.37

(単位: mm)

評点 2 と評点 3 の判別が明確に行えると考えられる。

4. 実橋への適用

さびサンプルを用いた照度変化撮影による計測で、高い精度が得られたことから、佐賀県に実在する橋梁において 710 万画素のデジタルカメラを用いた写真計測を行った。以後、佐賀県内の橋梁をそれぞれ橋梁 1、橋梁 2 とする。撮影箇所は、橋梁 1 はウェブ内側、橋梁 2 は下フランジ上側である。図 4、図 5 は計測に用いた橋梁 1 と橋梁 2 の画像である。橋梁 1 においては赤丸で囲まれた部分、橋梁 2 においては白丸で囲まれた部分を計測した。共に桁下空間で照度は著しく乏しく、自然光で約 0 ～50lx と非常に低い値であり計測不可能であったため、蛍光灯を用いて約 100lx の照度の下で写真計測を行った。橋梁 1 と橋梁 2 の計測結果を表 5 に示す。



ウェブ内側
図 4 橋梁 1



下フランジ上側
図 5 橋梁 2

表 5 計測結果

橋梁1	橋梁2
0.40(mm)	0.60(mm)

表 5 の計測結果を表 1 のさびサンプルの計測結果に照らし合わせてみるとウェブ内側は評点 3 程度、下フランジ上側は評点 3 に近い評点 2 程度といえる。

表面のさびの状態を目視とセロファンテープ試験により検討すると、今回の三次元写真計測の結果は妥当であり、実橋に対しても適用可能であると考えられる。

5. まとめ

今回の計測結果から、実橋における桁下での暗い空間に適用した場合でも照度が 100lx 以上ならば評点 3 と評点 2 の判別を行うことができ、また、100lx 未満であっても蛍光灯を用いれば判別可能であっ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。

また、比較的低い画素数や携帯電話に搭載されている CCD カメラの計測においても高い精度が得られた。しかしながら、さびサンプルによる計測結果程度しかないので、今後は計測数を増やし、さらに詳細な定量化を行うための数値データを蓄積する必要がある。

・参考文献

- 1) (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
- 2) 倉敷紡績株式会社エレクトロニクス事業部
- 3) 森田千尋、真鍋裕之、松田浩ほか：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、鋼構造年次論文報告集 Vol.14、pp207-212、2006
- 4) ローランド ディー・ジー、株式会社