

三次元写真計測による耐候性鋼橋梁の外観評価について

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、黄 美
 長崎大学 工学部 非会員 白濱 敏行、山下 務

1. 研究目的

現在、耐候性鋼材の外観評価は(社)鋼材倶楽部(現(社)日本鉄鋼連盟)等が提案した評価基準¹⁾に基づき、目視による主観的評価やセロテープ試験により5段階に評価されている。目視は検査者により評価がばらつく恐れがあり、また、セロテープ試験は目視よりは客観性は若干高いが、湿度やテープの貼り方・剥がし方の影響を受けやすい。そのため、腐食鋼材の表面を非接触で客観性に優れた手法が要求される。

過去の研究において我々は三次元写真計測システム「Kuraves」²⁾を用い、十分な照度の下かつ近距離撮影における写真計測で耐候性鋼橋梁のさび表面の粗さを数値化し、定量化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、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。また、橋梁によっては検査路がなかったり、桁端部まで近づけない場合があり、近距離での撮影が困難な状況がある。そこで、本研究では照度変化および焦点距離を変化させた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。

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、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方向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、式(1)によって求められる。

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

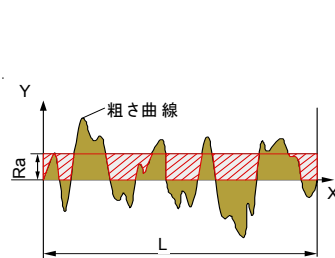


図1 算術平均粗さ

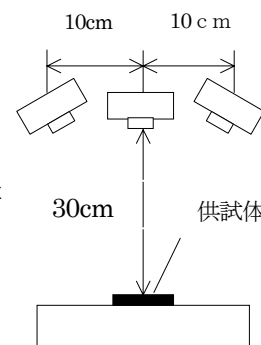


図2 撮影概要

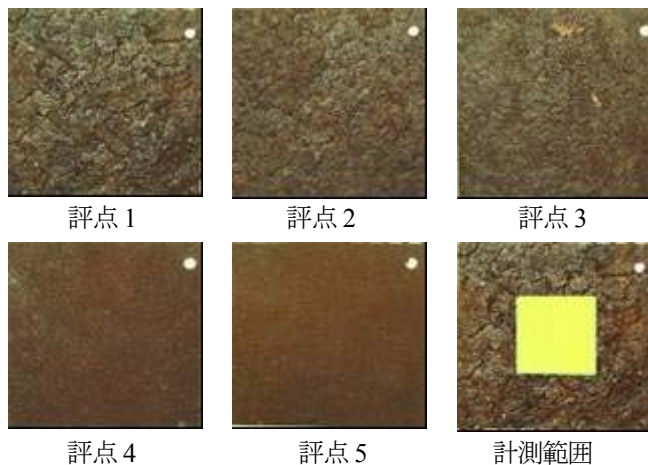


図3 さびサンプルとその計測範囲

表1 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	1.10	1.04	0.06
	1.11	1.12	0.01
評点2	0.81	0.83	0.02
	0.70	0.65	0.05
評点3	0.41	0.37	0.04
	0.43		0.06
評点4	0.28	0.28	0.00
	0.28	0.20	0.08
評点5	0.27	0.20	0.07
	0.21		0.01

(単位: mm)

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。

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。

キーワード 耐候性鋼橋梁、写真計測、さび、定量化
 連絡先 〒852-8521 長崎市文教町1-14

長崎大学工学部構造工学科 TEL&FAX 095-819-2591

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。

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 0.08mm 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

前節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、照度を変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より、表2の触針試験結果と比較すると誤差0.07mm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 焦点距離の異なる撮影による計測

前節までは、カメラレンズから供試体までの距離を30cmとしていたが、橋梁によっては桁端部まで近づけない場合があり、近距離での撮影が困難な状況がある。そのため、焦点距離の異なる撮影における計測が可能かデジタルカメラの光学ズームを使用して行った。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、光学ズーム使用で写真計測を行っても評点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および焦点距離の異なる撮影による計測で、高い精度が得られたことから、佐賀県内に実在する橋梁において写真計測を行った。撮影箇所はウェブ内側とウェブ外側である。この橋梁におけるウェブ内側の桁下空間は、晴天の日であっても植生や地形により非常に暗所であり、自然光のみでは計測不可能であったため、蛍光灯を用いて写真計測を行った。

ウェブ外側に関しては焦点距離を約100cmとして計測を行った。それぞれ赤い円で囲まれた部分を計測範囲A、白い円で囲まれた部分を計測範囲Bとする。計測結果を表5に示す。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、ウェブ外側ともに計測範囲Aは評点3程度、計測範囲Bは評点2程度といえる。

表面のさびの状態を目視とセロ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。

表2 照度変化計測結果 (単位: mm)

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
------	------	------

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

表4 焦点距離変化における計測結果

焦点距離(cm)	評点2	評点3
50	0.78	0.41
100	0.72	0.32

触針試験	0.65	0.37
------	------	------



図4 ウェブ内側

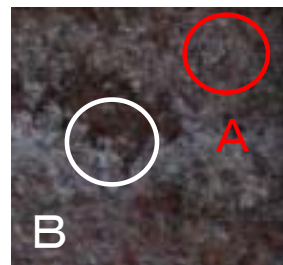


図5 ウェブ外側

表5 計測結果

	ウェブ内側	ウェブ外側
計測範囲A	0.30	0.34
計測範囲B	0.76	0.81

5. まとめ

今回の計測結果から、実橋における桁下での照度が100lx未満での暗い空間に適用した場合で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、光学ズーム使用での写真計測においても高い精度が得られたことから、今後はより高性能のカメラを用いて桁端部まで近づけない場合でも遠距離による写真計測が可能か検討する必要がある。

謝辞

最後に、(社)日本橋梁建設協会無塗装部会にはさびサンプル携帯版を貸して頂きました。ここに記して感謝します。

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、眞鍋裕之、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