

三次元写真計測を用いた耐候性鋼橋梁のさび状態の定量化

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

耐候性鋼とは普通鋼に適量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。

耐候性鋼橋梁の現況調査は KABSE¹⁾などにより行われているが、さびの状態評価は外観目視が基本である。しかし、目視であるがゆえに検査者の立場により評価がばらつき客観性に欠けてしまう可能性がある。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、本研究では三次元写真計測システム「Kuraves」²⁾を用いて、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、外観評価を行う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³⁾である表 1 に基づき、目視とセロテープ試験により 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 三次元写真計測

三次元写真計測とは、デジタルカメラで撮影した二枚以上の画像データを用いて、三角測量の原理で計測を行うステレオ法により、対象物の三次元座標を計測する手法である。ステレオ法の概要を図 1 に示す。 (x, y) の二次元座標を持つ 2 枚以上の画像データにおいて、各々に写し出された計測対象物の位置のずれにより z 方向の座標データを求め、三次元座標 (x, y, z) を求める。

供試体上にある任意点 $P(X, Y, Z)$ が、それぞれのカメラの位置による画像上 $P_l(x_l, y_l), P_r(x_r, y_r)$ に投影されたとすると、以下の関係式が成り立つ。

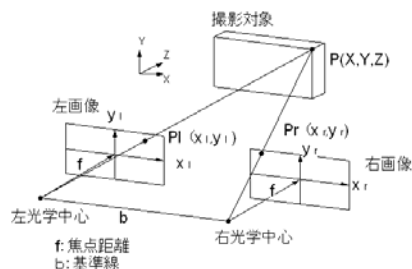


図 1 ステレオ法概要

$$X = \frac{b(x_l + x_r)}{2d} \quad Y = \frac{b(y_l + y_r)}{2d} \quad Z = \frac{b \cdot f}{d}$$

$$d = x_l - x_r$$

ここで f は焦点距離、 b は基線長、 d は視差である。これにより、2 次元座標を 3 次元座標へと数値化することが可能となる。

4 さび状態評価の定量化の検討

4.1 耐候性鋼材の計測

写真計測による計測方法の概要を図 2 に示す。撮影は約 500 万画素のデジタルカメラで行い、ズームを Wide 端、焦点距離 30 cm、基線長 10 cm とした。

供試体は、図 3 に示す評点 3 程度のものと図 4 に示す評点 2 程度のものを使用した。黄色の部分は計測対象であり、範囲は約 30 mm × 30 mm 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する。

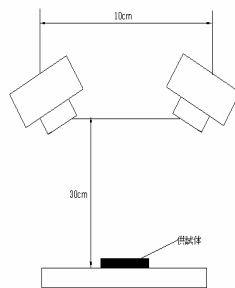


図 2 計測方法



図 3 評点 3 供試体



図 4 評点 2 供試体

評点 3 と評点 2 の供試体を使用した理由として、表 1 の処置の目安から、評点 3 は不要であるのに対し、評点 2 になると経過観察が必要となってくるので、この境界を明確にすることが重要だと考えたからである。

写真計測で得られた任意範囲の計測点の 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の算術平均粗さ(Ra)を算出し、さび表面の数値化を図る。

算術平均粗さとは、図 5 で示すように粗さ曲線からその平均線の方に基準長さ(L)だけ抜き取り、この抜き取り部分の平均線の方に x 軸を、縦倍率の方に 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。

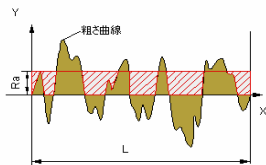


図 5 算術平均粗さ

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

数値化した結果を表 2 に示す。ここで、写真計測の精度を確認するため、直接的な探針を用いた触針式の測定による計測を行なう。計測には触針試験機「PICZA」⁴⁾を用い、写真計測で設定するものと同じ範囲、計測点を設定し計測する。

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	0.68 mm	0.70 mm
評点 3	0.34 mm	0.19 mm

表 2 に示すように、耐候性鋼材の供試体を測定したところ、評点 2 の供試体においては精度の高い値を得ることができたが、評点 3 の供試体では誤差が発生した。これは、腐食鋼板を触針式の測定により計測を行なったため、多少のさびの剥離等がありこのような結果が出たと考えられる。

4.2 さびサンプルの計測

4.1 の結果より耐候性鋼材の供試体では、写真計測の精度を正確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 6 に示すような「さびサンプル携帯版」で計測を行なった。

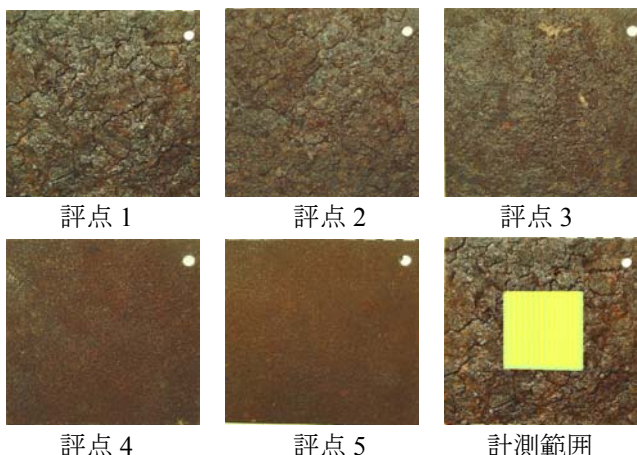


図 6 供試体と計測範囲

評点 1 から評点 5 までは各 2 枚ずつ用意し、計 10 枚の計測を行なう。計測範囲は図 6 の黄色の範囲で 40 mm × 40 mm 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する。計測結果を表 3 に示す。

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)

さびサンプルで三次元写真計測を行なったところ、算術平均粗さの値はどの評点の供試体においても、誤差が 0.10 mm 以下という高い精度を得ることができた。

5 まとめ

三次元写真計測で耐候性鋼材のさび表面の計測を行い、触針試験により精度を確認したところ、評点 3 の供試体において誤差が発生した。しかしながら、さびサンプルで計測を行なうと、全ての評点において高い精度を得ることができた。さびサンプルでは耐候性鋼材のような触針試験の際に起こる、さびの剥離等の問題が抑えられたからだと考えられる。表 3 の結果を見ると、写真計測をさび表面の形状測定に用いることは可能であると言える。

また、評点 3～評点 5 の算術平均粗さについては、大きな差はなく約 0.2 mm～0.4 mm であるのに対し、評点 2 や評点 1 では約 0.7 mm 以上である。よって、最も重要である評点 3 と評点 2 は区別できると思われる。

今後は算術平均粗さにおける評点 3 と評点 2 の境界値の設定や、算術平均粗さ以外の方法での表面状態の数値化を検討する。さらに、実橋への適用を第一に考え、現場における確実な撮影方法の確立や、軽量・小型で安価な可搬型計測装置の開発を行なう予定である。

・参考文献

- 1) KABSE: 九州・山口地区における耐候性鋼橋の実態調査報告書, 2004.3
- 2) 倉敷紡績株式会社エレクトロニクス事業部
- 3) (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
- 4) ローランド ディー・ジー・株式会社