

写真計測による耐候性鋼橋梁のさびの状態評価の定量化について

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三次元写真計測システムを用いて数値化し、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る。

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、接写写真 セロテープ試験
	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	さびの大きさは 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 に示すような見本写真を用いている。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より、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、写真 1 に示すような評点 2 程度のものと写真 2 に示す評点 3 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。



写真 1 評点 2 供試体

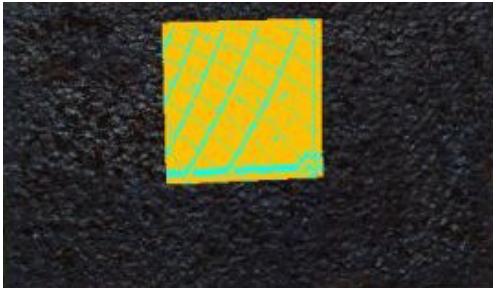


写真 2 評点 3 供試体

評点2と評点3程度の供試体を使用した理由として、実橋調査の際に評点2と3の判断は表2から分かるように表面が近くむずかしいこと、また以後の処置の目安が評点3では不要であるが、評点2となると経過観察が必要となるため、重要な判断であるからである。

3.1 写真計測

計測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(x, y, z)として作成する。三次元座標を算出するためには、三角測量を基本原理とする。そのため、別々の位置で撮影されたカメラの位置関係(一つのカメラを基準とする座標系から見て、他のカメラがどこに位置するかを表す座標、及びどの方向を向いているかを表す角度)が重要となる。図1に三次元座標の算定の概略を示す。

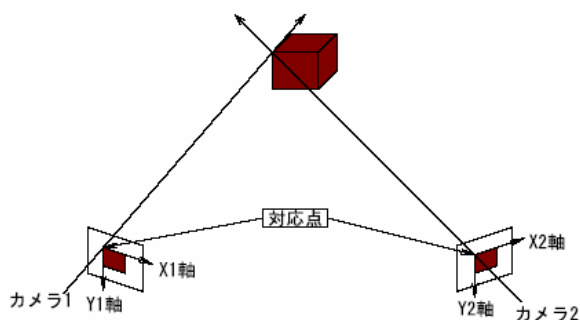


図1 三次元座標の算定の概略図

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100×100のメッシュ状に分割し、約10000点の計測点を設定し計算させる。

3.2 触針試験による写真計測の信頼性評価

写真計測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針試験機「PICZA」⁴⁾を用いた測定結果と比較する。ここで触針試験は写真1,2の黄色の範囲を0.3mmピッチで行い、計測点は写真計測と同様の約10000点であり、実物とほぼ同じ結果が表示できるものと仮定する。

3.3 数値による比較

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)を算出し比較する。算術平均粗さ(Ra)とは、粗さ曲線からその平均線の方法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法に x 軸を、縦倍率の方法に 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。

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

触針試験と写真計測の算術平均粗さ(Ra)の比較を表3に示す。

表3 数値的比較

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

表3より算術平均粗さ(Ra)の値を写真計測と触針試験で比較すると、評点2の供試体においてはほぼ等しい値が得られた。しかし、評点3の供試体では大きな差が出た。これは今回用いた評点3の供試体では、表面にある程度深い凹凸があまりなかったため、写真計測の精度上の問題により発生したのではないかと考えられる。高い精度が得られた評点2の計測結果においては、図2に示すように深さ分布で比較しても近似した値が得られた。

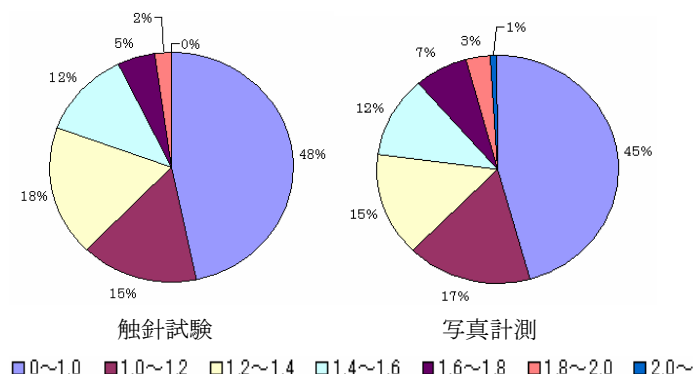


図2 深さ分布による比較

4 まとめ

写真計測は触針試験と比較すると評点2の供試体においては、算術平均粗さ(Ra)及び深さ分布共にほぼ等しい結果が得られたが、評点3の供試体では誤差が発生した。写真計測を行う場合、対象とする腐食鋼板にある程度の深さの凹凸がないと精度上の問題により判断がしにくいのではないかとと思われる。しかしながら、高い精度が得られた評点2の供試体においても、計測領域が小さな範囲であったため、広範囲でも同等の精度が得られるかの確認が必要である。さらに、今回行った供試体の撮影は室内で良い条件であったと言える。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。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、撮影条件を変えた画像からの計測を進め、さび外観評価の定量化を図る。

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。また長崎大学大学院の眞鍋裕之氏に実験補助をしていただきました。ここに記して感謝いたします。

・参考文献

- 1) (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