

画像解析を用いた耐候性鋼橋梁におけるさびの外観評価について

長崎大学大学院 工学研究科 学生会員 ○梅崎俊樹
 長崎大学大学院 工学研究科 正 会 員 森田千尋, 松田 浩
 九州工業大学大学院 工学研究院 正 会 員 山口栄輝
 オリエンタルコンサルタンツ 非 会 員 武崎啓太

1. 研究目的

耐候性鋼材は、緻密なさび（保護性さび）を表面に生成することで、腐食の進展を抑制する性質を有している。しかしながら、置かれた環境によっては保護性さびが生成しないこともある。そのため、耐候性鋼橋梁は建設後、点検を行い、さびの状態を評価する必要がある。基本的な方法は、粒径等の外観から目視によりさびを5段階で評価するものである。これは、長らく使用されている標準的な評価方法であるが、必ずしも十分定量的な基準が与えられているわけではないため、専門家でも判断に迷うことがあるのが実状である。

そこで本研究では、定量的な判断の方法として画像解析を用いた外観評価方法を提案する。具体的には、セロファンテープ試験で採取した耐候性鋼橋梁のさびの画像をコンピュータに取り込み、画像を解析し、さび粒径の分布を得る。そのさび粒径の分布と現行判定基準とで合致した外観評価を行う。

2. セロファンテープ試験

従来のセロファンテープ試験は、鋼材表面に生成された浮きさびをセロファンテープに付着させて回収し、付着したさびの量と平均粒径から保護性さびの生成状態を目視によって評価するものである。なお、セロファンテープに付着したさび粒子より、表1に示す判別基準¹⁾に基づいて評点を判別している。今回は耐候性鋼橋梁のさびの付着状況が様々なセロファンテープ試験、約2,400枚の中から、評点判別で重要となってくる評点2と評点3に近い資料を重点的に27枚厳選し、選出した資料を専門家21人(大学、日本橋梁建設協会、

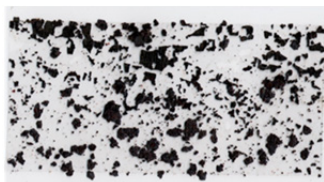


写真1 セロファンテープ試験資料

表1 セロファンテープ試験判定基準

評点	さびの量	平均粒径の目安	処置の目安
評点 1	多い	25mm 程度以上	板厚計測
評点 2		5～25mm 程度	要経過観察
評点 3		1～5mm 程度	不要
評点 4	やや多い	1mm 程度以下	
評点 5	少ない		

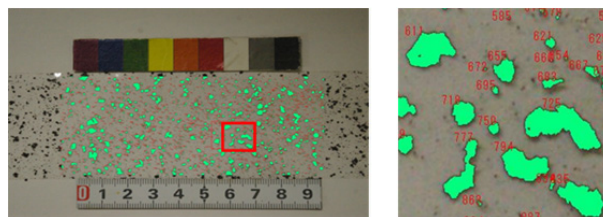
表2 専門家による判別結果

資料	評点1	評点2	評点3	評点4	評点5
No.16	0人	11人	10人	0人	0人

日本橋梁建設協会、日本鉄鋼連盟、建設コンサルタント)にセロファンテープ試験資料のみを渡し、従来の評価方法での評点判別を依頼した。表2はその判別結果の中の一例であり、写真1の資料No.16の判定結果である。表2より、評点判別で重要となってくる評点2と評点3で明らかに評価がわかれているのがわかる。この結果を用いることになれば、不適切な維持管理を招くことにつながるため、それを防ぐには、誰が行っても同様の結果が得られる客観的定量化が求められる。

3. 画像解析

本研究では、粒子解析²⁾ Ver.3.5 を用いてさびの粒径等の解析を行った。図1は実際に画像解析を行った後の画像を示す。このソフトはスキャナで読み込んだ画像や市販のデジタルカメラ等で撮影した画像等からの解析が可能である。



左：全体， 右：上の赤枠部分を拡大したもの

図1 画像解析

キーワード：耐候性鋼橋梁，セロファンテープ試験，画像解析，粒径分布，定量化

連絡先：〒852-8521 長崎市文教町 1-14 長崎大学大学院工学研究科システム科学部門 TEL 095-819-2591

表 3 解析項目の定義

最大径	図2に示す、図心を通る最大の長さ
最小径	図2に示す、図心を通る最小の長さ
平均値	一般的な平均値
分散	さびの大きさのばらつきを表し、式(1)で定義
密度	解析対象の粒子の面積を計測範囲の面積で割ったもの
さびの個数	解析対象の粒子の個数の合計を計測範囲の面積で割ったもの

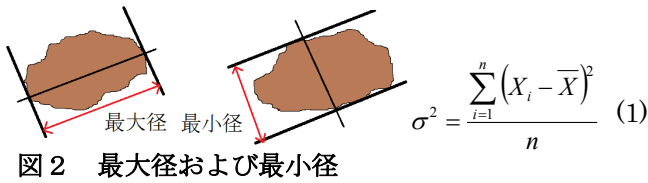


図 2 最大径および最小径

ここで、今回着目した 6 つの解析項目（最大径、最小径、平均値、分散、密度、さびの個数）については、表 3 ように定義している。なお、最大径の最大値とはその資料の中で最も大きな最大径を示し、最小径の場合も同じである。

粒子解析ソフトで解析した資料 27 枚におけるさび粒子データを専門家による評価毎に分類したものについて表 4 に示す。表 4 からはどの解析項目もおおよそ評価毎に値がまとまっている傾向が読み取れるが、そこまで差はなく、目視による定量的判断は困難だと考えられる。このことから、外観評価時に着目する粒径をどう定義するかは重要であると考えられる。

4. 定量化の検討

まず、各項目（最大径の最大値、最小径の最大値、最小径の平均値、最小径の分散、密度、さびの個数）と専門家の評価の関係について検討し、その後 6 つの項目において、それぞれの関係性について検討した。その結果、さびの大きさを示す最小径の最大値と、さびの量を示す最小径の分散の関係において図 3 のような粒径分布グラフを作成したところ、評点別に値がまとまっている傾向が確認できた。

以上のことから、評点判別で最も重要とされている評点 2 と評点 3 の判別は、図 3 を見ても分かるように、最小径の最大値は 9.0mm でしきい値が作れるのではないかと考えられる。また、最小径の分散は 0.3mm² 以下であれば、確実に評点 2 以下が排除できる。

紙面の都合で割愛するが、過去の調査で採取したセロファンテープ試験資料³⁾に適用したところ、同様の結果が得られ、今回提案するしきい値は、十分に実用性のある値であると考えられる。

5. まとめ

セロファンテープ試験で採取したさびに画像解析を用いることにより、さびの粒径を計測することができ、

表 4 専門家による評価毎のさび粒子データ

専門家の評価	資料 No.	最大径の最大値 (mm)	最小径の最大値 (mm)	最小径の平均値 (mm)	最小径の分散 (mm ²)	密度	さびの個数 (個/mm ²)
評点 4 以上	2	5.44	2.58	0.41	0.17	0.07	0.24
	6	8.49	4.06	0.44	0.26	0.11	0.25
	8	6.70	3.68	0.42	0.17	0.14	0.46
	10	6.03	3.54	0.26	0.08	0.11	0.89
	11	3.90	2.38	0.29	0.14	0.10	0.50
	17	3.12	1.72	0.25	0.06	0.11	0.94
評点 3 または 4	3	11.03	6.35	0.47	0.34	0.20	0.43
	4	11.65	6.89	0.42	0.42	0.19	0.38
評点 3	5	8.14	5.62	0.30	0.20	0.09	0.33
	7	16.42	10.27	0.49	0.65	0.19	0.25
	14	8.31	4.54	0.29	0.23	0.16	0.58
	15	11.05	6.51	0.30	0.49	0.12	0.24
	19	11.37	5.98	0.34	0.24	0.14	0.44
	20	7.51	4.65	0.33	0.27	0.17	0.49
	23	12.47	6.65	0.36	0.47	0.17	0.33
	26	12.35	9.99	0.33	0.52	0.20	0.39
評点 2 または 3	12	31.74	12.63	0.25	0.52	0.29	0.60
	16	17.24	12.00	0.30	0.61	0.27	0.46
	18	24.37	14.19	0.29	0.56	0.26	0.48
	21	17.52	11.60	0.22	0.42	0.26	0.63
	22	17.95	9.57	0.22	0.26	0.13	0.49
	24	29.74	9.60	0.35	0.92	0.23	0.25
評点 2 以下	25	20.74	12.72	0.31	0.63	0.25	0.40
	1	36.15	23.72	0.45	1.23	0.30	0.26
	9	30.29	22.79	0.45	1.26	0.33	0.31
	13	28.97	21.62	0.25	0.37	0.19	0.51
	27	26.41	18.39	0.26	0.92	0.26	0.34

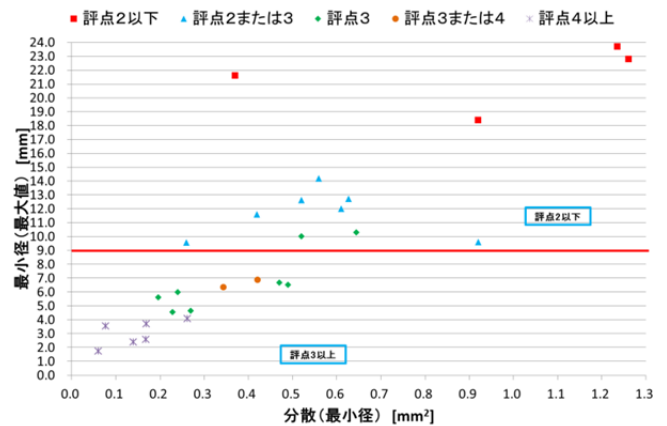


図 3 最小径(最大値)と分散(最小径)

専門家の外観評価は、さびの最小径の最大値と最も関連性があることがわかった。また、粒径分布表により評点 2 と評点 3 のしきい値が作れることがわかり、この値は、他のセロファンテープ試験結果においても適用できた。今後は、細かい粒径のさびの処理方法など、データを集めて定量化を検討して行く予定である。

【謝辞】本研究は、国交省九州地方整備局からの委託「平成 25 年度耐候性鋼橋梁の維持管理の高度化に関する検討」の一環として行ったものである。また、外観評価にご協力いただいた方々に感謝いたします。

参考文献 1) 日本鋼構造協会：耐候性鋼橋梁の可能性と新しい技術, JSSC TR, No73, 2006. 2) 日鉄住友テクノロジー：粒子解析 Ver. 3.5 USER'S GUIDE, 2013. 3) KABSE：九州・山口地区における耐候性鋼橋の実態調査デジタル報告書, 2004.