

セロテープ試験による耐候性鋼材の外観評価

環境構造工学講座 02462 藤原 聡史
指導教官 薄木 征三 後藤 文彦

1. はじめに

耐候性鋼材の錆の外観評価は、無塗装耐候性橋梁のメンテナンスなどにおいて重要であるが、もっぱら現場での目視による主観的評価に頼っている。セロテープ試験は、湿度やテープの貼り方・剥し方の影響を受けやすいものの、錆の付着したテープの画像を二値化データに落とすことで、錆の面積比や散らばりを定量化することができる。本研究では、このように数値化したセロテープ試験のデータと、現場での目視による外観評価との相関を調べ、セロテープ試験の画像データから定量化した数値を、外観評点の客観的な指標として利用する可能性について検討してみる。

2. 外観評点・セロテープ試験

耐候性鋼材の外観評点は、図-1～図-5に示すように5段階の評点で与えられる¹⁾。評点5は錆の量が少なく比較的明るい色調を呈する状態、評点4はさび粒子が1mm程度以下で細かく均一な状態、評点3はさび粒子が1～5mm程度で粗い状態、評点2は5～25mm程度のうろこ状のさびが発生している状態、評点1は層状の剥離が発生している状態である。セロテープ試験は鋼材表面に生成された浮きさびをセロハンテープに付着させて回収し、さび粒子の状態から保護性さびの生成状態を評価するものである。付着するさび粒子が小さく、少ないほど保護性さびが多く、良いさび状態と判断される。今回は、秋田県内の48箇所の無塗装耐候性橋梁の外観評価を行い、そのうち16箇所においてセロテープ試験を実施した。市販の幅5cmのセロハンテープを用意し、橋梁の左岸・右岸のフランジとウェブ部分に試験を実施した。事前に刷毛で埃やゴミを取り除き、テープには浮きさび以外付着しないように留意した。



図-1 評点 1



図-2 評点 2

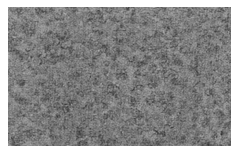


図-3 評点 3

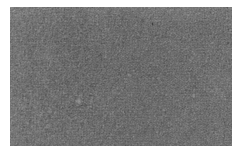


図-4 評点 4

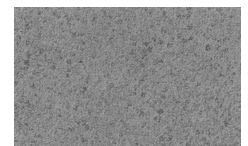


図-5 評点 5

3. 定量化指標

無塗装耐候性橋梁の耐候性鋼材表面にセロテープを貼りつけ、回収したテープを解像度300dpiの線画画像としてスキャンし、幅450×高さ1000ピクセルに切り取った画像526枚を解析対象とする。526枚中の各評点の枚数はそれぞれ、評点1が4枚、評点2が46枚、評点3が261枚、評点4が206枚、評点5が9枚である。対象となる画像の全ピクセル数、黒と白のピクセル数(以下、「黒」、「白」)、左右で白と黒の切り替わるピクセル数(以下、「色違い」)、左右で黒が連続するピクセル数(以下、「黒連続」)を数える。色違い/全ピクセル数を散らばり度と定義し、さらに、黒連続に対する黒の割合、色違いに対する黒の割合、散らばり度に対する黒の割合、黒の二乗に対する黒連続二乗の割合、黒連続/色違いに対する黒など様々な指標値を算出してみる。なお、線画画像としてスキャンしても完全には二値化されないため、階調値($n = 0 \sim 255$)に閾値($n = 0$ または $n = 254$)を設け、閾値以下の階調値を黒と判断する。

4. 解析結果

縦軸に各指標値、横軸に外観評点をとってプロットした相関図48個のうち、比較的相関の高い8個の指標について図-6～図-13に示す。

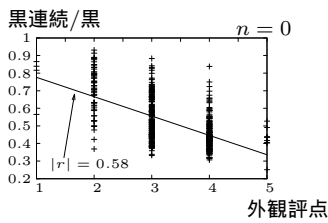


図-6 黒連続/黒

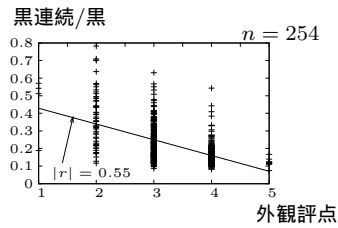


図-7 黒連続/黒

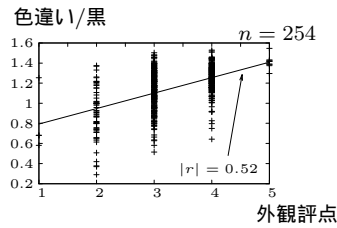


図-8 色違い/黒

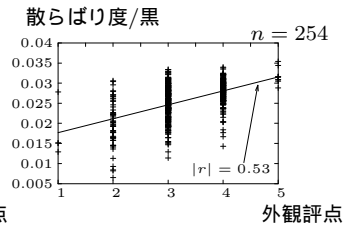


図-9 散らばり度/黒

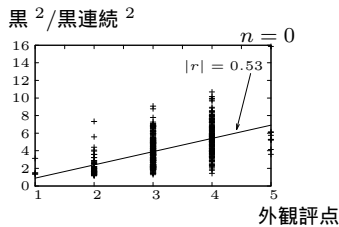


図-10 黒²/黒連続²

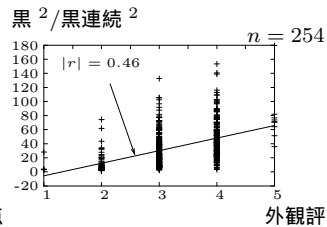


図-11 黒²/黒連続²

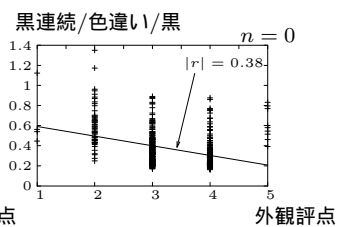


図-12 黒連続/色違い/黒

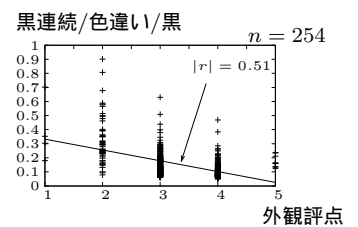


図-13 黒連続/色違い/黒

表-1 相関係数と変動係数

図	指標	閾値	相関係数	変動係数
図-6	黒連続/黒	$n = 0$	0.58	0.26
図-7	黒連続/黒	$n = 254$	0.55	0.52
図-8	色違い/黒	$n = 254$	0.52	0.18
図-9	散らばり度/黒	$n = 254$	0.53	0.18
図-10	黒 ² /黒連続 ²	$n = 0$	0.53	0.46
図-11	黒 ² /黒連続 ²	$n = 254$	0.46	0.77
図-12	黒連続/色違い/黒	$n = 0$	0.38	0.48
図-13	黒連続/色違い/黒	$n = 254$	0.51	0.70

ここで、+で示したプロットは、現場で行ったセロテープ試験のテープをスキャンした画像である。また、+のプロットに対する回帰直線は実線で示す。なお、グラフの右上の n は閾値である。いずれ、相関係数 $|r| = 0.5$ 前後の相関が得られた。図-6と図-7、図-10と図-11、図-12と図-13においては、指標は同じであるが、閾値を変えて算出したグラフである。二値化したデータとはいえ、閾値を変えると相関も変化するのが確認できる。また、閾値を階調値の高い側に設定した方が相関が高くなるか、階調値の低い側に設定した方が相関が高くなるかは、指標によって異なる。

図-6～図-13のグラフの相関係数と変動係数を表-1に示す。図-8と図-9以外の指標においては、閾値 $n = 0$ に設定した方が、閾値 $n = 254$ に設定した場合に比べて変動係数がおよそ半分程度になっており、これらの指標に関しては、閾値を階調値の低い側に設定した方がばらつきが小さくなるのが確認できる。図-8と図-9の指標は、閾値にかかわらず、他の指標よりも変動係数が0.18と小さく、ばらつきが小さいことが確認できる。

5. まとめ

セロテープ試験のテープをスキャンした画像データから、錆の分布量やちらばり具合などを定量化する各種の数値指標を提案した。現場での目視による外観評点と各数値指標との相関を調べたところ、いくつかの指標には、相関係数0.5前後の相関が認められた。これは、文献²⁾で試みられた現場デジカメ画像のRGB値による定量化指標に比べると、目視評点との相関はやや高いかも知れない。しかし、まだまだ測点ごとのばらつきが大きく、これらの指標だけで外観評点を判断できるほどの現実的な指標とはなっていない。今後は、錆厚など、複数のパラメータを導入し、他の定量化手法³⁾も参考にしながら、より客観的で現実的な指標を模索していきたい。

参考文献

- 1) 社団法人 日本鉄鋼連盟、社団法人 日本橋梁建設協会：耐候性鋼の橋梁への適用（パンフレット）
- 2) 伊藤 果、後藤 文彦、薄木 征三：画像処理による耐候性鋼材の外観評価、土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集（平成16年度）I-28, pp. 74-75, 2005.
- 3) 齊藤 慎吾、岩崎 英治、長井 正嗣、大谷 啓誠：耐候性鋼橋の腐食評価の定量化に関する研究、土木学会第60回年次学術講演会（平成17年9月）