

耐候性鋼橋梁の維持管理における外観評価方法についての一考察

土木研究センター

正会員 ○三浦正純

正会員 中島和俊

1. はじめに

耐候性鋼の状態評価においては5段階の外観評価が行われている。この外観評価方法は耐候性鋼の橋梁への適用初期から実施されてきており、防食便覧や橋梁点検要領にも採用されている。この外観評価方法は、耐候性鋼橋梁の維持管理を担っている一般の橋梁点検者にとって簡単ではなく、個人差が出やすい、専門家でないとなし、といった課題が指摘されている。しかし、この手法を根本的に見直そうとすると、今までの点検結果との連続性がなくなり、かえって混乱を招く恐れがある、という意見もあり、容易に踏み込めないでいる。本稿では、耐候性鋼の外観評価基準の変遷を紹介するとともに、維持管理における外観評価の考え方を整理し、新たな評価基準を提案した。

2. さび外観評価法の変遷

1981年より建設省土木研究所、鋼材倶楽部、橋梁建設協会による耐候性鋼材の全国暴露試験（以下、3者共研）が開始され、その研究計画¹⁾には耐候性鋼に対する考え方について以下のような記述がある。「耐候性鋼は初期さびの発生に伴い暴露当初は板厚減少を生じるものの、ち密な表面さびによってその後のさびの生成、板厚の減少は防止される（図-1 ケース1）。一方、ケース2（図-2）では耐候性鋼材の板厚減少量は普通鋼材に比べて小さいものの、さびが安定化して板厚減少が停止するまでには至っていない。耐候性鋼材を橋梁で裸使用するためには、安定さびが発生するかどうかが第一の条件となる。」としており、耐候性鋼に対して、腐食速度が遅いことではなく、緻密なさび（当時は「安定さび」）が形成されることで腐食が抑制された状態（ほとんど腐食が進行しない状態）になることを求めていた。このため、さび外観調査においては、いかに緻密なさびが形成されているかを評価することが目的とされていた。

この暴露試験は耐候性鋼が適用できる範囲を定めることが主たる目的であり、剥離性のさびが形成されない環境条件として飛来塩分量0.05mdd以下が定められた。暴露した小型試験片の「さび」の外観観察は表-1に示す「色調」「粗密」「色むら」「安定化」という4つの項目で評価していた。この評価基準²⁾は、暴露初期からしだいにさびが成長（生成）していく様子、すなわち、「安定さび」に向かっていく過程を評価するためのさび区分となっている。

1990年代に入り、多くの耐候性鋼橋梁が建設され、追跡調査が行われてきた。凍結防止剤が多量に散布される橋梁では、塩分の影響により外桁の一部に「うろこ状さび」の生成が認められた。また、腐食速度が遅く、さびが成長しないという状況も確認されてきた。このように、「安定さび」が形成されないケースが見られるようになり、どのように評価するかが課題となり鋼材倶楽部、橋梁建設協会が中心となって検討が行われた。1999年に現在の評価基準の基礎となる5段階の「さび状態の

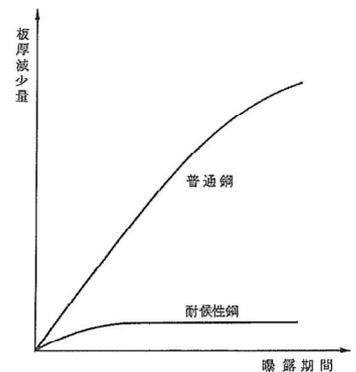


図-1 腐食曲線（ケース1）

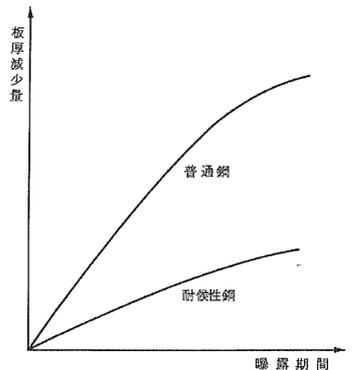


図-2 腐食曲線（ケース2）

表-1 外観評価基準（3者共研時）²⁾

項目	評点	さびの外観
色調	5	さびの色は濃い褐色である
	4	さびの色は濃い色で赤紫色がかっている
	3	さびの色は褐色である
	2	さびの色は薄い褐色である
	1	特異な色をしている
粗密	5	全体に細かいさびが全面を均一に覆っている
	4	ほぼ均一なさびであるが、粒状の斑点がある
	3	さびは緻密であるが、部分的に綿層のような白むらがある
	2	全体に粗いさびである
色むら	3	さびは均一であり、ほとんど色むらがない
	2	色むらが若干あり、黄色さびなどが出ている
	1	色むらが顕著である
安定化	4	最もさび安定化が進んでいる
	3	さび安定化が進んでいる
	2	さび安定化が遅れている
	1	最もさび安定化が遅れている

キーワード 耐候性鋼, 維持管理, 腐食速度, さび外観評価, 板厚

連絡先 〒111-0016 東京都台東区台東1-6-4 タカラビル (一財) 土木研究センター TEL 03-3835-3609

表-2 外観評価基準 (2003) ³⁾

外観 評点	錆の状態 (表層錆の粒子の大きさと外観)
5	1) さび粒子は細かいが、均一性に欠ける。 2) 錆の色は、明るい色相で、村がある。 3) 若い錆の状態。環境が非常に良い場合では長期間にわたりこの状態が続く。
4	1) さび粒子は、1mm程度で細かく均一である。 2) 錆の色は、暗褐色でむらがない。 3) 腐食速度は微小の領域に達している。
3	1) 錆粒子は、平均して1~5mm程度である。 2) 錆の色は、褐色~暗褐色でむらは少ない。 3) 腐食速度は微小の領域に達している。
2	1) 錆は5~25mm程度のうろこ状である。 2) 錆の色は、環境によって様々である。
1	1) 錆は25mm程度以上の層状で、剥離する。 2) 錆の色は、環境によって様々である。

表-3 外観評価基準 (JSSC, 2006) ⁴⁾

外観 評点	さびの状態 (表層さびの粒子の大きさと外観)
5	1) 色調は全体的に明るく黄褐色でまだら状である 2) 殆んど凹凸はなく、さび粒子は細かい 3) さびの量は少なく、最大粒径は1mm程度以下
4	1) 色調は暗褐色で色むらはない 2) 殆んど凹凸はなく、さび粒子は細かく均一 3) さびの量はやや多く、最大粒径は1mm程度以下
3	1) 色調は暗褐色から褐色で色むらなし 2) やや凹凸があり、さび粒子は粗く不均一 3) さびの量は多く、最大粒径は1~5mm程度
2	1) 色調は暗褐色から褐色でやや色むらがある 2) 大きい凹凸があり、さび粒子は細かくうろこ状 3) さびの量は多く、最大粒径は5~25mm程度
1	1) 局部的に様々な色調(激しい色むら)がある 2) 大きな凹凸があり、層状はくり(痕跡)がある

表-4 外観評価基準 (提案)

外観 評点	さび状態
3	浮きさびは少ない、あるいは、小さく薄い。
2	大きく厚い浮き錆が形成されている(目安として径5mm以上かつ厚み1mm程度を越える浮きさび)、または、その痕跡がある(浮きさびはないが凹凸が激しい)。
1	層状剥離さび(複数の層からなる剥離さび)が形成されている。

評価表(案)」が作成され、その後、修正が加えられ表-2の表現で2003年に論文³⁾として公表されている。この段階で、腐食速度の概念が取り込まれ、耐候性鋼の維持管理においては腐食速度での評価が重要という認識が生まれてきた。その後、表-3の表現に修正されたが、基本的な内容は変わっておらず、さびの状態区分に重きが置かれている。これが一般の点検者の評価の難しさに繋がっているものと思われる。

3. 経年変化調査での要求事項

被覆防食された鋼の維持管理においては、経年により必ず劣化する被膜の状態を点検し、被膜の性能を維持することで鋼構造物の性能を保持させている。一方、耐候性鋼はさびを被膜として扱い、被膜の状態を評価しようとしてきた。しかし、被膜の劣化ではなく被膜形成(成長)という観点からの評価基準となっている。

耐候性鋼ではいくら保護性の高いさびが形成されていたとしても腐食は必ず進行している。つまり、経年により必ず劣化する指標は板厚であり、維持管理においては板厚の減少量を把握しなければならない。しかし、点検時に常に板厚を直接測定することは困難であり、外観観察といった簡易な手法により板厚減少の程度を推定し、許容できない板厚減少の恐れがある場合に直接測定を行う、という手順を踏むことが効率的と言える。従って、外観評価では板厚減少の恐れがある状態かどうかを判断できれば良く、良好さの程度を評価する必要はない。現行の点検マニュアル⁴⁾などにおいても、健全度評価や措置方法を決定する際に外観評点5, 4, 3を区分せず評価する事例が見られるように、良好な状態を3段階のさび外観に区分する必要はないと言える。

現行のさび外観の5段階評価を基に3段階に変更した基準(案)を表-4に示す。ここで、さび状態の判断はさびの形状のみと単純化した。うろこ状ではなく粒子状と表現されるようなさびは良好な状態であることから、粒子状であればサイズ情報は必要ない。色についての情報は、床版打設時の漏水跡や油の付着跡など、色調が周囲と異なるだけで異常と判断してしまう事例も多く、3段階の区分においては不要と判断した。評点2の状態は腐食速度に幅があり、実橋での調査事例が少ないことから、今後データの蓄積、見直しが必要である。

4. おわりに

過去において、「耐候性鋼橋梁は安定さびが形成されることにより腐食しなくなるためメンテナンスフリーである」と誤って認識され、「安定さび」や「保護性さび」の形成が目標とされてきた。しかし、正しくは「耐候性鋼橋梁はわずかな腐食を許容しており、期待耐用年数後の板厚減少量が設計時の目標値以下となるよう維持管理が必要である」と認識して、残存板厚を継続的に点検・評価することが重要である。その手段としての外観評価基準を定めることが必要である。

参考文献

- 1)建設省土木研究所：土木研究所資料第1835号「耐候性鋼材の全国暴露試験」(1982.4)
- 2)建設省土木研究所，他：「耐候性鋼材の橋梁への適用に関する共同研究報告書(II)」(1988.1)
- 3)紀平ら：耐候性鋼さび安定化評価技術の体系化，土木学会論文集No745/I-65, p77-87 (2003.10)
- 4)(社)日本鋼構造協会：JSSCテクニカルレポートNo73「耐候性鋼橋梁の可能性と新しい技術」(2006.10)
- 5)長崎県：長崎県橋梁点検マニュアル(案)付録-2「耐候性鋼材の損傷評価基準および補修要否判定」(2015.3)