

さび安定化補助処理された耐候性鋼橋梁のさび性状と外観評価

寒地土木研究所 正会員 佐藤 京
寒地土木研究所 正会員 角間 恒
札幌インスペクション 正会員 三上 健
四電技術コンサルタント 正会員 ○三浦正純

1. はじめに

耐候性鋼は適度な乾湿繰り返し環境下において、表面に緻密で密着性に優れたさび（保護性の高いさび）が形成され、その後の腐食速度が遅くなるという特徴をもっている。しかし、腐食初期においては普通鋼と同様な腐食が進行し、流出したさび汁により美観を損ねる場合があることから、その対策として表面処理（さび安定化補助処理、（以下、安定化処理））が施されることも多く、北海道内では約 1/4 の耐候性鋼橋梁で安定化処理が施されている。

安定化処理された耐候性鋼の目視評価では、表-1 に示す判定基準を提案¹⁾し、その妥当性を検討してきた。しかし、やや複雑な表となっており、専門家でない一般の点検者にとって必ずしも分かり易いものとは言えない。そこで、より判断し易い基準に修正することを目的として、経過年数（6～37 年）や離岸距離（1～65km）が異なる安定化処理耐候性鋼橋梁（12 橋）の調査を行った。本報告では、調査で得られた特徴的なさび外観、および、判定基準修正に向けての考え方を紹介する。

2. さびむら（さび面積率）の評価

安定化処理された耐候性鋼橋梁では、初期は被膜で覆われているため腐食はほとんど進行しない。経年と共に被膜下で腐食が徐々に進行し、被膜表面にさびが出現するようになる。この際、さびは均一に発生するのではなく必ず「むら」がある。この「むら」の原因としては被膜厚さのばらつき、被膜欠陥の存在、局所環境の違いなど複数の要因が想定できる。

本調査で確認された「さびむら」の一例を図-1（中央）に示す。被膜下からのさびが発生している個所（図-1 左）のほうが、近傍の発生していない個所（図-1 右）よりも膜厚（さび厚）が薄いという結果となっている。これは、初期の膜厚が薄い個所は厚い個所に比べて腐食進行が速いため、早期にさびが目立つようになったものと考えられる。このような施工時のむらに起因した「さびむら」は他にも多数確認された。

表-1 安定化処理耐候性鋼の健全度評価基準(案)¹⁾

さび・被膜の外観（例）				処理被膜部のさび状況 ⁽⁴⁾ (%：1㎡程度範囲のさび面積率)				(2, (3) μ m)			
				被膜に さびが 見られ ない。	x	y	z				
					< 3%	< 30%	> 30%				
被膜の 外観	正常	A	あきらかな変・退色なし			A					
		B	あきらかな変・退色あり			B					
さび部の 外観	正常 ⁽⁵⁾	5	腐食が進まず、薄いさび				5-x	5-y	5-z	< 400	
		4	微細で外観平均粒径1mm程度の均一なさび				4-x	4-y	4-z	< 600	
		3	微細で外観平均粒径が5mm程度のさび				3-x	3-y	3-z		
		要観察	2	外観粒径5～25mm程度のうろこ状さび				2-x	2-y	2-z	< 1000
			外観粒径25mm程度以下の小さなこぶ状さび ⁽¹⁾				2-x (b)	2-y (b)	2-z (b)		
	異常	1	層状さび				1-x	1-y	1-z	> 1000	
			外観粒径25mm程度を超える大きなこぶ状さび ⁽¹⁾				1-x (b)	1-y (b)	1-z (b)		

注) 1. (b)はこぶ状さび(bumpy rust)であることを示す。
2. さび厚は目安としての参考値である。
3. 被膜の残留も考慮して、裸使用の目安に200μmを加算した。
4. 被膜が無くなり全面がさびに置換した後は、裸使用の基準にて評価し、1～5の評点で記述する。
5. 正常の判定は、さび発生後に経過期間が9年以上であることを前提とする。

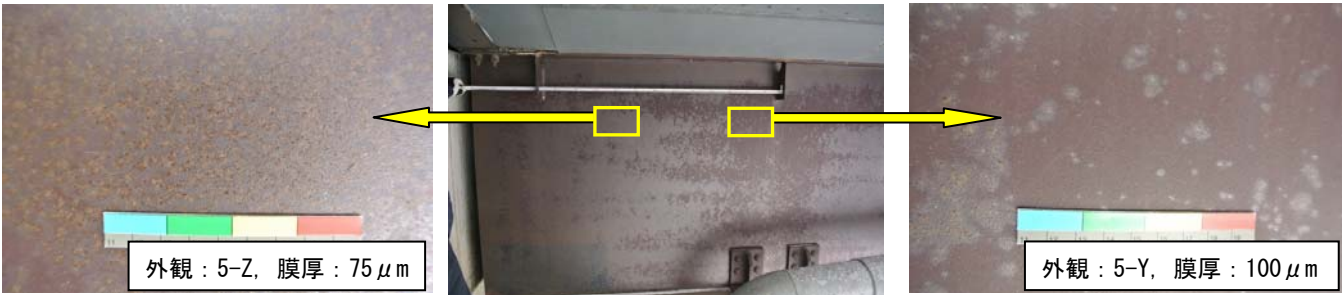


図-1 さびむら個所の外観と膜厚（経過 20 年）

キーワード 耐候性鋼，さび安定化補助処理，外観評価，腐食速度，こぶ状さび，
連絡先 〒761-0121 香川県高松市牟礼町牟礼 1007-3 Tel 087-887-2280 Fax 087-887-2265

施工時に被膜厚さを完全に一定にすることは不可能であり、安定化処理における「さびむら」は、程度の差はあるが必ず発生する事象であることから、腐食速度という観点からの健全性評価においては、表-1 のさび発生面積率（さびむら）は必ずしも考慮することはないと言える。安定化処理の場合も裸仕様の場合と同じ考え方で、発生しているさびの形状から健全性を評価するのが適切と思われる。

3. こぶ状さびの評価

飛来塩分環境が厳しいと思われる橋梁の内桁では、こぶ状に盛り上がったさびの発生が認められた（図-2）。腐食部の周辺は健全な被膜が残存しており、被膜の存在がマクロセルを形成したものであると思われる。

非常に稀な事例であるが、直径 30mm 程度の円錐形のこぶ状さび（図-3）が認められた。さびを除去すると図-4 に示すように減肉状況もきれいな円錐形であり、何らかの理由で腐食起点が形成され、顕著なマクロセル腐食が進行したものと推定される。

この円錐形さびの 3 次元形状をセイコーウェーブ製 3D Toolbox (eVox-LCG) を用いて測定した。断面形状を図-5 に示す。こぶ状さびの高さ約 9mm に対し腐食深さは約 4mm と、他の調査事例²⁾に比べて非常に大きな減肉であった。これは、こぶの形状の違いによるものと思われ、図-2 に示すような、いびつなこぶ状さびの場合の減肉状況を確認することが必要である。

こぶ状さびは安定化処理特有のものであり、評価基準に記載しておくことが必須であるが、現行評価（表-1）では直径 25mm で区分している。しかし、直径と腐食減肉との相関は明確ではなく、直径での区分が最適化されていない。また、こぶ状さびの周囲は減肉しておらず、層状さびのように耐荷性に対する判断基準とならず、耐荷力をどのように評価するかは今後の課題である。従って、こぶ状さびは径に関係なく要観察（評点 2）と位置付け、こぶの形状や腐食深さを記録したうえで経過観察し、状況に応じて詳細検討を行うように評価値を設けることが最適と考えられる。

4. 修正評価基準(案)

前述のような考え方をもとに修正した評価基準(案)を下に示す。

評価項目	区分	特 徴	評価
被膜の状態 (さびむらの状態)	X	さび発生は全くない、あるいは、ほとんどなく、被膜がほぼ残存（97%以上）している状態	—
	Y	さび発生が認められ、それほど顕著ではなく、被膜の大部分（70%以上）は残存している状態	
	Z	被膜下からのさび発生が顕著に認められ、さびむらが著しい状態	
さびの状態 (腐食速度評価)	5	さび粒子は非常に細かく（1mm未満）均一な状態	問題なし
	4	さび粒子は細かい（1mm程度）	
	3	さび粒子はやや大きい（5mm未満程度）	
	2	大きなうこ状のさび（5mm以上）が形成されている	要観察
	2b	こぶ状のさびが形成されている	
	1	複数の層からなる厚いさびが形成されている	要対策

参考文献

- 1) (独) 北海道開発土木研究所，他：無塗装耐候性鋼橋梁の劣化判定基準法に関する研究報告書，H16. 3
- 2) 佐藤，他：さび安定化補助処理が施された耐候性鋼橋梁の外観評価と腐食実態，土木技術資料，53-7 (2011)



図-2 こぶ状さび（経過 28 年，離岸 5km）

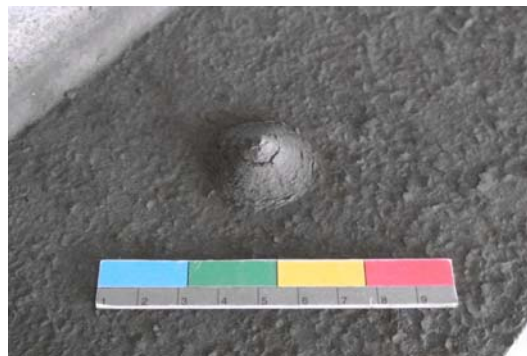


図-3 円錐形のさび（経過 37 年，離岸 1km）



図-4 円錐形さび下の減肉状況

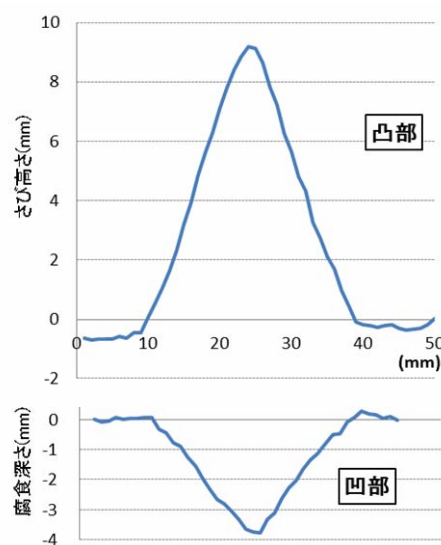


図-5 円錐形さびの断面形状