

鋼球式暴露試験による耐候性鋼橋の腐食挙動予測

国土交通省 国土技術政策総合研究所 正会員 ○窪田 真之
 土木研究所 (元国土技術政策総合研究所) 正会員 玉越 隆史
 国土交通省 国土技術政策総合研究所 河野 晴彦
 国土交通省 国土技術政策総合研究所 岡田紗也加

1. はじめに

耐候性鋼橋(無塗装)のさびの形成状況には通常採否の検討で評価される飛来塩分量以外にも、乾湿条件を左右する風況なども影響する。そのため国土技術政策総合研究所では腐食環境を風向きの影響なども含めて把握できる方法として鋼球式暴露試験¹⁾を考案し、同法の適用性の検討を続けている。特に、道路橋では橋梁形式が絞り込まれてからの耐候性鋼橋の採否の判断や架橋後の環境不適合の有無の判断をできるだけ速やかに行えることが求められるため、架橋地点から局部を含む多点での環境計測が行える鋼球式暴露試験が短期間で腐食環境計測法としてどの程度有効な手段となり得るのかについて見極めるための検討を行った。

2. 鋼球式暴露試験の概要

暴露試験は、JIS 耐候性鋼材を直径 45～50mm の球体に加工した試験体に棒状の治具を接続させ、任意の場所に設置し、約 10, 20, 40, 60, 90 日後とその後 3 ヶ月おきに設置後 1 年まで、試験体表面の東西南北および上中下段の 12 領域に分けて電磁膜厚計によりさび厚を測定して評価する(図-1、写真-1)。

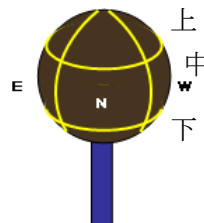


図-1 測定領域区分



写真-1 さび厚計測状況

3. 早期腐食環境把握に必要な暴露期間の検討

腐食環境によって緻密なさびが生成される時期や速度は異なる²⁾。しかし暴露初期から緻密なさび層が生成されていくまでの期間は最も明確に腐食環境の相違の影響が現れる期間であるため、腐食環境の評価には暴露初期段階におけるさびの生成過程を計測することが重要となる。暴露期間 X (年)の腐食減耗量 Y (mm)は、腐食速度パラメータ A (mm/年)および B (無次元)を用いて式(1)により求められる³⁾。 A は暴露開始後1年間の腐食量(mm)に相当し、 B が小さいほど腐食速度は遅い。暴露初期からの腐食減耗量を計測することで腐食傾向を評価することができるが、鋼球表面の領域毎の腐食減耗量を計測することは困難であるため、現地で簡便に領域毎に計測することができるさび厚から腐食傾向の把握に必要な精度で腐食減耗量が推定できるか検討を行った。既往の研究より、1年以内に計測したさび厚と腐食減耗量は比例関係にあり、腐食減耗量 0.03 mm はさび厚 100 μ m に相当し³⁾、 B は A に依存する関係が $A < 0.1$ (mm/年)、 $B < 1$ 程度の範囲において明らかにされており⁴⁾、また $A = 0.03$ (mm/年)のとき $B = 0.5$ 程度が得られるため、さび厚 Y_1 (μ m)の予測式(2)が得られる。また $A = 0.1$ 、 $B = 1$ の組合せにより、さび厚 Y_1 (μ m)の予測式(3)が得られる。さび厚の進展速度 dY_1/dX (式(4))は、さび厚の予測式(2)を微分することで得られる。これらの関係式を用いて、緻密なさびが生成されるまでの期間を求めるため、耐候性鋼橋の適用地域であり、河川を除いた湿気の影響を受けない地点に架橋されている橋に鋼球を設置して計測を行った。現地計測で得られた全方向のさび厚と式(2)の関係を図-2 に示す。道路橋では耐候性鋼材の裸仕様に対して、1年の腐食減耗量 0.03mm 以下を満足することが目標とされている³⁾。さび厚計測の各時点ごとのさび厚の増分を計測期間で除して進展速度を求め、各計測期間の中間時点におけるさび厚の進展速度と仮定し、予測式(4)と比較をした(図-3)。

$$Y = AX^B \quad (1)$$

$$Y_1 = 100X^{0.5} \quad (2)$$

$$(Y_1 = 0.03 \times 100 / 0.03 X^{0.5})$$

$$Y_1 = 333X \quad (3)$$

$$(Y_1 = 0.1 \times 100 / 0.03 X^1)$$

$$dY_1/dX = 100 \times 0.5 X^{0.5-1} \quad (4)$$

キーワード 鋼球式暴露試験, 耐候性鋼橋, さび, 腐食減耗量, 腐食速度

連絡先 〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地 国土技術政策総合研究所道路 橋梁研究室 TEL 029-864-4919

今回計測では式(2)以下のさび厚であり、腐食環境予測式ではさび厚の進展速度が初期に著しく減少しており実測値の傾向と概ね一致している。これより $Y_1=100X^{0.5}$ 以下の腐食環境における緻密なさび生成時期までは明らかとならなかったが、 $X<0.25$ 年までに腐食速度が緩やかになる傾向は明らかであり、穏やかな腐食環境では暴露期間 0.25 年程度でも腐食速度の大幅な低下が鋼球暴露試験体の計測に現れることが確認できた。 $X=0.25$ すなわち 3 ヶ月程度の暴露で腐食速度に十分な低下がみられる場合には、耐候性鋼材に適した環境である可能性が高いこと、また 3 ヶ月でも腐食速度に大幅な低下がみられない場合には、耐候性鋼材に異常腐食が生じる可能性がある環境であると判断するなど、短期間暴露試験により耐候性環境の評価が行える可能性があると言える。

4. 短期間計測による方向別腐食環境把握の検証

3. において、3 ヶ月程度の腐食速度の大幅な変化が現れることが確認されたが、鋼球式暴露試験体の特徴である方向別に暴露される鋼球表面の領域毎に環境条件と関係した腐食傾向が計測されるかどうかを検証する。初期と年間のさび厚を比較するため初期に式(2)を超え、その後式(2)を大幅に超える a 橋の鋼球を選定する。 $0<X<0.25$ のさび厚変化を図-4 に、 $0.2<X<1$ のさび厚変化を図-5 に示す。 $0<X<0.25$ では比較的厳しい環境の南西で式(3)を超え線形的にさび厚が増加する。図-5 でも $X=0.5$ で最大 $150\mu\text{m}$ と厚く、 $X=0.75$ ではさらにさび厚が増加し、 $X=1$ でさびの脱落がみられた。一方、北東は年間を通して式(2)と式(3)の間に位置し、耐候性鋼橋の適用環境に適合しているとみなせる。このように鋼球式暴露試験による短期間の計測において、暴露方向によっても腐食環境条件に明確な差がみられており、全方向に暴露面を持つ鋼球試験体による試験法は他の方法では把握不可能な腐食環境の特徴を捉えることができる試験法であると言える。

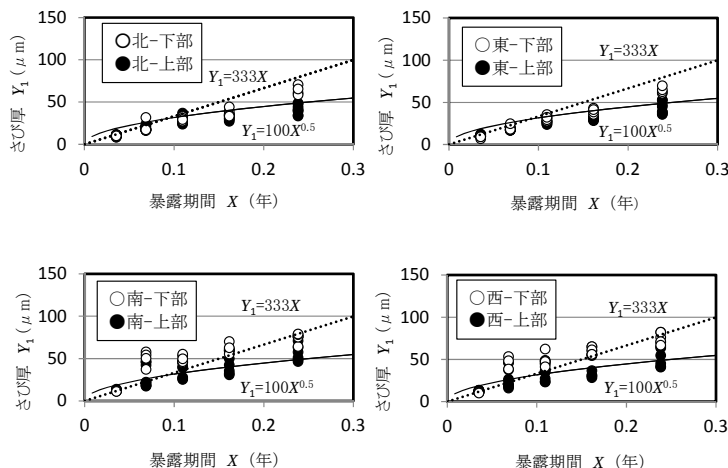


図-4 a 橋のさび厚 ($0<X<0.25$)

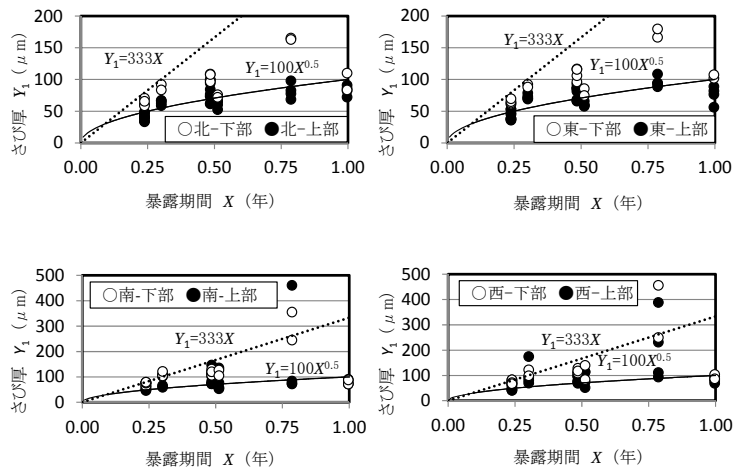


図-5 a 橋のさび厚 ($0.2<X<1$)

5. 結論

- ・ $0<X<0.25$ において腐食速度が著しく減少し、 $X=0.25$ 程度でさび厚が $Y_1=100X^{0.5}$ 以下にあれば、腐食速度は緩やかに低減し、早期判断をするために必要な暴露期間を $X=0.25$ 年に設定出来る可能性がある。
- ・ $X=0.25$ 程度まででさび厚が $Y_1=100X^{0.5}$ を大幅に越えている方向は $0.2<X<1$ においてもさび厚が大きいことから、短期間計測することで方向別腐食環境を早期に把握し得る。

参考文献

- 1) 玉越隆史他：耐候性鋼橋の課題克服に向けた取組みと現状，橋梁と基礎，2015.12
- 2) (社)日本鋼構造協会技術委員会防さび防食小委員会：日本鋼構造協会誌(JSSC) Vol.17, No.178, 1981
- 3) (社)日本鋼構造協会：耐候性橋梁の可能性と新しい技術，JSSC テクニカルレポート，No.73, 2006
- 4) 紀平寛他：耐候性鋼の腐食減耗予測モデルに関する研究，土木学会論文集，No780/1-70，2005

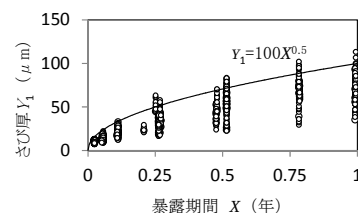


図-2 さび厚(μm)

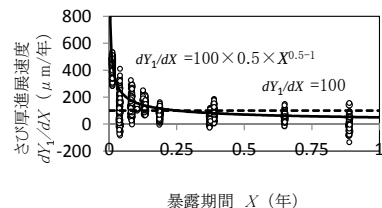


図-3 さび厚進展速度($\mu\text{m}/\text{年}$)