

表面処理された耐候性鋼橋梁の劣化度評価と板厚減少量

(一財) 土木研究センター 正会員 ○加納 勇 宮城県 森本大志

(一財) 土木研究センター 正会員 安波博道 宮城県 杉山晴香

(一財) 土木研究センター 正会員 中島和俊

1. まえがき

表面処理された耐候性鋼橋梁の劣化度評価については課題が多く、処理剤の変状と板厚減少量との関係などは良く分かっていない。海岸近くに建設され 32 年経過した箱桁橋梁の変状を 5 年間にわたり調査した結果から、劣化度と板厚減少量および板厚減少速度（腐食速度）などを関係付けることができたので報告する。

2. 橋梁の地形環境と局部環境

1978 年に建設された全長 716.6m の河口橋梁で、中央部は海面から約 21m の位置に桁のある 1 箱桁 3 径間連続鋼床版橋である。東西方向に橋軸を持ち、夏季には南東からの海風を受け、特に脚の東側に当たる下フランジ面ではこぶ状さびの発生が著しい。海風当たり、雨洗い、日射当たり等の局部環境がそれぞれに異なる箱桁の各面では、表面処理剤の劣化が特徴的に現れている。本調査では、その各面に対してワッペン式試験片による環境評価と腐食量予測、超音波板厚計測、こぶ状さびのシリコンゴム型取り計測、塗膜厚計によるさび厚計測、付着塩分量計測等を、2010 年から 2015 年（37 年経過）にわたり実施した。

3. 表面処理剤の劣化度

表面処理剤の劣化度は、既往研究^{1), 2)}を基に、より簡素な形式とした表 1 の様にした。特に、こぶ状さびが発生してからは、さびが徐々に大きくなって行く過程から、その大きさによる分類を省き、さびの占める面積率だけで分類した。こぶ状さびは、劣化度「3」の粗いさび面に小さな点として発生し、これが徐々に大きく成長する。その面積率で、「2-x」、「2-y」、「2-z」とした。さび面積率 30% 以上の「2-z」では、さびの径 a は 25mm を超えることが多い。

劣化度「3」は粗いさび状態で、さび厚は 300 μm から 1000 μm を示し、ケレン除去しようとするとき若干の処理剤残留があり粘性を感じる。しかし鋼材面はフラットで板厚は設計板厚に近い値を示した。したがって、劣化度「3」までの段階ではほとんど板厚減少量は無いとみられる。

4. こぶ状さびの発生面積率と板厚減少量

こぶ状さびの平面形状は円形に近く、断面形状は皿状であり、決して孔食状に深く腐食していない。シリコンゴムを使い径 a と深さ h を計測した結果を図 1 に示し、その関係を式 1 とした。断面形状を sin 形と仮定し、容積 v を求め式 2 とし、さらに、対象面積 A におけるこぶ状さび群が Σa であった場合の平均板厚減少量

劣化度 評価	特性			
	模式図	実橋例 10cm × 10cm	外観状態 S=さび厚mm	平均板厚減少量 Δt mm
A			表面処理剤が 残留し外観は 処理剤色	0
B			表面処理剤が 消耗し表面は フラットでさび色 S=100~200	0
3			粗いさび状態で 細かな凹凸 S=300~1000	≒0
2-x 2-y 2-z			こぶ状さびが 発生しその面積 が拡大して板厚 消耗が進む	こぶ面積3%未満 2-x: Δt<0.01mm こぶ面積30%未満 2-y: Δt<0.1mm こぶ面積30%以上 2-z: Δt>0.1mm
2 又は 1		確認されて いない	全面さび状態 (うろこ状、層状) となり板厚消耗 が進む	X年経過した 裸材の板厚減少量

表 1 表面処理剤の劣化度

キーワード 耐候性鋼橋梁、表面処理剤、板厚減少量、こぶ状さび、シリコン型取り、ワッペン式試験片

連絡先 〒110-0016 東京都台東区台東 1-6-4 (一財) 土木研究センター Email:kanou@pwrc.or.jp

Δt を式 4 のように導いた.

$$h = 0.224 \cdot a^{0.482} \quad \dots \quad \text{式 1}$$

$$v = 0.234 \cdot h \cdot a^2 \quad \dots \quad \text{式 2}$$

$$\therefore v = 0.052 \cdot a^{2.48} \quad \dots \quad \text{式 3}$$

$$\Delta t = \Sigma v / A$$

$$= 0.052 \cdot \Sigma a^{2.48} / A \quad \dots \quad \text{式 4}$$

写真 1 はこぶ状さび群の一例である. 20 cm×20 cm の範囲 (対象面積 A) では 40% のさび面積率 (劣化度 2-z に相当) であり, 式 4 から導かれる板厚減少量 Δt は 0.138 mm であった.

32 年経過時 (2010 年) と 37 年経過時のこぶ径 a_{32} 及び a_{37} を写真計測し, これを対比したグラフが **図 2** である. 5 年間の径 a の増加 Δa は, 径 a にあまり関係せず一定であるように見える. この資料から径 a の拡大速度 (da/dy), 板厚減少速度 (腐食速度 ($d\Delta t/dy$)) が次のように導かれる. y は時間 (単位: 年) である.

$$(da/dy) = (a_{37} - a_{32}) / 5 \text{ 年} \quad \text{mm/年}$$

$$= (0.959 \cdot a_{32} + 3.092) - a_{32} / 5$$

$$= -0.0082 \cdot a_{32} + 0.618 \quad \dots \quad \text{式 5}$$

$$= K \quad (a \text{ と関係なく一定とした})$$

$$(d\Delta t/dy) = (d\Delta t/da) \cdot (da/dy) \quad \text{mm/年}$$

$$= d(0.052 \cdot \Sigma a^{2.48} / A) / da \cdot K$$

$$\approx 0.129 \cdot K \cdot \Sigma a^{1.48} / A \quad \dots \quad \text{式 6}$$

こぶ状さびの径 a の拡大速度 K は式 5 からおよそ 0.37 mm/年 (径 30 mm 程度の時) と推測され, 面積率は約 0.95 ポイント/年の進行となった. **写真 1** の状態 (劣化度 2-z) の板厚減少速度 (腐食速度) は式 6 から 0.0036 mm/年程度となる.

これらの資料から 50~60 年後には全面さび状態となり, ワッペン式試験片から得られる裸仕様腐食予測曲線にすりつくと考えられる.

5. 結論

1) 表面処理された耐候性鋼橋梁の劣化度評価を示した. 2) こぶ状さびが発生するまでの劣化度 A, B, 3 では板厚減少はほとんどない. 3) こぶ状さびは孔食的な腐食ではなく, 平面的に拡大していくと考えられる. 4) こぶ状さびの平均板厚減少量 Δt は, こぶ径 a の集合から推測できる. 5) こぶ状さびのさび面積率 30% 未満 (劣化度 2-y) では, Δt は 0.1mm 未満である. 面積率 40% (2-z) では 0.138 mm 程度であり, 板厚減少速度は 0.0036 mm/年程度と推測される.

参考文献

- 1) 無塗装耐候性鋼橋の劣化判定基準法に関する研究: 北海道開発土木研究所 日本橋梁建設協会 日本鉄鋼連盟 平成 16 年 3 月
- 2) 耐候性鋼橋梁の可能性と新しい技術: 日本鋼構造協会 TR-73 平成 18 年 10 月
- 3) 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 年

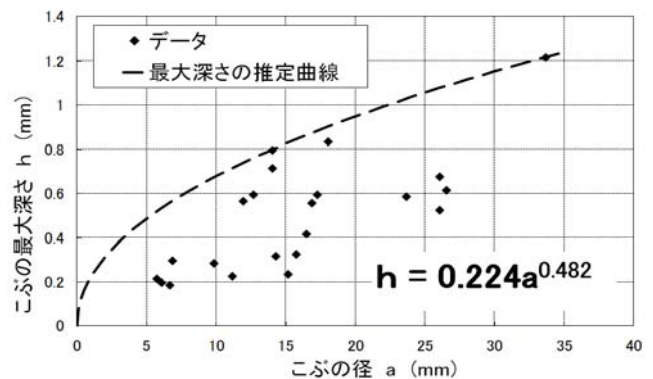


図 1 こぶ状さびの径 a と深さ h

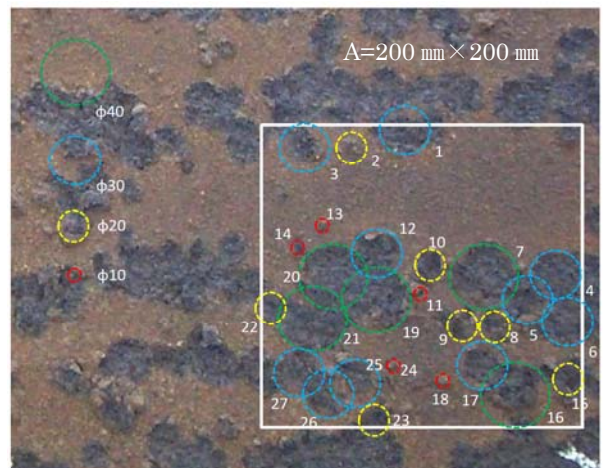


写真 1 こぶの発生状況とこぶ径 a

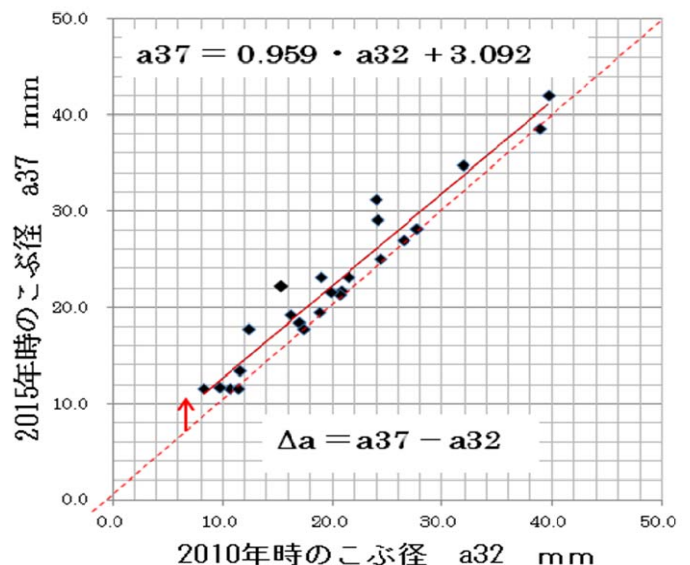


図 2 こぶ径 a の 5 年間の変化