

I - 258

鋼橋塗膜の顕在劣化と塗膜下腐食との相関性の検討
—塗膜劣化度診断システムへの適用—

JF日本道路公団 正会員 藤 原 博
 “ “ “ 三 宅 将
 (株)防蝕エンジニアリング 菅 野 照 造

1. まえがき

筆者らは、画像処理技術を応用することによって、塗料や塗装に関する知識や経験の有無に関係なく鋼橋塗膜の劣化現象を客観的に評価し、合理的な塗替え時期を判定する「塗膜劣化度診断システム」の開発¹⁾を行っている。このシステムは、写真やビデオテープに撮影した塗膜劣化の画像情報から、塗膜劣化の諸特徴量や統計量を定量的に求め、塗膜の劣化度を評価するとともに適正な塗替え時期や塗替え方法等を与えるものである。このシステムでは、撮影された塗膜劣化の画像から塗膜下の鋼材の腐食程度を推定するため、塗膜表面に現れた劣化現象と塗膜下の鋼材の腐食との相関関係を把握し、その関係をシステムに組み込む「塗膜劣化度評価基準」へ反映させることが必要となる。そこで、腐食環境の異なる橋梁を対象として、外観的に見られる塗膜の顕在的な劣化（「顕在劣化」という）と塗膜下の潜在的な腐食（「塗膜下腐食」という）との関係について調査した。その結果、顕在劣化と塗膜下腐食の間にはかなり高い相関性があり、顕在劣化を定量的に求めることは塗膜下腐食を高精度で評価することが判明した。

2. 調査方法

(1) 調査橋梁の選定

腐食環境の異なった橋梁における顕在劣化と塗膜下腐食との相関関係を把握するために、マイルドな腐食環境である田園環境、交通量の多い都市環境及び飛来塩分の影響を受ける海浜環境から3橋梁を選定した。

(2) 顕在劣化の測定

対象箇所を撮影した写真から、画像処理¹⁾によって顕在劣化であるさび個数、さび周囲長、対象面積に対する顕在劣化面積占有率を求めた。

(3) 塗膜下腐食の測定

顕在劣化の評価対象とした部分の塗膜を、塗膜剥離剤を用いて剥離させ、その部分に石膏を流し込んで腐食レプリカを作製した。このレプリカから、画像処理によって潜在劣化に対する腐食面積占有率と腐食深さを測定した。

表1 測定値の相関係数

橋梁名	顕在劣化 塗膜下腐食	さび個数	さび周囲長	面積占有率
利根川橋	さび個数	0.82	0.81	0.62
	さび周囲長	0.85	0.84	0.81
	面積占有率	0.80	0.79	0.76
幕張南高架橋	さび個数	0.92	0.90	0.95
	さび周囲長	0.87	0.83	0.90
	面積占有率	0.50	0.71	0.79
西湘大橋	さび個数	0.42	0.73	0.92
	さび周囲長	0.61	0.83	0.94
	面積占有率	0.78	0.84	0.79

3. 調査結果及び考察

(1) 顕在劣化と塗膜下腐食の単相関性

顕在劣化と塗膜下腐食の測定結果から、顕在劣化と塗膜下腐食の相関性を検討するために各劣化項目について、それぞれの単相関係数を求めた（表1）。これによると、さび個数の一部に相関係数の低いものが見られるが、ほとんどは0.7～0.95とかなり相関性が良く、塗膜表面に見られる顕在劣化に相当する塗膜下腐食が存在することが明確になった。

(2) 顕在劣化と塗膜下腐食との重相関性

次に、画像処理によって得られた塗膜表面の顕在劣化が、これらに対応する塗膜下腐食の腐食面積占有率に与える影響を調べるため重回帰分析を行った。重回帰分析では、顕在劣化の3項目を独立変数 X_n とし、求める従属変数を Y とすると、この関係は(1)式で示される。

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 \quad (1)$$

ここで、 Y ；塗膜下腐食の面積占有率(%) (計算値)、 α ；定数、 $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ ； X_n の回帰係数、 X_1 ；塗膜表面のさび個数(測定値)、 X_2 ；さび周囲長(測定値)、 X_3 ；顕在劣化面積占有率

(測定値)を示す。 α, β_n を最小2乗法によって求めると、各橋梁における重回帰式は次のようになる。

$$\text{利根川橋} \quad Y_1 = 0.027 + (-0.044) X_1 + 0.231 X_2 + (-1.804) X_3 \quad R = 0.85$$

$$\text{幕張南高架橋} \quad Y_2 = 0.697 + 0.121 X_1 + (-1.033) X_3 \quad R = 0.99$$

$$\text{西湘大橋} \quad Y_3 = -1.446 + 0.290 X_1 + (-0.517) X_2 + 5.801 X_3 \quad R = 0.96$$

このように、塗膜下腐食の面積占有率の測定値と計算値は良く一致しており、塗膜表面の顕在劣化は塗膜下腐食に対して重相関的に影響しているものと考えられる。図1は、3橋全部の測定値と回帰式による計算値との関係を示したものである。これによると相関係数 R は0.93 ($Y_{1\sim3} = -0.032 + (-0.042) X_1 + 0.243 X_2 + (-1.133) X_3$)であり、かなり良い相関性を示している。

4. まとめ

本検討で得られた知見を以下に述べる。

- ① 塗膜の劣化傾向は橋梁の架設環境によって異なり、マイルドから厳しい腐食環境になるにつれて顕在劣化と塗膜下腐食との関係は高い相関性を示すようになり、塗膜下腐食面積占有率も大きくなる。
- ② 顕在劣化である塗膜表面のさび個数、さび周囲長、顕在劣化面積占有率と、塗膜下のこれらの項目との間には強い相関性がある、これらの項目が個々に塗膜下腐食に影響を与えるのではなく、互いに関係する要因となっていることがわかった。
- ③ ①及び②から、本システムに組み込んだ、さびの粒径と顕在劣化面積占有率から塗膜劣化度を評価する「塗膜劣化度評価基準(案)」¹⁾は、重相関的にも実用性の高いことが証明された。
- ④ 塗膜表面の顕在劣化を定量的に測定することができれば、塗膜下腐食はかなり良い精度で推定することができるため、この機能を持つ本システムは、極めて有効な塗膜劣化度診断手法であるといえる。

5. あとがき

ここでは、実橋の塗膜について顕在劣化と塗膜下腐食との関係について検討を進めてきたが、このような調査は過去に行われておらず、また測定データも少ないので今回の調査結果をもって総てを結論づけることは早計であるかもしれない。しかし、鋼橋の塗膜劣化現象を定量的に評価し、合理的な塗替え時期を判定する本システムの実用性が確認されるとともに、システムに組み込んだ「塗膜劣化度評価基準(案)」の妥当性を確認することができたことは、鋼橋の塗膜調査の省力化・合理化に大きく寄与することができるものとする。今後さらにデータの蓄積を図り、より精度の高い評価基準を検討していく予定である。

参 考 文 献

- 1) 藤原博, 出川定男, 河野幸弘, 菅野照造; 画像処理技術を応用した鋼橋の塗膜劣化度診断システムに関する研究, 土木学会第48回年次学術講演会概要集, 平成5年9月, 第1部門, pp578~579

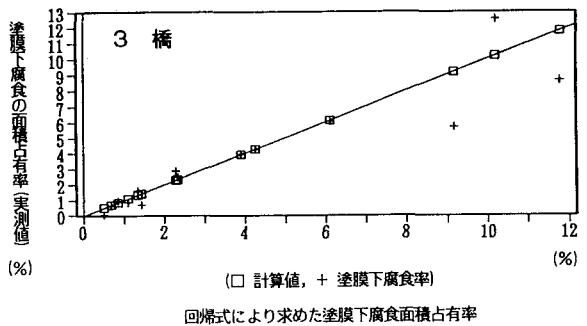


図1 測定値と計算値との関係(塗膜下腐食)