

# 宮崎県における耐候性鋼橋梁の現状と健全度評価について

宮崎大学大学院 学生会員 ○田口弘平  
 宮崎大学 正会員 森田千尋  
 佐賀県庁 非会員 山口千周

## 1. はじめに

近年、鋼橋の防食方法として耐候性鋼の採用が注目されている(図-1). 耐候性鋼材とは、普通鋼にCu, Cr, Ni, などの合金元素を添加した鋼材である. この鋼材は大気中で曝露されると、鋼材表面に「保護性さび」と呼ばれる緻密なさびを形成し、腐食減耗速度を制御することができる. ゆえに、形成されたさびを適切な管理下での使用や維持管理を行えば、無塗装で優れた防食性を持ち、ライフサイクルコストを低減することも可能である<sup>1)</sup>. しかし、耐候性鋼橋梁の実態調査は適宜行われているものの、経年変化に関する実態は把握されていない. 加えて、点検基準の曖昧さから、点検者の主観が影響し、定量的な評価判断を妨げるという問題がある.

そこで、本研究では、宮崎県内の耐候性鋼橋梁の実態調査を行い、経年変化を観察した. また、さびの生成状況に対し、粒子解析ソフトを用いて客観的に数値化し、パターン認識手法によるさびの外観評価を行うことを検討する.

## 2. 調査概要

### (1) 調査内容

調査は構造形式、腐食環境、構造細目を調べる一般調査と、さび状態を調べる外観調査からなる. 調査対象となる橋梁の基本情報は現地に先立って収集を行った. 一方、離岸距離は、現地調査終了後、橋梁位置を地図上で確認のうえ、計測した. また、調査対象となる橋梁の位置する環境については、周辺環境を含めた橋梁の写真を数多く撮影することでも記録した. 外観調査では、さび状況を目視観察し、同時に写真に記録した. また、可能な限り、セロファンテープ試験、並びにさび膜厚試験、附着塩分測定を実施した.

### (2) さび評価

さびの状態は、湿潤状態や塩分などに大きな影響を受ける. したがって、同じ鋼材でも、環境により、さびの状態は大きく異なる. 橋梁のような大きな構造物においては、さびの状態に影響を及ぼす環境が橋梁全体で同じではない. つまり、橋梁全体でさび状態は一樣にならず、さびむらが生じていることが一般的である.

そこで、本研究では、セロファンテープ試験を用いて、橋梁全体の平均的なさび評価と局所的なさび評価の2種類について検討した.



図-1 宮崎県内の耐候性鋼橋梁

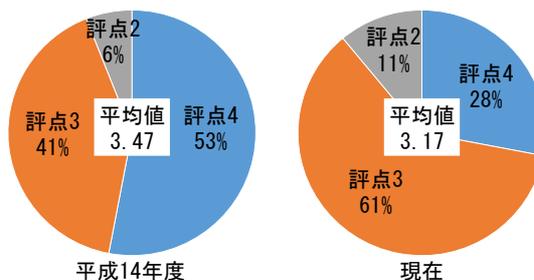


図-2 平成14年度と現在の構造全体評価

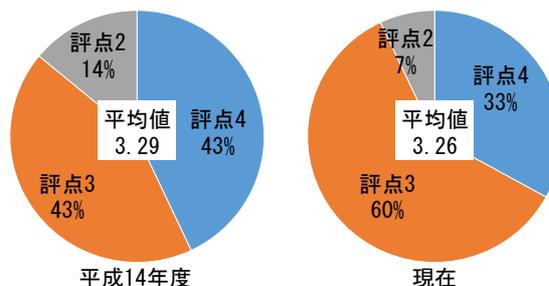


図-3 平成14年度と現在の局所評価

## 3. 調査結果

### (1) 一般調査結果

今回の調査では、宮崎県に存在する耐候性鋼橋梁のうち、64橋について調査を実施した. 宮崎県内の耐候性鋼橋梁は鉸桁橋の割合が56.3%と最も多く、次いで、箱桁橋の割合が39.1%だった. また、建設に際して、飛来塩分の測定を不要とする離岸距離は2kmと定められている. 離岸距

キーワード 耐候性鋼橋梁, セロファンテープ試験, 粒子解析, SVM

連絡先 〒889-2192 宮崎県宮崎市学園木花台西 1-1 TEL : 0985-58-7324

離2km未満の場所にも2つの橋梁が存在したが、それらを含め、調査を実施した全橋梁で付着塩分量が100mg/m<sup>2</sup>を越す橋梁は存在しなかった。

**(2) さび外観調査**

図-2、図-3は、14年前に山口ら<sup>2)</sup>によって調査された宮崎県内の耐候性鋼橋梁20橋について、現在の評点と比較しているものである。図-2より、構造全体の評価は大きく下がっていることがわかる。また、図-3より、局所評価に関しても、評点は減少傾向にある。

**4. さび外観評価の判定**

**(1) セロファンテープ試験の粒子解析**

外観を評価するために実施したセロファンテープ試験試料を粒子解析ソフトに用いて解析を行った<sup>3)</sup>。粒子解析ソフトはさび試料を画像データとして取り込み、二値化処理により、さび粒子の情報を数値化するものである。その計測結果から、評点分類を行うための解析6項目を算出した(図-4)。これにより、点検者の違いによって生じていた評価のばらつきを客観的に数値化できることになる。

**(2) SVMによる解析結果**

事前に専門家による評価を受けたセロファンテープ試験資料126枚のうち109枚を訓練データ、残りの17枚をテストデータとして、一般解析を行い、サポートベクトルマシン(以下、SVM)が適用可能であるか検証した。さらに、宮崎県内の耐候性鋼橋梁のセロファンテープ試験資料の一部もテストデータとしてSVMを行った。また、表中の橙色はSVMの解析結果から、最も分類確率が高かったものを示している<sup>4)</sup>。評点1に相当するセロファンテープ試験資料を実橋梁から入手することは困難であり、入手できた資料が少ないため、評点2~5の4段階で分類を行うこととする。

**a) 既往データによる検証**

表-1より、SVMによる評点分類は緑色の評点以外はすべて一致し、合致率は94.1%と非常に高かった。ゆえに、SVMの精度としては、良好な結果が得られたと考える。評点分類の結果が異なっていた緑色の部分も、評点3と評点4の値は極めて近く、精度としては問題ないと考える。また、耐候性鋼橋梁の処置が必要となってくる評点2以下の識別に関しては、精度高で行っていた。

**b) 宮崎県内の耐候性鋼橋梁への適用**

宮崎県内の耐候性鋼橋梁においても、SVMの評点分類を行った。その結果、事前評価とSVMの評点分類の合致率が100%であった。以上より、宮崎県内の耐候性鋼橋梁においても、SVMにおける評点分類は可能であると考えられる。

**5. まとめ**

本研究で得られた知見を以下に示す。

(1) 宮崎県内の耐候性鋼橋梁は鉋桁橋と箱桁橋がほとんどを占めていた。また、付着塩分量が100mg/m<sup>2</sup>を越す

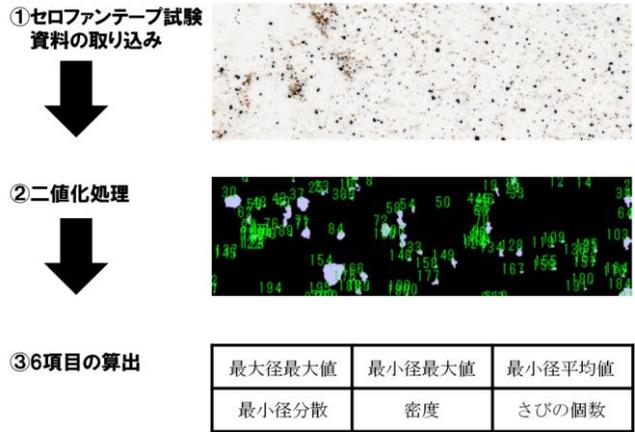


図-4 粒子解析の手順

表-1 既往データに関するSVMの結果

|      |      | 正答率94.1%   |        |        |        | SVMによる<br>評点分類 |
|------|------|------------|--------|--------|--------|----------------|
| 事前評価 | 資料番号 | SVMによる予測分類 |        |        |        |                |
|      |      | 2          | 3      | 4      | 5      |                |
| 2    | [1]  | 0.8623     | 0.1117 | 0.0086 | 0.0174 | 2              |
|      | [2]  | 0.4606     | 0.4217 | 0.0479 | 0.0698 | 2              |
|      | [3]  | 0.9095     | 0.0436 | 0.0188 | 0.0281 | 2              |
|      | [4]  | 0.6924     | 0.2991 | 0.0032 | 0.0053 | 2              |
|      | [5]  | 0.8503     | 0.0878 | 0.0228 | 0.0391 | 2              |
| 3    | [6]  | 0.0473     | 0.9384 | 0.0111 | 0.0032 | 3              |
|      | [7]  | 0.0954     | 0.8553 | 0.0248 | 0.0246 | 3              |
|      | [8]  | 0.0361     | 0.9467 | 0.0124 | 0.0048 | 3              |
|      | [9]  | 0.0560     | 0.6603 | 0.2402 | 0.0434 | 3              |
|      | [10] | 0.0101     | 0.9540 | 0.0337 | 0.0022 | 3              |
| 4    | [11] | 0.0910     | 0.3179 | 0.4546 | 0.1365 | 4              |
|      | [12] | 0.1394     | 0.3374 | 0.3593 | 0.1638 | 4              |
|      | [13] | 0.1282     | 0.3944 | 0.3481 | 0.1293 | 3              |
|      | [14] | 0.0141     | 0.1100 | 0.7002 | 0.1757 | 4              |
|      | [15] | 0.0572     | 0.2872 | 0.5397 | 0.1160 | 4              |
| 5    | [16] | 0.1160     | 0.0472 | 0.1919 | 0.7020 | 5              |
|      | [17] | 0.0599     | 0.0469 | 0.1925 | 0.7007 | 5              |

耐候性鋼橋梁は存在しなかった。

14年前に実施されたセロファンテープ試験と比較すると、構造全体で評点が下がっていることが明らかとなった。今後は比較対象であった20橋に加え、調査を行えた残りの44橋に関しても経年変化を観察する必要がある。

(2) セロファンテープ試験結果にSVMを用いた評点分類は、耐候性鋼橋梁を定量的に評価する方法として有効であることが検証された。今後は、識別の精度を改良するために、解析6項目や教師データの選定を検討することを考えている。

**参考文献**

- 1) 日本鋼構造協会: 耐候性鋼橋梁の可能性と新しい技術, JSCCテクニカルレポート, No73, 2006.
- 2) 山口栄輝, 中村聖三他: 九州・山口における耐候性鋼橋梁の実態調査, 土木学会論文集 A, Vol.62, No.2, pp.243-254, 2006.
- 3) 森田千尋, 梅崎俊樹他: セロファンテープ試験の画像解析による耐候性鋼材のさびの外観評価, 構造工学論文集, Vol.61A, 2015.
- 4) 金明哲: Rによるデータサイエンス, 森北出版, 2007.