

SVM による耐候性鋼橋梁のさび外観評点の推定

山口大学大学院 学生員○村田 直哉
山口大学大学院 正会員 麻生 稔彦
(株)横河ブリッジ 正会員 田畑 晃

1. はじめに

耐候性鋼橋梁では防食性能を確保するために緻密な保護性さびの発生が必要であるが、これまでの実態調査では腐食性さびの発生事例が報告されている。腐食性さびの発生要因を明らかにしその発生を予測することは、耐候性鋼橋梁の LCC 評価、維持管理のために必要不可欠であり、合理的な耐候性鋼橋梁の建設に対して非常に有用である。そこで、本研究ではサポートベクターマシン(以下 SVM)を用いて実態調査結果を分析し、さび外観評点に与える重要要因の解明とさび外観評点の予測を目的とする。

2. 対象橋梁

本研究では、九州・山口地区の耐候性鋼橋梁について、さび外観調査が実施されている 337 橋を対象とした。調査橋梁のうち、66%の橋梁が鈑桁形式であり、78%の橋梁が無塗装仕様である。本研究では、このうち無塗装鈑桁形式の耐候性鋼橋梁を対象とする。

さびの生成・促進に影響をおよぼすであろう要因として、表-1 に示す構造データおよび地理データを選定した。これらのデータがそろっている 106 橋を対象とする。これら 106 橋のさび

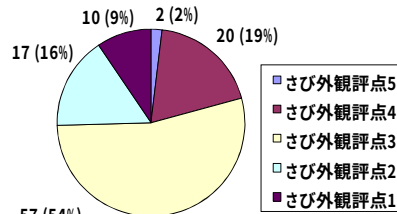


図-1 さび外観評点別橋梁数

外観評点別の橋梁数を図-1 に示す。評点 3 が全体の半分以上を占め、評点 5 は全体の 2%、評点 2、4 は全体の 20%程度である。

対象とする橋梁を決定したことにより、1 kmメッシュごとのメッシュ気候値から平均気温(℃)、最高気温(℃)、最低気温(℃)、年降水量(mm)、年間日照時間(h)、全天日射量(MJ/m²)の 6 項目を収集する。さらに、各橋梁直近のアメダス観測点から日降水量 1 mm以上日数(日)、平均風速(m/s)、平均湿度(%)の 3 項目の気象データを入手する。これより、気温 0℃以上かつ相対湿度 80%以上の時間をぬれ時間として算出する。ここで、湿度を観測するアメダスが少ないため、ぬれ時間が各橋梁で固有のものとならない。そこで、ぬれ時間と経過年数を乗じることにより、橋梁ぬれ時間とする。

3. SVM による腐食要因分析

3.1 解析条件

本研究では、収集した 16 個のアイテムを表-3 に示す基本アイテム、気温アイテム、降水アイテム、日照・風アイテム、質的アイテムの 5 個のシリーズに分類する。今回対象とした橋梁の中に、評点 5 の橋梁は 2 橋であり、全体の 2%に満たない。また、評点 5 はさびの生成が不十分であるため、SVM による解析では、評

表-1 収集データ

	量的データ	質的データ
構造データ	経過年数、橋長	伸縮装置
地理データ	離岸距離	地形 桁下空間の利用状況

表-2 さび外観評点

状態	評点	外観評価区分	さび厚
正常	5	腐食が進まず、さびも薄い	約200 μm 未満
	4	平均外観粒径1mm程度以下で均一なさび	約400 μm 未満
	3	平均外観粒径1～5mm程度のさび	約400 μm 未満
要観察	2	外観粒径5～25mm程度のうろこ状剥離があるさび	約800 μm 未満
異常	1	層状剥離が起きているさび	約800 μm 以上

表-3 使用アイテム

基本アイテム	離岸距離
	経過年数
	ぬれ時間
	橋梁ぬれ時間
気温アイテム	平均気温
	最高気温
	最低気温
降水アイテム	年降水量
	日降水量1mm以上日数
	平均湿度
日照・風アイテム	年間日照時間
	全天日射量
	平均風速
質的アイテム	地形
	桁下空間の利用状況 伸縮装置

点5の橋梁は除くこととする。解析では、対象橋梁104橋のうち80%を学習データ、20%をテストデータにランダムに配分し、学習データを84橋、テストデータを20橋とした。さらに、データの配分によって学習の偏りが生じる可能性があるため、データの配分を変更した5パターンについて解析を行い、それらの的中率の平均によりモデルの良否を評価する。また、目的変数であるさび外観評点を、維持管理レベルに応じて、補修・観察が必要な評点1、2をレベル1、健全な状態である評点3、4をレベル2と定義し、この2区分で解析を行う。

3.2 解析結果

全アイテム16個を用いて解析を行い、学習の的中率、テストの的中率、テストデータのうちレベル1の的中率の3個の値を得る。全アイテムを用いた場合の的中率は、学習データに対しては98.8%、テストデータでは79.0%、テストデータのうちレベル1については16.0%である。この場合には16個のアイテムのうち、どのアイテムがさびの発生に関係しているのか判断できない。そこで、16個のアイテムを1つずつ除外して解析を行い、この時のテストデータの的中率が、16アイテムで解析したテストデータの的中率以上になった場合、その外したアイテム

表-4 解析結果(2区分)

	全アイテム	1回目に残ったアイテム	2回目に残ったアイテム
基本アイテム	離岸距離	離岸距離	離岸距離
	経過年数	経過年数	経過年数
	ぬれ時間	-	-
	橋梁ぬれ時間	橋梁ぬれ時間	橋梁ぬれ時間
気温アイテム	平均気温	平均気温	平均気温
	最高気温	最高気温	最高気温
	最低気温	最低気温	最低気温
	年降水量	年降水量	年降水量
降水アイテム	日降水量1mm以上日数	日降水量1mm以上日数	日降水量1mm以上日数
	平均湿度	平均湿度	平均湿度
	年間日照時間	年間日照時間	-
	全天日射量	全天日射量	全天日射量
日照・風アイテム	平均風速	平均風速	平均風速
	地形	-	-
	桁下空間の利用状況	桁下空間の利用状況	桁下空間の利用状況
	伸縮装置	伸縮装置	伸縮装置
学習データ	98.8	95.5	92.1
テストデータ	79.0	84.0	85.0
レベル1	16.0	40.0	48.0

はさび外観評点の推定には必要ないと判断し、そのアイテムを外す。ここでテストデータの的中率に差がなければ、レベル1の的中率により判断する。レベル1の的中率も差がなければ学習データの的中率により判断する。一方、アイテムを外してもテストデータの的中率を超えなければ、そのアイテムは外さないこととする。アイテムが1つ外れたら、次にアイテムを外すときの比較の対象となるテストデータの的中率は、16アイテムで解析した的中率ではなくアイテムが外れたときの的中率とする。

以上の手順に従って基本アイテム、気温アイテム、降水アイテム、日照・風アイテム、質的アイテムの順番に除外するアイテムがなくなるまで行う。今回は3回目で除外するアイテムがなくなった。この結果を表-4に示す。全16アイテムを使用した場合と比較すると学習データの的中率は90%以上あり、テストデータおよびレベル1の的中率は向上している。

ここで、残ったアイテムについて検討する。さびの生成には飛来塩類、高温多湿といった要因が関係してくる。飛来塩類は離岸距離が大きくなるほど減少すると考えられるため、離岸距離が必要なアイテムであることは容易に推測される。また、さびの成長は高温であるほど速いため、これを表すアイテムとして平均気温、最高気温、最低気温が残ったと考えられる。橋梁の湿潤状態は、橋梁ぬれ時間、年降水量、日降水量1mm以上日数、平均湿度で表されている。また、桁下空間の利用状況は、水分の供給が想定される河川とそれ以外に分類しており、伸縮装置は、ゴムジョイントの劣化による漏水が考えられるため、橋梁の湿潤状態を表していると考えられる。

4. 結論

SVMによりさび外観評点の判別が可能であることが明らかとなった。これを用いることによりさび外観評点の推定がある程度可能となると考えられる。