

土木設備の維持補修の要否に関する評価ルール設定方法の提案

中電技術コンサルタント株式会社	正会員	○杉原	成満
西日本技術開発株式会社	正会員	小林	央宜
阪神高速道路株式会社	正会員	幸	和範
山口大学大学院理工学研究科	フェロー会員	古川	浩平

1. はじめに

国内の土木構造物の多くは、高度経済成長期に大量に整備されてきたため、近い将来、老朽化により整備・補修、更新費用が増加すると予想されている。その一方で、少子高齢化の進行等により公共投資の縮減が避けられない情勢にあることも指摘されている。この二律背反する状況を打開するためには、これまで以上に効率的な維持管理活動の遂行が求められることになる。

このような状況を改善するための一つの手段として点検結果に基づいた損傷度評価が挙げられる。しかしながら、この方法は技術者の経験に基づいた「高度な技術者判断」であるため、評価結果は担当技術者の技術レベルによって異なるという課題を有している。

これに対し、補修の要否に関する判断基準を分かりやすいルールとして設定できれば、担当技術者の技術レベルに係わらず同等の判断が可能となるため、維持管理活動を進める上で多いに有効であると考えられる。

そこで、本研究では既存の点検結果と補修の要否に関する技術者判断との関係进行分析し、土木設備の維持補修の要否に関する評価ルールを設定を試みた。

2. 維持補修の要否に関する評価ルール設定方法

維持補修の要否に関する評価ルールの設定には、データマイニング手法の1つであるラフ集合¹⁾を用いる。

点検結果と補修の要否に関する技術者判断から構成されるデータベースを対象にラフ集合を用いた分析を行う際、クラス値は補修の要否を用いることが一般的である。しかしながら、補修の要否をクラス値として得られるルールは、「要補修」と「否補修」の2区分となるため、詳細な劣化度評価を行うことはできない。

そのため本研究では、数理的解析手法の一つであるサポートベクタマシン²⁾ (Support Vector Machines ; 以下, SVM)を用いた劣化度評価を行なった上で、当該劣化度評価をクラス値とする評価ルールの設定を行った。評価ルール設定方法の概念図を図-1に示す。

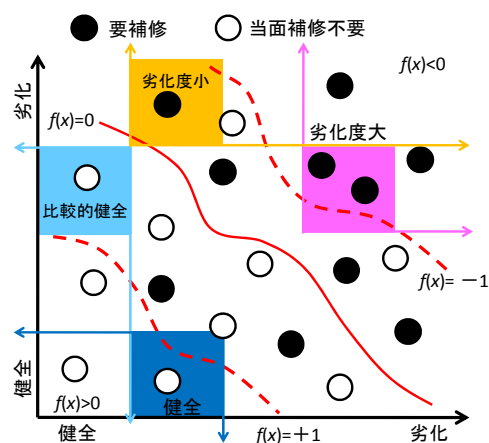


図-1 評価ルール設定方法の概念図

3. 使用データ

本研究では、2004 年に実施された大阪環状線の路下点検データ(データ数 157 個)を用いて検討を行った。

検討に用いる補修の発生に関係する要因は、維持補修の要否に関する既存項目として整理されている 9 要因（ボルトの緩み、ボルトの欠損、異常音、排水管のつまり、排水管の損傷、漏水、止水工、伸縮本体の損傷、その他（さび・腐食））を用いる。また、SVM を用いた劣化度評価におけるクラス値は技術者判断に基づく補修の要否を用いる。

4. 維持補修の要否に関する評価ルールの設定

(1) SVM を用いた劣化度評価

既存の点検結果と補修の要否に関する技術者判断との関係を SVM により分析し、各箇所劣化度評価を行った。また、SVM 分析から得られた劣化度評価結果は、ラフ集合を用いた評価ルールの設定にあたり、 $f(x) < -1$ を「劣化度大」、 $-1 \leq f(x) < 0$ を「劣化度小」、 $0 \leq f(x) \leq +1$ を「比較的健全」、 $+1 < f(x)$ を「健全」の4つのクラス値に区分した (図-1)。

(2) ラフ集合を用いた評価ルールの設定

既存の点検結果と SVM 分析から得られた劣化度評価結果との関係から維持補修の要否に関する評価ルー

表-1 設定した維持補修の要否に関する評価ルール

ルール								適用結果					
ルール 番号	要因						評価	含まれる データ数	整合 データ数	矛盾 データ数	残り 箇所数	累計	
	ボルトの 欠損	異常音	排水樋の つまり	漏水	止水工	その他 (さび・腐食)						D1	D2
								D1	D2	D3	D4	D5＝ D2/D1	D6＝ D1/157
								D1	D2	D3	D4	D5＝ D2/D1	D6＝ D1/157
ルール7	異常なし	異常なし	異常なし	*	異常なし	*	健全	105	105	0	52	100.0%	66.9%
ルール3	*	*	*	異常なし	異常なし	*	健全	121	121	0	36	100.0%	77.1%
ルール8	異常なし	*	異常なし	*	異常なし	異常なし	健全	124	124	0	33	100.0%	79.0%
ルール9	*	*	*	*	C,B	*	比較的健全	144	140	4	13	97.2%	91.7%
ルール17	*	*	*	B,A	A	*	劣化度大	156	152	4	1	97.4%	99.4%
ルール20	*	*	*	*	A	*	劣化度小	157	153	4	0	97.5%	100.0%

※「健全」「比較的健全」のルール：当面補修の必要性が無い箇所を整合データ、補修の必要性がある箇所を矛盾データと評価

※「劣化度大」「劣化度小」のルール：補修の必要性がある箇所を整合データ、当面補修の必要性が無い箇所を矛盾データと評価

ルの設定を行った。ここで、評価ルールの設定に用いる要因は、より少ない要因数であり、かつ全データを説明可能な組み合わせとなる「ボルトの欠損、異常音、排水管のつまり、漏水、止水工、その他（さび・腐食）」の6要因を用いることとした。

当該要因を用いて設定した評価ルールおよびその適用精度を表-1に示す。表-1より、当該ルールの精度（確信度）と汎用性（サポート）はそれぞれ97.5%、100.0%と高い水準を有していることが確認できる。

設定したルールの内容に着目すると、「健全」と評価できる箇所の特徴は「様々な項目において異常がない」という結果であり、一般的な知見と一致している。一方、「健全」以外のルールでは、漏水と止水工が非常に重要な評価指標であることが明らかとなっている。当該ルールから考えられる技術者判断は、「止水工がBかC判定」であれば「比較的健全」であるため補修の必要度は低いが、「止水工がA判定」となった場合、劣化が進んでいるため補修の必要性が生じるというものである。中でも「漏水がBかA判定」であった場合、劣化の進行性が大きいため補修の必要性はより増大するという判断がルールとして明確化されている。

また、評価ルールに基づいた劣化度と補修の要否の関係（図-2）に着目すると、「健全」と評価された箇所では補修が必要となる箇所は含まれていないが、劣化が進行するにつれて補修が必要となる箇所の割合は上昇していることが確認できる。そのため、設定した評価ルールは技術者判断と一致した妥当なルールであると考えられる。

これらのことから、当該ルールを用いることで、若年技術者であっても熟練技術者と同じ水準で補修の要否を判断することが可能になるものと推察される。

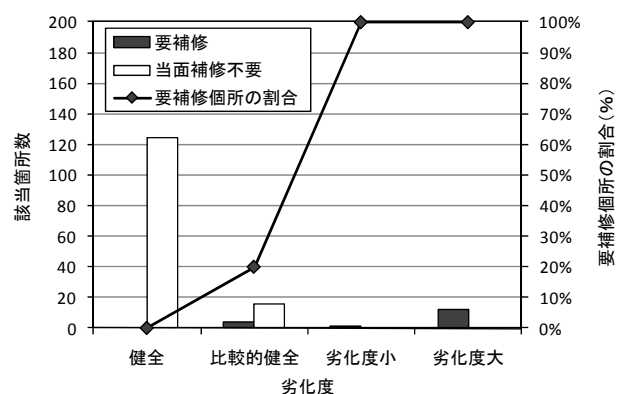


図-2 評価ルールに基づいた劣化度と補修の要否の関係

5. まとめ

本研究で得られた主要な結論を以下に示す。

- ・本研究で提案する手法を用いることにより、高度な技術者判断を分かりやすいルールとして表現することが可能となる。
- ・ルールの設定にあたっては、SVM分析に基づいた劣化度評価結果をクラス値とすることで、より詳細な評価ルールを得ることが可能である。
- ・本研究で設定したルールは、2004年に実施された大阪環状線の路下点検データに関する技術者判断の全てを97.5%の精度で説明可能な高い水準を有したルールであった。
- ・本研究で提案する手法は、維持管理活動を進める上で多いに有効なツールとなることが期待できる。

参考文献

- 1) 河野浩之：データベースからの知識発見の現状と動向, 人工知能学会誌, Vol.12, No.4, pp.497-504, 1997.
- 2) Cortes C. and Vapnik, V.: Support vector networks, Machine Learning, Vol.20, pp.273-297, 1995.