

道路橋床版の健全度評価における点検データを用いた統計的手法の検討

西日本高速道路株式会社 正会員 ○横山 和昭, 伊藤 一弘
 西日本高速道路エンジニアリング中国株式会社 正会員 鈴木 正範, 楠橋 康広
 株式会社富士通研究所 渡部 勇 富士通株式会社 千田 栄子, 蔦谷 雄一

1. 背景と目的

高速道路橋における床版の健全度評価は、床版下面の詳細点検結果(以下、点検データ)から写真等の見本に基づき評価者の経験知により判断する定性的評価となっている。一方、床版の変状に関する点検データは蓄積され、補修計画に活用されているが、点検データを統計的に処理して健全度を評価する手法は未だ確立されていないのが現状である。本論文では、点検データから床版の健全度を定量的かつ機械的に算出することを目的に統計的手法を活用した健全度評価を試行し、その評価精度向上のために、変状の傾向に応じて評価対象橋梁を複数のグループに分類して検討した結果を報告する。

2. 統計的な健全度評価手法

点検データから機械的に健全度を算出する統計的手法には、機械学習の一つである教師あり学習を利用した。教師あり学習の手法としては、計算機がどの項目を重要視しているかの指標である重要度を算出できるランダムフォレストを用いた。そして、既知のデータとして、点検データと点検者の経験知に基づく健全度評価結果(以下、健全度データ)を計算機に記憶させ、計算機で評価結果を再現する評価モデルにより、評価者の判断を計算機で再現することの可能性を検証した。さらに、計算機が判断結果を算出する際に重要視している項目を抽出することで、評価者が判断する際の指標を形式知として抽出できるかどうかを検証した。本手法で試行した手順を以下に示す。

- (1) 点検データと健全度データをパネルIDで結合し、機械学習用データへ加工する。
- (2) 機械学習用データを学習用データ、テストデータに分割し、交差確認により、再現度合いを確認する。
 なお、再現度合いの指標としては不一致率を採用する。
- (3) 健全度を算出する際に、計算機がどの項目を重要視しているかの指標である重要度を確認する。

3. 単一モデルでの再現

最初の試行では、図-1に示すように、10橋(A~J)の点検データと健全度データを利用し、10橋のデータを一括して単一に評価するモデル(以下、単一モデル)を作成し、評価者の判断を再現できるかを検証した。

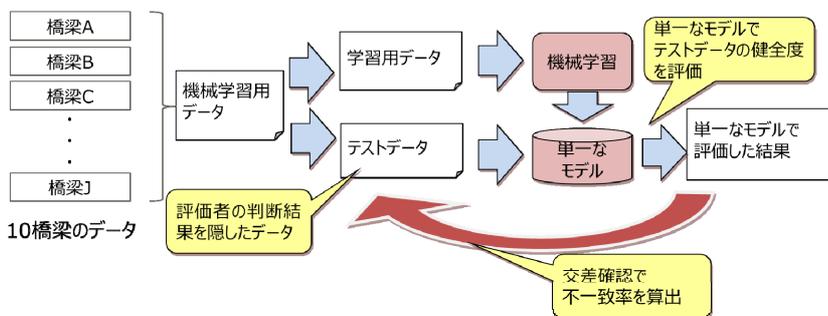


図-1 単一モデルでの再現方法と不一致率の算出

表-1 単一モデルでの不一致率

橋梁	不一致率
全体	28.95%
A	28.95%
B	23.17%
C	18.56%
D	23.53%
E	28.33%
F	16.22%
G	41.25%
H	34.04%
I	33.33%
J	42.55%

不一致率が30%未満: A, B, C, D, E, F
 不一致率が30%以上: G, H, I, J

キーワード 道路橋床版, 健全度評価, 点検データ, 統計的手法, 機械学習, ランダムフォレスト

連絡先 〒731-0103 広島市安佐南区緑井 2-26-1 西日本高速道路(株) 中国支社 TEL082-831-4111

表-1に示すように、単一モデルによる評価の不一致率は全体では28.95%で、評価者の判断を7割程度の精度で再現できることが確認できた。しかし、橋梁毎に不一致率を算出したところ、A～Fは不一致率30%未満、G～Jでは30%以上となっており、全10橋のデータの傾向と類似の傾向を持つ橋梁グループとそうでない橋梁グループに大別され、両グループ間でデータの傾向が異なる可能性が推測された。

4. グループ毎モデルでの再現

前述のとおり、グループ間でデータの傾向が異なる可能性があるため、図-2に示すように、全10橋を2つのグループ毎に評価するモデル（以下、グループ毎モデル）を構築し、モデル毎に計算機による再現結果を評価することで、不一致率の改善の可能性を検証した。この結果、表-2に示すように、橋梁Gを除いた橋梁で不一致率が改善し、全体の不一致率は28.95%から20.85%となり、評価者の判断を8割程度の精度で再現できるまでに改善された。このことから、今回のケースのように、データの傾向が異なると推測できる場合、グループ毎モデルを作成することで再現精度が向上する可能性があると考えられる。

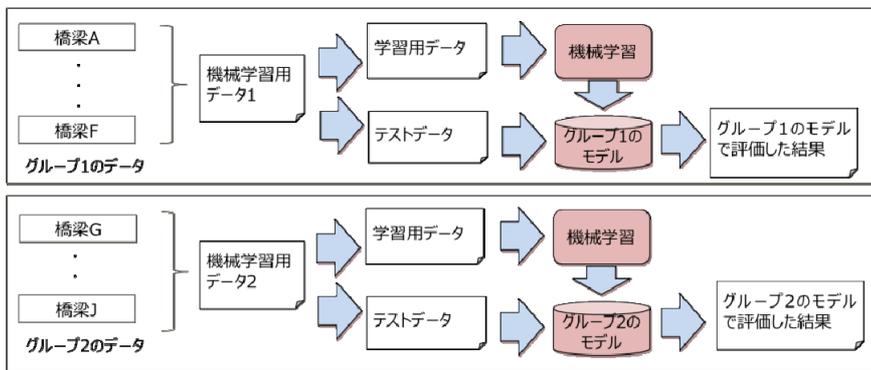


図-2 グループ毎モデルでの再現方法

表-2 グループ毎モデルでの不一致率

グループ	橋梁	不一致率
全体		20.85%
グループ1	A	3.95%
	B	18.29%
	C	13.40%
	D	14.12%
	E	23.33%
	F	11.71%
グループ2	G	43.75%
	H	29.08%
	I	31.03%
	J	27.66%

5. 重要度を指標とした評価基準の標準化への試み

前述のとおり、グループ毎モデルでは、点検データの傾向の差異に起因して計算機が健全度を判断する項目が異なっている可能性がある。そこで、表-3に示すように、それぞれの評価モデルにおける重要度を確認した結果、次の3点が確認できた。

- (1) グループ2に比べてグループ1では、「はく離面積」「鉄筋の露出_腐食面積」「変状判定がAの数」の重要度が高い傾向にある。
- (2) グループ1では、「はく離面積」「鉄筋の露出_腐食面積」に着目した場合、平均面積と総面積に比べて最大面積の重要度が高い傾向にある。
- (3) 「ひび割れ」「浮き」の項目は、他の変状に比べて重要度が低い。

なお、概ね80%程度の精度で計算機が評価者の判断結果を再現していることから、計算機が重要視する項目は評価者も重要視し、計算機が重要視しない項目は評価者も重要視していない可能性が高いと推測される。以上より、重要度を指標として評価者の判断を再現することで、評価者が重要視している項目の抽出が可能であり、判断基準の標準化への指標として適用できる可能性がある。

表-3 各モデルの重要度

項目	重要度	
	グループ1	グループ2
はく離面積_総面積	32.5	7.1
はく離面積_最大値	46.1	7.2
はく離面積_平均	32.7	7.6
ひび割れ面積_総面積	0.4	0.7
ひび割れ面積_最大値	0.4	0.6
ひび割れ面積_平均	0.3	0.7
鉄筋の露出_腐食面積_総面積	26.4	1.4
鉄筋の露出_腐食面積_最大値	42.3	1.3
鉄筋の露出_腐食面積_平均	26.0	1.3
浮き面積_総面積	5.1	1.2
浮き面積_最大値	5.4	1.1
浮き面積_平均	3.9	1.2
漏水面積_総面積	13.9	4.1
漏水面積_最大値	11.0	3.7
漏水面積_平均	10.1	3.7
変状判定がAの数	91.4	2.1
個別変状がBの数	2.5	2.8

6. まとめと今後の課題

今回の検討では、対象橋梁を同様な変状の傾向を持つグループに分割し、グループ毎に健全度を統計的手法で評価することにより、評価精度が向上する可能性があることを確認できた。また、重要度を指標とすることにより、評価基準の標準化への可能性があることを確認できた。しかし、試行した対象橋梁が10橋と少なく、データの偏りが存在している可能性もあるため、判断基準の標準化に向けては更なる検討が必要である。