

I - A 264

GA を援用した橋梁補修計画のための
橋梁評価方法に関する研究

金沢大学工学部 学生会員 西 雄一
金沢大学工学部 正会員 近田 康夫
金沢大学工学部 正会員 城戸 隆良

1. はじめに

我が国では、現在数多くの橋梁が、補修・補強のサイクル期にさしかかってきており、既存橋梁を効率良く維持管理していくことが、橋梁の建設と同等以上に重要視されるようになってきている。そこで、橋¹⁾は、既存の橋梁点検台帳に基づいて、一定の予算内で最大の効果をもたらす補修部位の組み合わせを決定する橋梁維持管理支援システムの構築と改良を行ってきた。

本研究では、橋梁の補修前、後の評価のための各部位に対する重要度係数を用いて解析を行いその結果を比較する。

2. 橋梁維持管理支援システムの概要

橋梁点検台帳

点検項目と共に点検結果の例を表1に示す。各点検項目の基準として、○、△、×の3段階評価が設定され、各橋梁の損傷度評価は、各点検項目の結果に基づいて専門家が、A、B、C、Dの4段階で行う。

橋梁の評価

橋梁の評価には、重要度係数を用いた線形判別式を利用している。線形判別式は式(1)で与えられ、これから各橋梁の評価値が求められる。

ここで、 R はアイテム数、 c_j は j アイテムのカテゴリ数、 w_j は j アイテムの重要度係数である。ナップサック問題の適用

橋梁の補修計画にナップサック問題を適用するにあたり、式(2)、式(3)のように目的関数、制約条件を設定した。

ここで、 n は橋梁数、 e_{i2} は補修前の橋梁の評価値、 e_{i1} は補修後の橋梁の評価値、 α は係数(0.008)、 C は代替案の費用、 E は予算(5千万円)である。

遺伝的アルゴリズム(GA)の採用

代替案を作成するにあたり補修箇所との組み合わせが膨大であるため、計算に多大な時間を要する。そのためこの問題を解決するために、本研究では遺伝的アルゴリズム(GA)を探索に採用する。これにより、必ずしも最も優れた組み合わせではないが、膨大な補修計画案の中から確率的に優れた組み合わせを短時間で見つけ出すことができる。なお、本研究においては淘汰方法にエリート方式を採用し、交叉は一点交叉で行なった。

表-1 点検結果の例

橋梁名	橋面舗装	橋面高欄	床版	主構	支構	伸縮継手	排水装置	塗装	洗掘変動	躯体変動	安定構造	安定材質	耐震性	損傷度評価
A 橋	○	○	△	△	△	○	△	○	○	○	○	○	○	B
B 橋	○	△	△	△	△	○	△	○	○	△	△	△	△	D
C 橋	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	A
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Z 橋	○	○	△	△	△	○	△	○	○	○	○	○	○	C

・コンクリート橋(表では、B、C橋)に関して塗装の項目はない。

(評価式)

$$Y = \sum_{j=1}^R \sum_{k=1}^{c_j} w_j b_{jk} \delta_{jk}, \begin{cases} b_{j1} = 300 \\ b_{j2} = 200 \\ b_{j3} = 100 \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

なお、 δ_{jk} は j アイテム k カテゴリに反応したとき1、その他のとき0である。

(目的関数)

$$F = \sum_{i=1}^n (e_{i2} - e_{i1}) - \alpha g \longrightarrow \max \dots\dots\dots (2)$$

(制約条件)

$$g = E - C \geq 0 \dots\dots\dots (3)$$

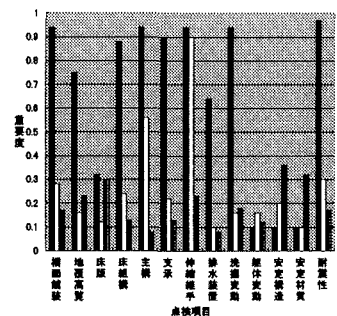


図-1 重要度係数-RC 橋

3. 3種類の重要度係数を用いた数値実験

これまで橋梁を評価するのにファジー理論のλ積分によって求めた重要度係数を用いてきたが、求めた重要度係数に問題点があったため本研究では新たにファジー理論のminmax法とニューラルネットワークの感度解析によって求めた重要度係数を用いて数値実験を行い、その結果を比較した。重要度係数の特徴—図(1)、図(2)

- ファジー理論のλ積分によって求めた重要度係数
この係数は、多くの値が1近くの値となり点検項目の重要度の順位が付けにくい値となっている。
- ファジー理論のmaxmin法によって求めた重要度係数
RC橋と鋼橋のデータを分けて解析し重要度係数を求めたが、RC橋は伸縮継手、鋼橋は橋面舗装が特に重要度が大きい結果となっている。共通している点は多くの値が0.1近くの値となり、λ積分と同様に重要度係数の比較が難しい結果となった。
- ニューラルネットワークの感度解析によって求めた重要度係数
maxmin法と同様にRC橋と鋼橋を区別して重要度係数を求めたが、ファジー理論の結果と異なり点検項目の重要度が、0.1あるいは1.0に片寄ることがなく比較・順位付けが行いやすく好ましいと思われる結果となった。

点検台帳の損傷度評価と、それぞれの方法によって求められた損傷度とを比較すると、点検データの損傷度の割合が大きい橋梁は誤差が少なく、損傷度の割合の少ない橋梁は誤差が大きいことが、共通していた。

数値実験の結果—図(3)、図(4)

それぞれの重要度係数の特徴が少しずつ出ている。ただし設定予算5千万円であると補修費用の比較的小額な橋面舗装、支承、耐震性は、要補修となっている多くの橋梁において補修項目として選択されているが、補修費用が比較的高額である床版、安定材質は重要度が高い場合も補修項目として1つも選択されなかった。

4. 結論

どの手法においても橋梁損傷度の判定を行うにあたって、データ数の影響が無視できないことがわかった。また実際の橋梁の損傷度と各手法によって得られた判定結果との差が大きい橋梁が幾つかあり橋梁台帳の点検結果の質にも問題があると思われる。3つの手法によって得られた点検項目の重要度を比較した結果、ニューラルネットワークの感度解析によって得られた重要度係数が値は特定の値に片寄ることがなく、ばらけた値となっており各部位の順位付けするには適していると思われる。また、数値実験においては、重要度よりも補修費用が代替案に与える影響が大きいという結果となり目的関数の見直しが必要なのではないかと思われる。

今後の課題としては、より多くの偏りのなく、そして信頼度の高いデータを入手し解析を行い、さらに点検結果に一致するような新たな重要度係数を求める必要がある。また、補修費用の高額な項目についても補修項目として選択されるような目的関数の見直し、または数年の補修計画の代替案を作成により、実用的なシステムの構築が望まれる。

参考文献

- 1) 橋 謙二:「GAによる既存橋梁の補修計画支援の試み」,土木学会論文集 No.513/I-31,P151-159,1995.4.
- 2) 木下 真二:「点検データに基づく橋梁補修計画立案へのGAの援用に関する研究」,構造工学論文集 Vol.43A,P539-600,1997.3.

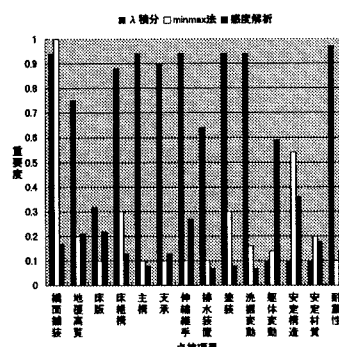


図-2 重要度係数-鋼橋

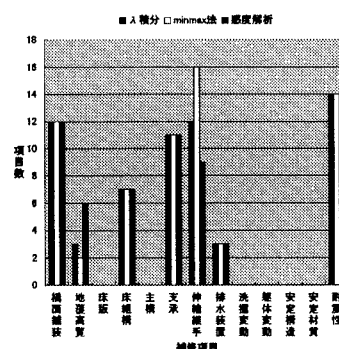


図-3 数値実験の結果-RC 橋

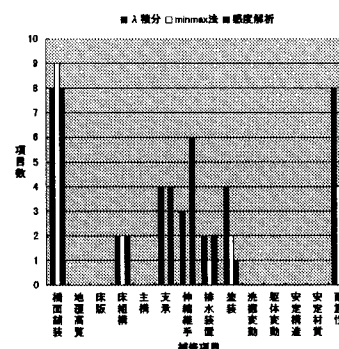


図-4 数値実験の結果-鋼橋