

I - 376

橋梁補修計画への遺伝的アルゴリズムの援用に関する研究

金沢大学工学部 正会員 ○近田康夫
 川崎重工業（株） 正会員 橋 謙二
 金沢大学工学部 正会員 城戸隆良
 金沢大学工学部 正会員 小堀為雄

1. はじめに

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いる。橋梁は、計画・設計・施工・供用の後、補修・補強を経て架け替えというライフ・サイクルをたどり、十分な維持管理のもとでは、目標とする耐用年数以上を供用することができる。したがって、既存橋梁を効率よ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。そのため、限られた予算のうちで、適切な維持管理計画を立案するためのシステム開発が急がれている。

本研究では、橋梁維持管理支援システムを構築するにあたり、定期的に行われている橋梁の点検データを利用した。点検データはすでに橋長、架設年などの基本的なデータとともにデータベース化されており、自由にデータを取り出すことができる。橋梁の評価には、この点検データを使った数量化理論第Ⅱ類から得られるサンプル・スコア（判別得点）を用いた。これにより、補修前後の橋梁の評価を線形判別式を利用して求めることができる。補修計画の代替案を作成するにあたって、本研究では、補修計画をナップサック問題として定式化した。さらに、計算時間を短縮するために遺伝的アルゴリズムを用いた。

2. 橋梁維持管理支援システムの構築

(1) 損傷度評価

点検データとして、本研究では、I 県が昭和 57 年度から 63 年度の間に調査を行った橋梁診断台帳を利用した。収容橋梁数は 208 橋で、そのうちコンクリート橋 148 橋、鋼橋 60 橋である。

各点検項目の評価基準は良いほうから○、△、×の3段階（本研究では 1, 2, 3 に対応）、損傷度評価は良いほうから D, C, B, A の4段階（本研究では 4, 3, 2, 1 に対応）の評価がなされている。

(2) ナップサック問題の適用

本研究にナップサック問題を適用すると目的関数および制約条件はつぎようになる。

ここで、一般のナップサック問題と比較すると、一定の容積を持った袋（ナップサック）がある一定の予算になり、荷物が各橋梁の各部位の補修費用に相当する。

ナップサック問題では組み合わせの数が非常に多い場合、膨大な計算量と時間が必要となるため、本研究では、GA を用いて解くことにする。GA を適用するためには、線列（遺伝子列）として扱えるようにナップサック問題をコーディングしなければならない。本研究では線列を図-1 のように定めた。図中の 0 はその箇所を補修しない、1 は補修するということを表わしている。さらに、補修することになった項目の点検の評価が 1 になるものとした。これは、中途半端な補修を行わないと考えたためである。図-1 では床版、支承、排水装置、塗装、安定性（材質）の評価が 1 になったことを表わしている。

目的関数

$$F = \sum_{i=1}^n C_i(e_{i2} - e_{i1}) \rightarrow \max$$

n : 橋梁数
 e_{i1} : 補修前の i 番目の橋梁の評価値
 e_{i2} : 補修後の i 番目の橋梁の評価値
 C_i : i 番目の橋梁の補修費用
 (1)

制約条件

$$g = E - C \geq 0$$

C : 代替案の費用
 E : 予算
 (2)

GA では制約条件を含む問題をペナルティ関数法を用いて無制約の問題に変換する必要がある。そのため、本研究では式(2)を目的関数に含めて式(4)のように定式化した。 r はペナルティ係数と呼ばれるもので、右辺第1項の目的関数に対する第2項のペナルティ項の効き具合を調整するためのパラメータである。

制約条件が満たされない ($g < 0$) 場合、目的関数にペナルティ項が加えられることによって制約条件があるのと同様な効果がもたらされる。本研究では、 $r = 1000.0$ と定めた。

(3) 橋梁の評価値

線形判別式は式(3)で与えられるので、これから各橋梁の評価値(サンプル・スコア) e が求められる。

$$e = \sum_{j=1}^R \sum_{k=1}^{c_j} a_{jk} \delta_{jk} \dots\dots\dots (3)$$

3. 数値実験の結果

予算が2億円で数値実験を行った。数値実験の対象となった橋梁は43橋である。その結果、代替案の費用は約1億9800万円となった。図-2は、初期世代から5000世代までの適応度の推移である。

GA で得られた結果の妥当性を示すためにランダム・サーチを行った。ランダム・サーチは、個体を多数 (1.5×10^6 回) 発生させ、その個体の適応度の分布を求めるものである。ランダム・サーチの結果は、図-3に示す。図からわかるように、GA で得られた結果にはるか及ばず、GA で得られた結果が妥当なものであると考えられる。

RC20 橋は、橋面舗装、地覆高欄、支承、伸縮継手、安定性(材質)、耐震性の6箇所を補修することによって、評価値が-0.9512 から 0.4903 に上がった。その評価値の推移を図-4に示す。

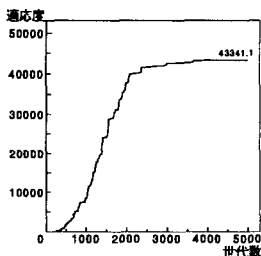


図-2 適応度の推移

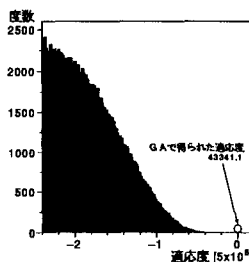


図-3 ランダム・サーチによる
適応度の度数分布

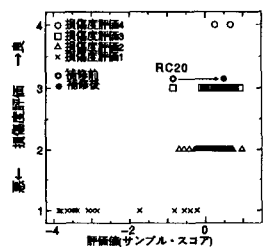


図-4 RC20 橋の評価
値の推移

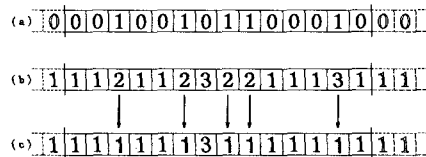
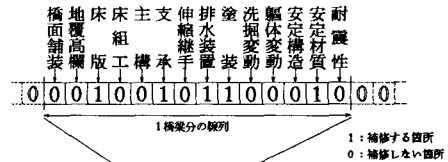
4. 結論

本研究を通して、効率的な橋梁の補修計画へのGAの適用の可能性が示されたと言える。今後は、5年後、10年後などの長いスパンでの補修計画を策定するシステムに発展させていきたい。

最後に、データ収集に御協力いただいた関係諸氏に深く感謝の意を表します。

ペナルティ関数(適応度)

$$\Psi = \begin{cases} F & (g \geq 0) \\ F - r\sqrt{-g} & (g < 0) \end{cases} \dots\dots\dots (4)$$



GAの親列が(a)のように became とき点検結果(b)は、
補修後(c)のようになる。

図-1 遺伝子フォーマット