

足場を考慮したGA 援用橋梁補修計画支援

金沢大学工学部 学生会員 中山善隆
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

現在、我が国において数多くの橋梁の損傷・老朽化が問題となってきた。そこで、新規橋梁の建設よりも既存橋梁の維持管理対策が重要視されている。しかし、橋梁群の補修に与えられる予算には限度があるため、その予算内で社会的満足性を最大限に満たし得る補修計画を立案する必要がある。そこで、橋梁の評価を行なうことによって、その評価値の増加が予算内で最大となるような橋梁補修計画の作成が試みられた¹⁾²⁾。

本研究では、従来のシステムに足場の共有を考慮することによって、より実用性の高いシステムの構築を試みた。

2. 補修計画作成システムの概要

(1) 点検データ

橋梁データには、I 県が過去に行った定期点検を基に作成された橋梁点検台帳と橋梁台帳を用いている。このデータを数値化し、システムに使用する。補修対象項目となるのは、「橋面舗装」、「地覆・高覧」、「床版」、「床組工」、「支承」、「伸縮継手」、「排水装置」、「塗装」、「安定材質」、「耐震性」の 10 項目である。

(2) 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 (評価式)

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。

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

ここで、 R はアイテム数、 c_j は j アイテムのカテゴリー数、 w_j は j アイテムの重要度係数である。

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

(3) 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} は補修後の橋梁の評価値、 e_{i1} は補修前の橋梁の評価値、 C は補修費用合計、 E は予算、 ζ は補正值（データを与えられたときに決定される）である。

(目的関数)

(制約条件)

$$F_b = \frac{\sum_{i=1}^n (e_{i2} - e_{i1})}{\zeta} - \frac{g}{E} \Rightarrow \max \quad (2) \quad g = E - C \geq 0 \quad (3)$$

(4) 遺伝的アルゴリズム (GA) の採用

本研究では、代替案を作成するにあたり GA を採用する。これにより、膨大な補修箇所の手組み合わせの中から、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。染色体 (線列) は、一つの遺伝子に 1 橋梁の補修代替案番号が対応する数値列として表現される。

3. 足場共有の概念

足場の共有とは、橋梁を補修する際に足場を組む場合が生じるが、この場合、経済性や実務性を考慮して、同じ足場を利用し補修できる箇所は同時に補修することを言う。

従来の橋梁補修計画作成システムでも足場の共有についての改良が行われてきた。この場合、GA により共有できる補修部位が選択された場合のみ足場費用が加算されており、式 (2) の評価値の増減を利用して足場の共有を促進させようとするものであった。しかし、足場の共有を考慮した場合としない場合を比較してみると、補修部位の選択に足場費用の加算の影響が見られず、この方法が有効に働いていないことが判明した。

そこで、次の手法を用いて足場の共有を促進させる。

(1) 同時に補修する部位

橋梁を補修する場合、足場の共有以外にも施工上の都合から複数部位を同時に補修した方が良い場合がある。そこで点検データの10点検項目中から、6つのパターンを右のように選出した。ここで、() 中の番号は足場の種別番号で同じものは共有できるものとする。(×) は、足場を必要としないことを示す。

(共有パターン)

1. 支承 (3) ⇒ 塗装 (2), 耐震性 (3)
2. 舗装 (×) ⇒ 伸縮継手 (×), 排水装置 (2)
3. 材質安定性 (4) ⇒ 支承 (3), 伸縮継手 (×)
4. 床組工 (2) ⇒ 床版 (2), 材質安定性 (4)
5. 床版 (2) ⇒ 舗装 (×), 床組工 (2), 伸縮継手 (×), 排水装置 (2)
6. 地覆高欄 (1) ⇒ 舗装 (×), 床版 (2), 伸縮継手 (×), 排水装置 (2)

(2) 足場共有関数の設定

GAによって生成された個体(橋梁の補修部位データが線列状に並んだもの)を先に述べた1から6のパターンで順に調査する。たとえば図-1の例をとってみると、まず1のパターンを適用し個体中の補修部位に支承がある場合、そのほかの部分調べ補修部位に塗装があれば t ポイント加算し、耐震性があれば u ポイント加算する。塗装と耐震性の両方がある場合 $t+u$ ポイントとなる。パターンに示された項目がない場合は、何も加算しない。このように順に6パターン全てを調べ、累積したポイントを足場共有関数として設定する。 (t, u) の値は試行錯誤的に与える。ただし、 $0 < t < u$ である。これは、 t は施工上同時に補修したほうがよい場合に与えるポイントであり、 u は足場を共有できる場合に与えるポイントであるためである。

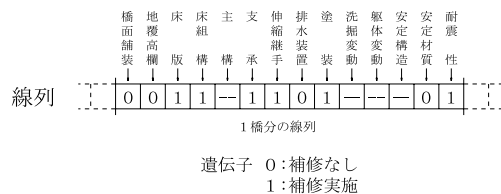


図-1 個体中の線列の例

(図-1の例の足場共有関数)

パターン1の場合の合計ポイントを s_1 とし、順に計算を行うと以下ようになる。

$$s_1 = t + u, s_2 = 0, s_3 = 0, s_4 = u, s_5 = u + t, s_6 = 0 \quad (4)$$

$$S_n = s_1 + s_2 + \dots + s_6 = 2t + 3u \quad (5)$$

(n は橋梁の識別番号)

(3) 目的関数への追加

先の図-1の例で得られた S_n は、1橋分の足場共有関数であり、目的関数に加えるのは、 $\sum S_n$ である。式(6)は、足場共有関数を加えた目的関数である。目的関数に足場共有関数を追加することにより、足場を共有している個体に対し高い値を与えることができる。

$$F_b = \frac{\sum_{i=1}^n (e_{i2} - e_{i1})}{\zeta} - \frac{g}{E} + \sum_{i=1}^n S_n \Rightarrow \max \quad (6)$$

4. 結果と考察

式(6)を目的関数とすることによって、橋梁補修部位選択の変化を比較するために、予算を5千万円・1億円・2億円として解析を行い、補修部位として選択された部位数を表-1に示す。

表-1より明らかに補修部位数が減少していることがわかる。従来、足場費用が高額である部位は選択されにくいという結果であったが、式(6)を用いることによってそれらの部位も選択されるようになったと考えられる。

表-1 選択補修部位数

予算(円)	足場込み	足場込み(従来)	足場抜き
5千万	48	52	55
1億	64	70	73
2億	90	95	97

5. 結論

足場共有関数の追加は、従来の目的関数では足場を共有できる個体でも目的関数の値が小さかったため生き残らなかった個体が、足場共有関数によって高い値を得ることができ、多様な解集団を生成することができる。このことは、GAの問題点である局所解に陥る危険性が少なくなることを意味している。

今後の課題としては、足場共有関数の (t, u) の値の調整である。この値によって目的関数は、変動するため数値実験を行った後、最適な値を決定しなければならない。

参考文献

- 1) 福山 貴久:「GAによる補修項目の関連を考慮した橋梁補修計画」, 構造物の診断に関するシンポジウム論文集, No.5, pp.59-64, 1998.7.
- 2) 西 雄一:「スケジュールを考慮したGA援用橋梁補修計画支援の試み」, 構造工学論文集, Vol.46A, 2000.3.