

## 外ケーブル工法を利用した合成桁の補強設計支援システム

山口大学工学部 正会員○中村秀明 山口大学大学院 学生員 鄭 勝仁  
 日立システムエンジニアリング(株) 藤原 充 山口大学工学部 正会員 宮本文穂

### 1. はじめに

近年、既存橋梁の多くは、道路構造令における設計自動車荷重の増加により耐荷力不足となっており、その対策が急がれている。外ケーブルプレストレス技術は、断面内にシーsthroughする必要がないので、省力化や工期の短縮化がはかれ、また、車両を通した状態でも施工できることから、橋梁の補強工法として注目されている。しかしながら、外ケーブルプレストレス技術を適用して、既設合成桁の補強設計を行う際には、設計技術者は、比較的広範囲な設計空間の中から、主要な補強設計項目である「緊張材の配置形式と形状」、「導入プレストレス力」、「緊張材断面積」などの設計パラメータ定める必要がある。これらの作業は、感と経験を頼りにパラメータを変えながら試行錯誤的に行わなければならない、一般には、煩雑で手間の掛かる作業である。そこで、近年、これらの設計作業をコンピュータで支援する設計支援システムが注目されている。本研究は、外ケーブル工法による合成桁の補強設計を支援できる補強設計支援システムの構築を行った。

### 2. 連鎖探索型遺伝的アルゴリズム(RS-GA)を用いた補強設計支援システム

工学分野における通常の設計問題では、非常に幅広い設計空間の中から、最適解を見つける必要があり、環境条件や製作の手間など、目的関数に含めることのできない要因も多数存在する。このような場合に、異なる特徴を持った複数の最適設計案が提示できれば、設計者は、その案をもとに設計を行うことが可能となる。本研究では、解空間を広域的に探索し、複数の準最適解を提示可能な連鎖探索型遺伝的アルゴリズム(RS-GA)を用いて設計支援を行う。RS-GAは、単純GAを複数回繰り返すことにより、比較的簡単なアルゴリズムで複数個の準最適解の探索が可能である。RS-GAのフローチャートを図-1に示す。

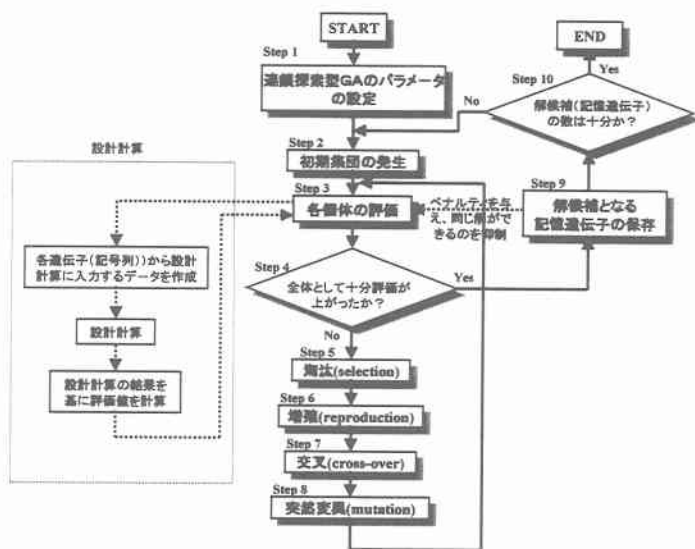


図-1 連鎖探索型遺伝的アルゴリズム(RS-GA)のフロー

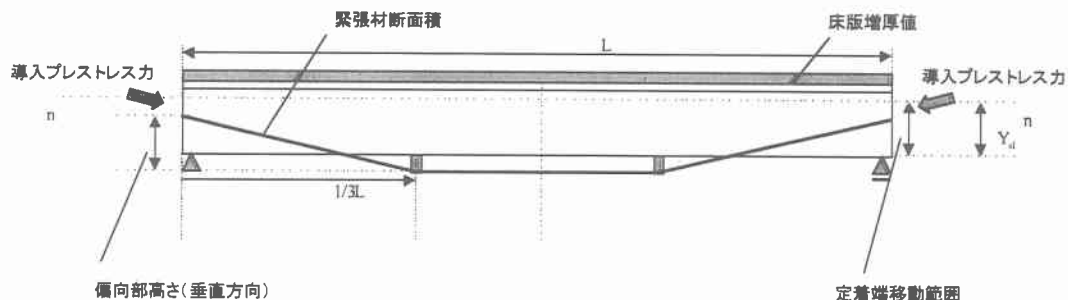


図-2 外ケーブル補強設計パラメータ

3. 外ケーブル補強設計問題への適用

外ケーブル補強設計問題への適用として、  
 図-2 に示すような Queen-Post 配置を考え、  
 「緊張材断面積」、「導入プレストレスカ」、  
 「緊張材配置形状」、「床版の増厚値」を設計  
 パラメータとして設計を行う。個体の適応度  
 を決定する適応度評価関数としては、式(1)  
 に示すような評価関数を用いた。



図-3 遺伝子コーディング例

$$F_{ca} = \{(F_{c2} + F_{s1} + F_{s4}) \times n_p\} / 3 \tag{1}$$

ここで、 $F_{ca}$  は 0~1 までの値をとり、1 に近いほど適応度が高いことを意味する。また、 $F_{s1}$  は、クリティカル断面の下フランジに発生する応力状態より決まる値で、式(2)で定義される。

$$F_{s1} = \begin{cases} 1 - |\sigma_{ta} - \sigma_{s1}| / \sigma_{ta} & (\sigma_{ta} \geq \sigma_{s1}) \\ (1 - |\sigma_{ta} - \sigma_{s1}| / \sigma_{ta}) \times n_{s1} & (\sigma_{ta} < \sigma_{s1}) \end{cases} \tag{2}$$

また、 $F_{c2}$ 、 $F_{s4}$  はそれぞれ、床版上面、上フランジにおける縁応力による制約条件で、次式で与えられる。

$$F_{c2} = \begin{cases} 1 & (\sigma_{ck} \geq \sigma_{c2}) \\ (1 - |\sigma_{ck} - \sigma_{c2}| / \sigma_{ck}) \times n_{c2} & (\sigma_{ck} < \sigma_{c2}) \end{cases} \quad F_{s4} = \begin{cases} 1 & (\sigma_{ca} \geq \sigma_{s4}) \\ (1 - |\sigma_{ca} - \sigma_{s4}| / \sigma_{ca}) \times n_{s4} & (\sigma_{ca} < \sigma_{s4}) \end{cases} \tag{3}$$

$\sigma_{ta}$ 、 $\sigma_{ck}$ 、 $\sigma_{ca}$  : 各許容応力度、 $\sigma_{s1}$ 、 $\sigma_{c2}$ 、 $\sigma_{s4}$  : 各部位の応力度、 $n_p$ 、 $n_{s1}$ 、 $n_{s4}$ 、 $n_{c2}$  : 各ペナルティー係数。

連鎖探索型GAを適用するには、設計パラメータを2進数にコーディングする必要がある。本研究で用いた遺伝子のコーディングを図-3に示す。

表-1 システム出力結果

Family	断面積(cm <sup>2</sup> )	導入PS力(tf)	定着端位置	偏向部 (垂直方向)	床版増厚値 (cm)	下フランジ余剰 応力(kgf/cm <sup>2</sup> )	適応度
1	32.5	10.0	0/8Y <sub>sl</sub>	1/8Y <sub>sl</sub>	3	382	0.939
2	6.5	10.5	7/8Y <sub>sl</sub>	11/8Y <sub>sl</sub>	6	290	0.954
3	20.0	41.5	3/8Y <sub>sl</sub>	4/8Y <sub>sl</sub>	3	437	0.931
4	23.0	87.5	4/8Y <sub>sl</sub>	12/8Y <sub>sl</sub>	3	618	0.902
5	25.5	57.0	6/8Y <sub>sl</sub>	13/8Y <sub>sl</sub>	3	550	0.913
6	18.5	70.0	4/8Y <sub>sl</sub>	8/8Y <sub>sl</sub>	3	524	0.917
7	23.0	64.5	0/8Y <sub>sl</sub>	5/8Y <sub>sl</sub>	6	367	0.942
8	29.0	98.0	5/8Y <sub>sl</sub>	11/8Y <sub>sl</sub>	6	522	0.917
9	21.5	61.5	1/8Y <sub>sl</sub>	5/8Y <sub>sl</sub>	3	476	0.925
10	24.0	124.0	7/8Y <sub>sl</sub>	14/8Y <sub>sl</sub>	3	759	0.880

本システムをスパン 34.6m、桁高さ約 1.8m の橋梁に適用した結果を表-1に示す。10 個の解探索を試みた  
 が、緊張材断面積、導入 PS 力、配置形状の組み合わせにより、いろいろな特徴を持った設計案が出力され  
 ており、妥当な解が得られている。

4. まとめ

本研究は、複数個の解探索が可能な連鎖探索型遺伝的アルゴリズム(RS-GA)を外ケーブル工法による補強  
 設計に適用したものである。比較的簡単なアルゴリズムで複数の準最適解を得ることができる RS-GA の提  
 案を行い、RS-GA を補強設計支援に適用したところ、いろいろな特徴を持った複数の設計案を提示するこ  
 とが可能となり、設計支援システムの構築ができた。

参考文献

1) 鄭勝仁、中村秀明、宮本文穂：外ケーブルプレストレス補強設計のシステム化に関する研究、土木学会論  
 文集VI(1999.6 掲載予定)