

GA を用いた設計代替案探索手法について

九州共立大学工学部 学生員 富 岡 亮
九州共立大学工学部 正会員 三 原 徹 治
第 一 復 建 (株) 正会員 千々岩浩巳
第 一 復 建 (株) 正会員 兼 松 建 男

1. はじめに

一般的に実際の構造物設計では、最終的な設計の優劣を客観的に評価するために、特徴的な複数の設計候補に対して経済性を評価指標とした比較・検討を実施する。これに対して、これまで著者らが行ってきた種々の土木構造物を対象とした最適設計法の開発に関する研究では、遺伝的アルゴリズム(GA)などの手法を用いて経済的な設計を効率的に探索することは比較的容易であるが、特徴的な複数の設計候補を自動的に抽出することはかなり困難であった。著者らが独自に開発した交配個体選択 GA(scsGA)¹⁾を用いてこの難点を克服することはできないかというコンセプト²⁾の下、10 部材トラス構造の応力制約下の最小重量設計問題を対象に検討を重ねた³⁾。しかし得られた結果は「特徴的な複数の比較的良好な設計候補を『同時に』探索する」という目標を必ずしも満足するものではなかった。

本研究では、先の研究において『同時に』という点に無理があったのかもしれないという観点から『個別に』探索する手法を提示し、その解法特性の分析を行う。

2. scsGA を用いた設計代替案探索手法の改善

著者らが独自に開発した scsGA は最適解探索能力の向上のため、通常の GA では1つしかない交配ルーレットを2つ準備し、少数の比較的良好な個体群(=交配個体群、その数を交配個体数 N_s とする)用とそれ以外の個体群(=被交配個体群)用とすることにより進化世代が進んでも集団多様性が保持され、結果的に従来の GA に比較して効果的に最適解を探索することを可能とした手法である。比較的良好な個体が選抜される交配個体には、同じ線列(=同じ設計点)の重複を許さないというルールも最良解の改良速度を上げることに寄与している。この scsGA のアルゴリズムは、まさに複数の代替設計案を探索するために適したものとなっている。また、設計案の類似度の判定には GA 計算に用いられる線列同士の類似度を表すハミング距離を活用する。すなわち、2つの個体の線列のハミング距離が、事前に設定した類似度の限界値 L_h 値以下であるとき、それらは類似と判断する。

従来の研究では、最良解の改良とその最良解と異なる特徴を有する代替案探索を『同時に』行おうとしていたが、交配個体群に選択される設計案の多様性が大きいために、肝心の最良解の改良が滞ってしまうという現象が多々見られた。そこで本研究では、まず最適解を求め、パラメトリックに設定した類似度の限界値 L_h 値ごとに最適解との類似度が L_h 以上の解の中で最も良好な解を『個別に』求めるという段階的かつ個別的探索手法を採用することとした。

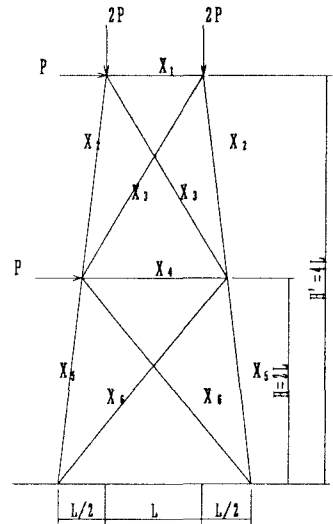


図-1 10 部材トラス

表-1 離散値データ

No.	A	No.	A	No.	A
1	22.72	7	30.01	13	49.27
2	25.16	8	34.79	14	52.35
3	25.22	9	34.82	15	57.27
4	26.32	10	39.61	16	58.91
5	29.17	11	40.40	—	—
6	29.94	12	46.03	—	—

3. 数値計算例

数値実験の対象として、図-1 に示す 10 部材トラス ($P=196.1\text{kN}$, $L=100\text{cm}$, $H'=4L$, $H=2L$) の応力制約下の最小重量設計問題を選んだ。対象構造がトラス構造であるので、圧縮部材の設計上の限界値 σ_c は本来細長比の影響を受けるが、ここでは手法の特性分析を行うことが目的であるので、簡単のために一律 $\sigma_c = -141.2\text{N/mm}^2$ に固定し、引張部材については限界値 $\sigma_t = 170\text{N/mm}^2$ とした。設計変数 $X_1 \sim X_6$ は各部材の断面積であり、JIS G 3444 から $X_1 \sim X_3$ は $22.72 \sim 58.91\text{cm}^2$ の 16 種類、 $X_4 \sim X_6$ は $30.01 \sim 58.91\text{cm}^2$ の 10 種類のうちのいずれかの値を採るとし、断面積 $A(\text{cm}^2)$ とそのランクを表-1 に示す。

代替設計案を自動的に探索する手法の特性を分析するため、数値実験を試みた。計算条件には、個体数 $N_p=100$ 、計算世代数 $N_G=50$ 、突然変異確率 $P_m=0.1$ 、交配個体数 N_s を N_p

の 1 割の 10 とし、類似度の限界値 $L_h=0 \sim 7$ の 8 ケースについて計算を行った。ここで、 $L_h=0$ の場合には、代替案探索手法の解は従来の scsGA による解（最適解）と一致することになる。

表-2 に従来の同時法による解を示す。類似度の限界値 L_h ごとに得られた解のうち最も構造体積 W の小さい良好な解を、 W 値のみならず各設計変数値とともに示している。従来の同時法では、この良好な解のほかに特徴的な解も同時に得られているが、その情報は割愛してある。この表から $L_h=2$ と $L_h=3$ では後者の方が構造体積 W が大きいことがわかる。このような現象は本来望ましくない。 $L_h=4$ でも同様の現象が認められる。これは、代替設計候補を『同時に』求めようとしたために最良解の改良が不十分であることが原因と考えられる。

表-3 には、表-2 とまったく同じ形式で今回提示した個別法による解を示している。表-3 から、 $L_h=1$ の解は最適解に比べると設計変数 X_1 が 1 ランクあがっただけで他の設計変数は最適解と同じ値であることがわかる。設計変数 X_1 は最上部の水平部材の断面積であり構造体積を増加させないようにするためには当然の結果であり、類似度の限界値以上の解の中で最も構造体積が小さな解を求めるという今回の提示手法の目的に合致した解となっている。また、 $L_h=1, 2$ では全く同じ解が得られている。類似度の尺度としているハミング距離が 1 の解には、最適解 ($L_h=0$ の解) と異なる特徴を有するような良好な解が存在しないことを意味している。 $L_h=3, 4$ も同様に同じ解が得られているが、最適解に比べて設計変数 $X_{1,2}$ が異なっている。さらに、 $L_h=5$ 以上になるとそれぞれの L_h ごとに異なる解が得られており、その構造体積 W は L_h が大きくなるにつれて大きくなるという納得できる結果となっている。同時に設計変数 $X_{1,2,5}$ が最適解と異なる値となっており、代替設計案として用いることが可能と判断される。代替設計案を『同時に』求めようとした表-2 の解に比較すると、表-3 の解は全般に構造体積 W 値が小さなものが多く、『個別に』代替設計候補を求めることの方が少々計算量が増えることを差し引いても意義があると思われる。

参考文献 1) 千々岩, 三原, 太田: 離散的最適構造設計への交配個体選択 GA の適用に関する一考察, 構造工学論文集, Vol.42A, 1996.3. 2) 三原, 千々岩, 兼松: scsGA を用いた代替設計探索のコンセプトについて, 平成 12 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, 2001.3. 3) 千々岩, 三原, 兼松: 代替設計探索手法に関する基礎的研究, 平成 12 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, 2001.3.

表-2 従来の同時法による解

L_h	W	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
0	6.8286	22.72	29.17	22.72	30.01	57.27	30.01
1	6.8530	25.16	29.17	22.72	30.01	57.27	30.01
2	6.9437	22.72	29.17	25.16	30.01	57.27	30.01
3	6.8869	25.16	30.01	22.72	30.01	57.27	30.01
4	6.9687	25.16	29.17	25.16	30.01	57.27	30.01
5	6.9347	29.94	30.01	22.72	30.01	57.27	30.01
6	6.9501	25.16	29.94	22.72	30.01	58.91	30.01
7	6.9979	29.94	29.94	22.72	30.01	58.91	30.01

表-3 本研究で提示した個別法による解

L_h	W	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
0	6.8286	22.72	29.17	22.72	30.01	57.27	30.01
1	6.8530	25.16	29.17	22.72	30.01	57.27	30.01
2	6.8530	25.16	29.17	22.72	30.01	57.27	30.01
3	6.8840	25.16	29.94	22.72	30.01	57.27	30.01
4	6.8840	25.16	29.94	22.72	30.01	57.27	30.01
5	6.9318	29.94	29.94	22.72	30.01	57.27	30.01
6	6.9501	25.16	29.94	22.72	30.01	58.91	30.01
7	6.9979	29.94	29.94	22.72	30.01	58.91	30.01