

## 代替設計探索手法に関する基礎的考察

第一復建(株) 正会員 千々岩浩巳  
九州共立大学工学部 正会員 三原 徹 治  
第一復建(株) 正会員 兼松建男

## 1. はじめに

土木構造物を対象とした設計は、決定すべき多くの変数を、与えられた制約条件を全て満足する組合せを探索する過程としてとらえることができる。これまで著者らは、与えられた制約条件を満足し、評価指標が最も優れている設計の組合せを探索する最適設計法の開発に関する研究を行ってきた。

さて、一般的に実際の構造物の設計では、最終的な設計の優劣を客観的に評価するために、幾つかの特徴的な複数の設計候補に対して主に経済性を評価指標とした比較・検討を実施する。この種の要請に対応するためには複数の特徴的な設計候補を自動的に抽出する必要があるが、最も高い評価指標を有する設計を探索することに主眼が置かれていたこれまでの最適化手法をそのまま用いても容易ではない。

本研究では、特徴的な代替設計案を自動的に探索する手法のコンセプト<sup>1)</sup>に基づき、10部材トラス構造の応力制約下の最小重量設計問題<sup>2)</sup>を対象に、提案手法の特性分析を行うとともに今後の課題について検討を試みる。

## 2. 数値計算例

数値計算の対象として、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<sup>2)</sup>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 $\sigma_L$ 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 $\sigma_L=-141.2\text{N/mm}^2$ に固定し、引張部材については限界値 $\sigma_U=170\text{N/mm}^2$ とした。

設計変数 $X_{1\sim 6}$ は各部材の断面積であり、JIS G 3444 から $X_{1\sim 3}$ は $22.72\sim 58.91\text{cm}^2$ の16種類、 $X_{4\sim 6}$ 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、断面積とそのランクを表-1に示す。

## 3. 数値実験結果

代替案を抽出する手法として、2つのアルゴリズムを検討した。世代毎の最良解を基準としてハミング距離による類似度判定を行う手法(「変更前」と、はじめに限界ハミング距離 $L_h=0$ として全体の最良解を算出し、その後その解を基準としてハミング距離によって類似度判定を実施する手法(「変更後」)である。

提案した手法の特性を分析するため、数値実験を試みた。計算条件として、個体数 $N_P=100$ 、計算世代数 $N_G=50$ 、突然変異確率 $P_m=0.10$ 、交配個体数 $N_S$ を $N_P$ の1割の10とし、ハミング距離 $L_h$ を0~5の6ケースについて計算を行った。ここで、 $L_h=0$ の場合は、提案手法はscsGAと同じ手法となる。

表-2に変更前と変更後の数値実験の結果を示す。表中の順位、NおよびTypeは、それぞれ目的関数の順位、最良解の設計と設計候補の設計組合せの異なっている数、類似する設計の種類を、表中の

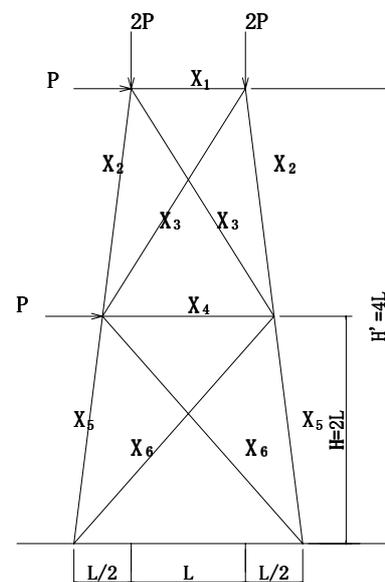


図-1 10部材トラス

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	-	-

注) Aは断面積(単位:  $\text{cm}^2$ )

キーワード: 代替設計, 最適設計, GA

連絡先: 福岡市博多区博多駅南3-5-28 Tel:092(431)724 Fax:092(461)2288

網掛けは各条件における最良解の組合せと異なる箇所を示す。また、I および II は、各条件における最良解と設計候補の距離 ( $L_j$ ) を表し、次式のように算出する。

$$L_j = \sum_{i=1}^6 (X_{i,j} - X_{i,1})^M$$

ここで、 $X_{i,j}$  は  $j$  番目の設計候補の  $i$  番目の設計変数のランクを示し、 $M=2$  の場合を I、 $M=3$  の場合を II とする。

表から、まず目的関数に着目すると、「変更前」に比べて「変更後」の方が、順位の低い設計と高い設計の差が小さいことがわかる。N の値も「変更前」の方が「変更後」に比べて小さく、最良解探索を導入することによって、最良解を中心に比較的質のそろった設計を探索していることがわかる。得られた設計の組合せの種類は、「変更後」の場合は最良解の比較的近傍の設計（異なる変数の数が 1~2 程度）が 4 種類得られているのに対して、「変更前」の場合では 6 個の変数の中で異なる変数の数が 3~5 の異なる組合せの解を多数得ることができており、世代毎の最良解を基準とする「変更前」の手法は、世代を更新するにつれて基準点が変化していくことによって、類似度の異なる複数の設計候補を探索していることがわかる。ただし、最良解と設計候補の距離は、目的関数や解の順位に対してこの指標の違いによる差は認められなかった。

図-2 に、「変更前」と「変更後」について目的関数と  $L_i$  の分布を示す。この図は、設計ランク空間における設計候補同士の空間上の距離  $L_i$  を用いて表現したものであり、「変更後」に比べて「変更前」の方が設計変数の組合せが大きく異なっているため、設計候補の分布のばらつきをある程度評価できることが確かめられる。

また、これまでの計算結果では  $L_i$  と目的関数には相関関係が認められない。これは、ここで定義している指標が設計空間上における設計変数のランクの差を単純に距離に変換して表現しており、設計変数の断面積と物理的な関係を持っていないことが原因の 1 つと思われる。

#### 4. おわりに

本研究は、特徴を持つ設計候補を自動的に抽出することを目的とし、その判定の指標としてハミング距離を採用し、数値実験から  $L_h$  を変更することによって自動的に特徴ある設計候補の一部を抽出することができたと考える。

今後は、この点を考慮して、得られた設計候補を評価できる手法への改良などの検討が必要と思われる。

#### 参考文献

- 1) 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, pp.A80-A81, 2001.3.
- 2) 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.

表-2 計算結果 ( $L_h=4$  の場合)

	順位	目的関数	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	N	Type	I	II
変更前	1	6.8597	1	6	1	7	15	7	—	①	0	0
	2	6.9530	2	7	1	7	16	7	3	②	3	3
	3	7.0421	4	7	2	7	15	7	3	③	11	29
	4	7.1525	5	6	4	7	16	7	3	④	26	92
	5	7.1601	10	6	4	7	15	7	2	⑤	90	756
	6	7.1984	10	7	1	7	15	8	3	⑥	83	731
	7	7.2610	3	6	4	7	15	8	3	⑦	14	36
	8	7.3085	6	2	9	7	15	7	3	③	105	573
	9	7.4066	5	7	2	11	15	8	5	⑧	35	131
	10	7.6301	3	1	16	11	15	7	4	⑨	270	3322
変更後	1	6.8841	2	6	1	7	15	7	—	①	0	0
	2	6.8847	3	6	1	7	15	7	1	②	1	1
	3	6.8869	2	7	1	7	15	7	1	③	1	1
	4	6.8875	3	7	1	7	15	7	2	④	2	2
	5	6.8957	4	6	1	7	15	7	1	②	4	8
	6	6.8985	4	7	1	7	15	7	2	④	5	9
	7	6.9242	5	6	1	7	15	7	1	②	9	27
	8	6.9270	5	7	1	7	15	7	2	④	10	28
	9	6.9319	6	6	1	7	15	7	1	②	16	64
	10	6.9326	7	6	1	7	15	7	1	②	25	125

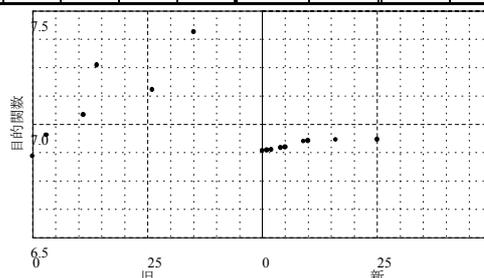


図-2 目的関数と  $L_i$  の分布