

代替設計探索手法に関する基礎的研究

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。これまでの最適化手法を用いてこの種の要請に対応することは、最も評価指標を満足する設計を効率的に探索することは比較的容易であるのに対して、複数の特徴的な設計候補を自動的に抽出することは容易ではない。

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²⁾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_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 $X_{1\sim6}$ は各部材の断面積であり、JIS G 3444 から $X_{1\sim3}$ は $22.72\sim58.91\text{cm}^2$ の 16 種類、 $X_{4\sim6}$ は $30.01\sim58.91\text{cm}^2$ 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

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 $L_h=0$ と 5 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_d) を表し、次式のように算出する。

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

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、 L_h の大きい方が順位の低い

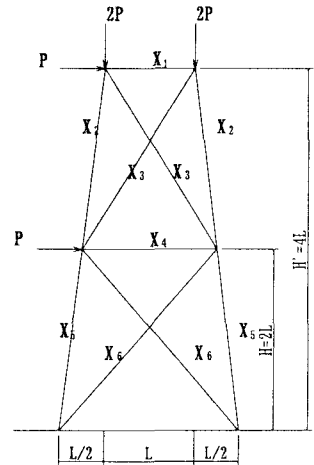


図-1 10 部材トラス

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: cm^2)

設計と高い設計の差が大きいことがわかる。N の値も、 $L_h=5$ の方が $L_h=0$ に比べて大きく、 L_h を導入することによって、類似度の異なる設計を多く探索することができることがわかる。得られた設計の組合せの種類も、 $L_h=0$ 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 7 種類得られているのに対して、 $L_h=5$ の場合では 6 個の変数の中で異なる変数の数が 3~4 の異なる組合せの解を多数得ることができており、類似度の指標として採用したハミング距離の有用性を確かめることができる。ただし、最良解と設計候補の距離は、この計算例では最良解よりも順位の低い解候補は設計変数のランクがすべて大きくなっているの、この指標の違いによる差は認められなかった。

図-2 に、 $L_h=0, 2, 3, 5$ の 4 ケースについて目的関数と L_h 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_h を用いて表現したものであるが、どちらの指標においても L_h が大きくなるに連れて、設計候補の分布がばらついていることが確かめられる。

また、これまでの計算結果から、 L_h 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。しかし、現在のところ、GA の世代毎の最良解を基準にして類似度を判断しているので、計算過程で類似と判断された設計候補と最終的な最良解との類似度の関係を適切に評価する手法とは言い難い点があり、これが結果の評価を困難にしていると考えている。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, 2001.3. (掲載予定)
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	順位	目的関数	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	N	Type	I	II
0	1	6.9437	1	5	2	7	15	7	—	①	0	0
	2	6.9465	1	5	3	7	15	7	1	②	4	8
	3	6.9681	2	5	2	7	15	7	1	③	2	2
	4	6.9687	3	5	2	7	15	7	1	③	5	9
	5	6.9709	2	5	3	7	15	7	2	④	5	9
	6	6.9715	3	5	3	7	15	7	2	④	8	16
	7	6.9776	1	7	2	7	15	7	1	⑤	5	9
	8	6.9804	1	7	3	7	15	7	2	⑥	8	16
	9	6.9984	1	5	4	7	15	7	1	②	9	27
	10	7.0020	2	7	2	7	15	7	2	⑦	6	10
5	1	6.8286	1	5	1	7	15	7	—	①	0	0
	2	6.9536	3	7	1	7	16	7	3	②	9	17
	3	7.0539	2	6	4	7	15	7	3	③	11	29
	4	7.0631	2	5	1	10	16	7	3	④	11	29
	5	7.0775	5	7	1	10	15	7	3	⑤	29	99
	6	7.0939	3	7	3	9	15	7	4	⑥	16	32
	7	7.1805	3	5	1	12	15	7	2	⑦	29	133
	8	7.2474	11	5	4	7	15	7	2	⑧	109	1027
	9	7.3113	11	6	1	10	16	7	4	⑨	111	1029
	10	7.3457	1	8	3	9	16	7	4	⑩	18	44

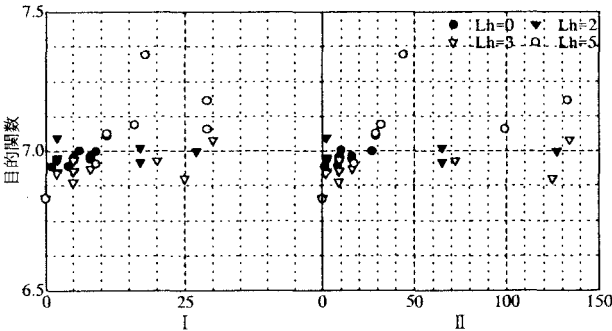


図-2 目的関数と L_h の分布