

防衛大学校 学生員 長屋秀和 正 員 香月 智 正 員 佐藤紘志
中部電力 非会員 諏訪政雄

1. 緒言

土木構造物の設計では、JIS 規格等により定められた規格品を用いることが多く、設計変数を離散値として取り扱うことが望ましい。このような問題に対して、最近では離散変数の組み合わせ最適化問題を取り扱える遺伝的アルゴリズムを用いる試みが数多くなされている¹⁾。筆者らは、関数化することが困難な設計要求を設計者が自主判断する対話プロセスを導入することで、柔軟に設計要求に対応することができる遺伝的アルゴリズムを用いた対話型最適設計法について検討してきた。本研究は、これを立体トラス構造の最適設計へ適用し、①形状と部材断面の同時最適化、②部材断面最適化先行の2段階最適化、③形状最適化先行の2段階最適化、という設計プロセスの違いによる設計値への影響を検討したものである。

2. 立体トラスの対話型最適設計法

本研究では、トラス構造の解析に立体骨組構造の弾性マトリクス構造解析法を用いる。図-1に対話型手法のシステム構成と設計計算の流れを示す。本研究の対話型手法とは、仮定された骨組形状と断面に対して断面力や変形量を求める順解析プロセスと、得られた順解析結果に対して断面力・変形量および総鋼材量などの希望値を示し、その希望に最も近い解を得られる順解析用入力データを遺伝的アルゴリズムによって探索する逆解析プロセスを設計者の判断を交えながら繰り返す手法である。この際の希望値への要求の強さや大小関係は表-1のような8種類の中から選択する。

3. 設計計算例と考察

3.1 計算条件

図-2に示す24部材立体トラス構造へ3方向から別々の場所に10.0tonf×2の荷重が作用している場合の設計を行った。目的を最小重量設計とし、制約条件として各部材の許容応力を引張側1500kgf/cm²、圧縮側1000kgf/cm²に設定する。設計変数として節点①～④はx, y方向へ±0.5m(5cm刻み)、節点⑤～⑧はx, y, z方向へ±0.5m(5cm刻み)で移動できるものとし、部材断面については表-2に示す既成形鋼リストの8種類から選択するものとした。また、形状の対称性を保たせるため、表-3に示すように節点を2グループにわけ、x方向、y方向、z方向へそれぞれの節点を相関させて変位させるものとし、部材断面については6グループにわけ、グループ内の部材断面が同一になるようにした。設計に際して、設計者は許容応力制約を満足して総鋼材量のなるべく少ない構造を望んでいるものとし、これに加えて形状の妥当性についても逐次に判断するものとする。

3.2 設計プロセスが解に及ぼす影響

本研究のプログラムは形状と部材断面の最適化を同時に行うことができるが、

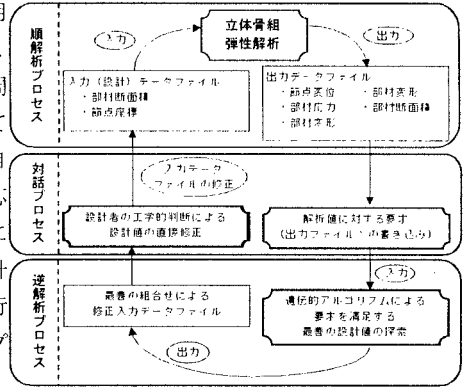


図-1 GAを用いた対話型最適設計のシステム構成

表-1 要求区分と記号

記号	要求区分
SE	要求値付近であることを‘強く’要求
SL	要求値より小さい値でかつ要求値付近であることを‘強く’要求
SG	要求値より大きい値でかつ要求値付近であることを‘強く’要求
HE	要求値付近であることを‘望む’
HL	要求値より小さい値でかつ要求値付近であることを‘望む’
HG	要求値より大きい値でかつ要求値付近であることを‘望む’
GT	要求値より小さくならないことを‘望む’
LT	要求値より大きくならないことを‘望む’
空白	希望なし

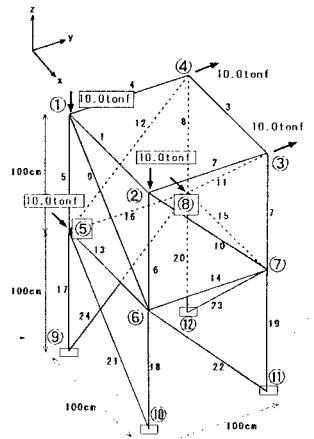


図-2 24部材トラス

キーワード：対話型、最適設計、立体トラス、設計プロセス

連絡先：〒239-8686 横須賀市走水1-10-20 TEL: (0468)41-3810 FAX: (0468)44-5913

両方を同時に行う場合、設計変数の総組み合わせ数が膨大になることや、対話的に解の改良を進めることが難しくなる。そこで、同一の問題を①形状と部材断面の同時最適化、②部材断面最適化先行の2段階最適化、③形状最適化先行の2段階最適化²⁾という3種類の手法による対話型最適設計を行い、それぞれの特徴に

表-2 既製形鋼断面リスト

番号	断面積 (cm ²)
1	8.73
2	10.55
3	13.62
4	17.00
5	19.00
6	22.74
7	29.76
8	34.77

表-3 グルーピング処理

節点移動量		部材断面積	
グループ番号	相関処理	グループ番号	グループ処理
1	①, ②, ③, ④	1	1, 2, 3, 4
2	⑤, ⑥, ⑦, ⑧	2	5, 6, 7, 8
		3	9, 10, 11, 12
		4	13, 14, 15, 16
		5	17, 18, 19, 20
		6	21, 22, 23, 24

ついて検討した。最終的な設計形状および応力分布を図-3, 4に示す。図-3 (a)に示す同時最適化では、第1層のフレーム位置が初期形状より下がった位置に移動し、末広がりな塔状構造となっている。この際、図-4 (a)の部材8, 10, 15, 22等がほぼフルストレス状態になっており、これらの条件を見る限り概ねフルストレス設計と判断できるものが得られている。図-3 (b)では、断面最適化を施した後に形状最適化を施す為、第2層のほうが第1層よりも大きいアンバランスな形状の最適解が得られた。この形状は決して望ましいとは思えないが、図-4 (b)の部材8, 10, 15, はフルストレス状態になっており、この形状を少し変化させた場合はオーバーストレスとなるため、やはりフルストレス設計として認めざるを得ない結果となる。図-3 (c)の形状最適化先行型では、形状最適化を終了した時点で節点①②と③④が近接するため第1, 3, 4, 9, 11部材を取り除いた19部材トラスに変更して、断面最適化を行ったものである。この場合の形状はバランスが良いが、応力状態を図-4 (c)で見ると、部材10, 15, はフルストレスであるが、他の部材のストレスは必ずしも図-4 (a) (b)の結果に比して厳しい状態とは言えない程度のフルストレス設計状態になっている。しかし、これらの総鋼材量を見ると、同時最適化が41420cm³、部材断面最適化先行タイプは38731cm³、形状最適化先行タイプは34313cm³と形状最適化先行タイプが最も少ない総鋼材量の最適解を見出していることがわかる。

4. まとめ

本研究では、筆者らが検討している対話型最適設計手法を適用し、設計プロセスの違いによる設計値への影響を検討した。その成果を要約すると次のようになる。

- ① 設計プロセスとして形状最適化先行の2段階最適化を行う手法が、バランスの良い設計値を効率的に探索することができる。
- ② 立体トラス構造は局所的フルストレス状態の設計解が多数存在するため、適切な段階で設計者が適度な要求を対話的に与える手法が有効である。

参考文献

- 1) AL (人工生命) 技術の構造システム最適化への応用に関する研究小委員会：新しい構造システム最適化手法-人工生命技術の応用-, 土木学会構造工学委員会, 1996.9
- 2) 構造工学シリーズ1 構造システムの最適化-理論と応用-, 土木学会, 1988.9

