

I-A120 遺伝的アルゴリズムを利用した立体骨組構造の最適設計

防衛大学校 学生員○長屋 秀和 正 員 香月 智 正 員 佐藤 紘志
中部電力技術研究所 非会員 諏訪 政雄

1. 緒 言

遺伝的アルゴリズムは離散変数の組合せ最適化問題を取扱えるので、既成形鋼によって作られる鉄塔構造の最適化問題に適している¹⁾。著者らは、関数化することが困難な設計要求を対話プロセスに任せることによって、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いる。本研究は、先に提案した平面トラスの最適化手法²⁾を立体骨組構造に拡張することを試みたものである。

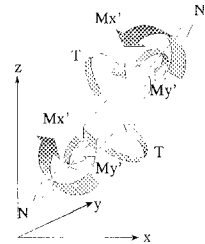


図-1 骨組要素に働く断面力

2. 立体骨組構造の対話型設計法

本研究の順解析部分は、立体骨組構造の弾性マトリクス構造解析法を用いる。すなわち、構造要素に働く断面力は、図-1に示す①軸力(N)、②2方向曲げモーメント(Mx' , My')、③ねじり力(T)が考慮されている。提案する対話型最適設計法とは、これをベースとして仮定された骨組形状と断面に対して断面力や変形を求める順解析と、得られた順解析結果に対して断面力や変形量および総鋼材量の希望値を示し、その希望値に対して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。図-2に提案手法のシステム構成と設計計算の流れを示す。この際、要求値の希望の強さや大小関係を表-1のような8種類の文字記号によって表す。ところで、骨組構造の設計においては、形状の対称性など、同一変量ではないが互いに相関性を保ちながらその設計変量を決定する必要がある場合がある。本研究では、この操作を2変数を決定する遺伝子番号を同一にした上で、変数の参照リストを別にする方法を提案する。例えば、図-3に示すような骨組構造の形状を左右対称に保持したい場合、節点②と③の位置座標は正負逆符合で同一絶対量だけ変化させる必要がある。この場合、図-4に示すように節点②と③の変位量を決定する遺伝子を同一にした上で正負逆符合を持つ変数リストを関連づけることによって可能となる。

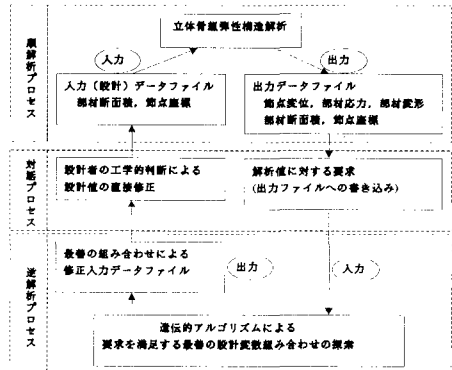


図-2 GAを用いた対話型最適設計のシステム構成

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

3. 設計計算例と考察

提案する対話的設計法により、図-5に示す2層24部材骨組構造の上部に、水平方向に5tonf×2の荷重を受ける構造の設計を行った。第1段階設計は、設計変数として節点①～④をx, y軸方向にそれぞれ±0.5m, 節点⑤～⑧をx, y, z軸方向にそれぞれ±0.5m移動する範囲の形状最適化を行った。なお、構造物は対称性を保持するように条件を与えた。GAによる逆解析の推薦値を図-6に示す。推薦値では、節点①と②が重な

キーワード：遺伝的アルゴリズム、対話型、最適設計、立体骨組構造

連絡先：〒239-8686 神奈川県横須賀市走水1 10-20 TEL:0468 41 3810 FAX:0468 44 5913

るため部材6と9は並列部材となる。このように、重複部材がいくつか生ずる。この状態を概観すると、節点①②③④はまとめた方が良いものと判断されるので、対話プロセスにおいて図-6中で□で囲った部材を削除して図-7に示すような16部材トラス構造に変更した。第2段階は部材断面について既成形鋼6種類による設計を行った。

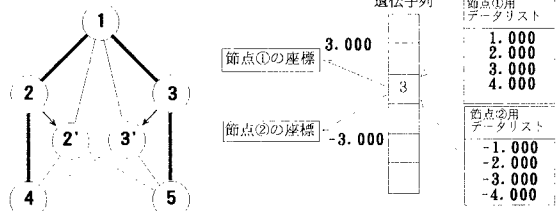


図-4 異データリストのリンク法

図-3 対称構造

図-8には図-5で示す初期状態での各部材ごとの鋼材量および応力分布を示す。初期設計では、幾何形状の均整がとれているので鋼材量の分布はほぼ均等であるが、低応力の部材が多く不均一である。図-9には図-6に示すGAの推薦値の鋼材量および応力分布を示す。この場合には第1層の各部材の鋼材量が多くなり、第2層の鋼材量が減少することがわかる。しかし、応力分布は初期設計のものよりも増加している。図-10には、第2段階目の設計結果を示す。各部材の応力が要求値にさらに近づいている。この結果、図-8、9、10の総鋼材量を見ると、 $5.2 \times 10^4 \text{cm}^3 \rightarrow 3.6 \times 10^4 \text{cm}^3 \rightarrow 1.8 \times 10^4 \text{cm}^3$ と設計段階の進捗に伴って顕著に軽量化が図られていることがわかる。

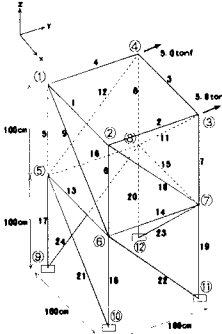


図-5 24部材立体骨組構造（初期値）

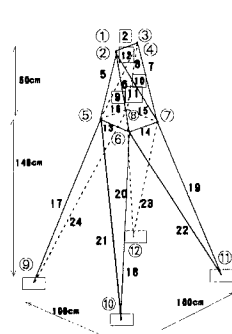


図-6 GAによる推薦値

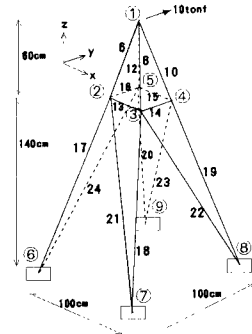
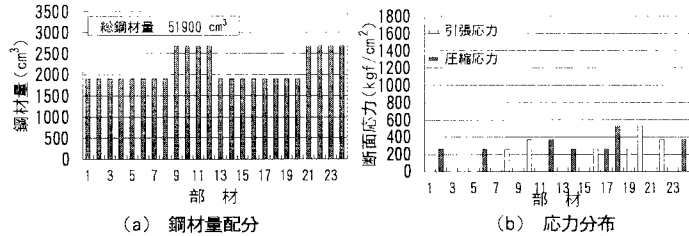


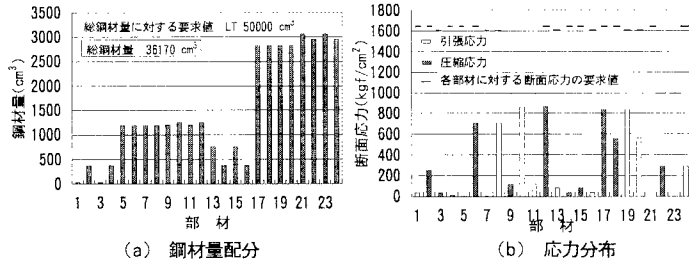
図-7 設計者による修正設計



(a) 鋼材量配分

(b) 応力分布

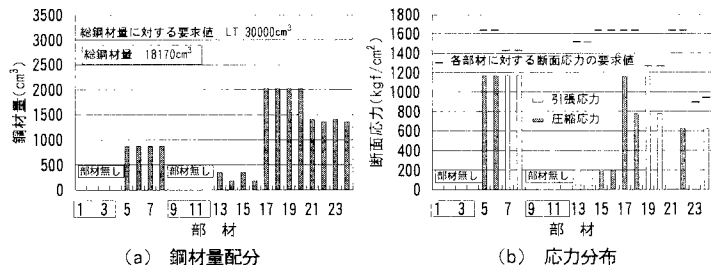
図-8 設計初期値の鋼材量配分と応力分布



(a) 鋼材量配分

(b) 応力分布

図-9 GAによる推薦値



(a) 鋼材量配分

(b) 応力分布

図-10 GAによる設計結果

参考文献

- 1) 吉田均, 杉本博之: 遺伝的アルゴリズムの構造工学への応用, 森北出版, 1997.
- 2) 長屋秀和, 黒木勇人, 香月智, 佐藤紘志, 松島学: 対話型トラス構造最適設計への遺伝的アルゴリズムの応用, 構造工学論文集 Vol.45, 1999.