

資源追加削減法における追加微少資源パラメータの決定

On the Small Additional Resource in the DORAR method

正 三木 光範 (同志社大工)

Mitsunori MIKI

Knowledge Engineering Dept, Doshisha University, Kyoto, Japan.

Key Words: Optimum Design, Distributed Algorithm, Parallel Optimization

学 池田 大樹 (同志社大院)

Taiju IKEDA

1 はじめに

離散構造物の最適設計に対して提案された資源追加削減法¹⁻²⁾(以下DORAR法と略記する)は、資源最小化問題に定式化できる非線形最適化問題に対して、任意の初期値から収束するロバスト性を有している。この方法は分散的なアルゴリズムのため、並列化が容易である長所を持っているが、微少追加資源量をどの程度にすれば収束性を改善でき、しかも得られる解の品質が良好かという課題が残されていた。本論文では、微少追加資源量に関する新しい提案を行う。

2 資源追加削減法(DORAR法)の概略)

ここでは離散的な要素を有するシステムの最適化問題を考える。目的はシステム全体として必要な資源の最小化であり、それは各要素の資源の和で表される。システムには要求される機能が制約条件として課せられている。それらは複数の全体制約条件と複数の局所制約条件である。設計変数は各要素の資源とする。多くの最適化問題はこうした問題に書き換えられる。離散構造の最小重量(体積)問題や最小コスト問題は、設計変数をうまく変換すれば資源最小化問題に変換できる場合が多い。

DORAR法のアルゴリズムは以下の手順で示される。

- 1) 各要素ごとに局所制約条件に関する資源余裕を評価。
- 2) 各要素ごとに全体制約条件に関する資源余裕を評価。
- 3) 上の資源余裕の最小値を各要素の臨界資源余裕とし、これを削減する。この処理を資源削減処理と呼ぶ。
- 4) 各要素に一定の微少な資源(以下 ΔR)を追加する。この処理を資源追加処理と呼ぶ。
- 5) 手順1)から4)を繰り返すことにより最適解を得る。

3 力学的離散システムへの適用

3.1 8節点15部材トラス構造物の最適化 最適化の対象は離散的要素から成るトラス構造物で、複数の制約条件下で、最小体積のトラス構造物を設計することとした。局所制約条件として各部材の引張応力、圧縮座屈を考え、全体制約条件として一つの節点変位を考える。設計変数は部材の体積である。ここでは、Fig. 1に示す8節点15部材トラス構造物の最小体積設計問題を考える。

ΔR はこれまで一定の値とされていた。ここでは、収束

性の向上と最適解の精度の向上の両者をめざして、 ΔR は一定とせず、比較的大きな値から段階的に低減させる方法を考えた。 ΔR の減少ルールは次の3種類の方法で設定した。 ΔR の初期値は、その時点でのシステムの全資源量の0.1%を用いた。

方法1: 総資源量の変化率が一定値以下になったとき、 ΔR を低減させる。

方法2: 設定した繰り返し数ごとに、 ΔR を低減させる。

方法3: 総資源量が増加することにより、 ΔR を低減させる。

以上の3種類の ΔR の減少ルールを用い、最適化を行った。

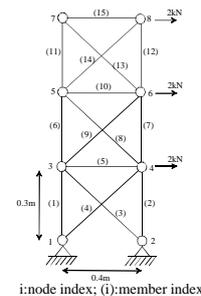


Fig. 1 15-member truss structure

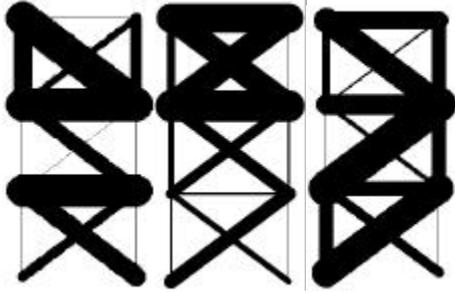
3.2 最適化の結果

20通りの初期値を乱数で与えた。ここでは、代表的な3種類の例を示して議論する。Fig. 2における初期値1-3を対象として方法1を用い、繰り返し数2000回での最適解1-3をFig. 3に、初期値1および初期値2,3からの体積履歴をそれぞれFig. 4, Fig. 5に示す。どの初期値からも全体積は計算の初期段階で急速に減少し、そののち緩慢な変化過程に入ることがわかる。著しく相違した初期値から出発したにも関わらず、全て発散せず良好な収束過程を示した。

初期値1については、Fig. 4より3種類の減少ルールとも同様の断面分布を示す良好な解に収束した。これらの解は、Fig. 3で示す方法1による最適解1と同様の形であり、遺伝的アルゴリズム(GA)による最適解と一致し、大域的最適解と考えることができる。

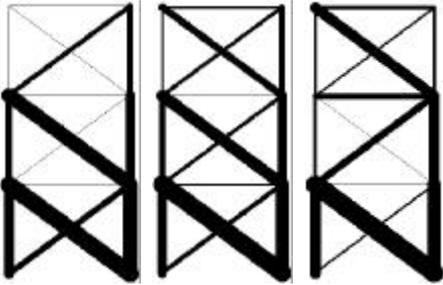
初期値2については、Fig. 5より3種類の減少ルールとも同様の断面分布を示す局所解に収束した。これらの解は、Fig. 3に示す方法1による最適解2と同様の形である。3種類の方法ともこれまでの収束過程で ΔR が微少な値に減少したため、これ以上繰り返し数を増加させても良好な解には収束しないと考えられる。局所解への収束は、負荷

を支持することに対しては無意味な部材（11,13 および 15 部材）が局所的に相互作用して荷重を分担し、消滅しないことが原因であると考えられる。



Initial config.1 Initial config.2 Initial config.3

Fig. 2 Initial distribution of the sectional areas



Final config.1 Final config.2 Final config.3

Fig. 3 Distribution of the sectional areas of members obtained by the Method-1

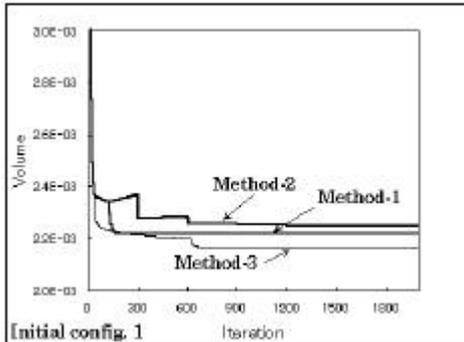


Fig. 4 History of the total volume (Initial config.1)

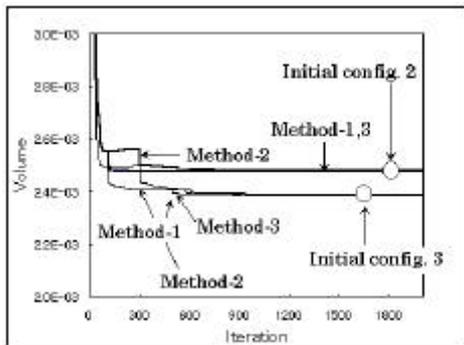


Fig. 5 History of the total volume (Initial config.2,3)

一方、初期値 3 は Fig. 5 より 3 種類の減少ルールとも同様の断面積分布を示す局所解に収束した。これらの解は、Fig. 3 に示す方法 1 による最適解 3 と同様の形である。

4 追加微小資源の新しい設定

4.1 増加ルールの提案 方法 1-3 で示した ΔR の減少ルールでは、Fig. 3 の最適解 2,3 のように局所解に陥る場合があった。このような局所解からの脱出を図るため、 ΔR を増加させる処理を加えた新しい変化ルールを考えた。

新しく提案する ΔR の増加ルールは、設定した繰り返し数間隔での総資源の変化量が一定値以下になると ΔR を増加させるというものである。このルールにより、局所解に収束し、 ΔR が微小になった後も、ある程度の大きさの資源を追加できることとなり、局所解からの脱出が期待できる。

4.2 増加ルールの適用 前節で提案した ΔR の増加ルールを、局所解に収束した Fig. 2 の初期値 2 に適用した。 ΔR の減少ルールは方法 1 とした。以下では、方法 1 に加えて増加ルールを適用する方法を方法 1+ とよぶ。

初期値 2 からの方法 1+ による体積履歴を Fig. 6 に示す。初期値 2 は ΔR の増加ルールを加えることで、局所解からの脱出が実現でき、Fig. 3 で示した方法 1 による最適解 1 の断面積分布と極めて類似した大域的最適解に収束した。

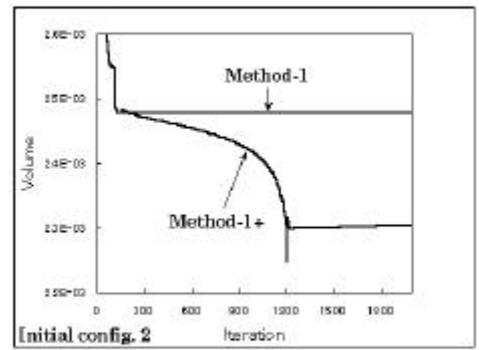


Fig. 6 History of the total volume obtained by the Method-1+

Fig. 3 で示した方法 1 による最適解 3 は、最適解 1 とは異なる断面積分布を持つ局所解であり、設計空間において大域的最適解との距離が遠く、方法 1+ では大域的な最適解への収束は実現できなかった。

5 結論

得られた結論は、以下の通りである。

- 1) ΔR の減少ルールについては、収束性と解の精度の両者の向上のため、ここで示した方法 1 が有効である。
- 2) さらに ΔR の増加ルールにより、局所解からの脱出がある程度可能となる。

6 参考文献

- 1) 三木光範, "並列分散最適化のためのアルゴリズム", 日本機械学会 第 2 回最適化シンポジウム, 1996
- 2) M.Miki, M.Furuichi, Y.Watanabe, "Smart Distributed Minimization of the Volume of Discrete Structure", AIAA-96-1584-CP, 1996