

1. 序論

最小重量設計を目的とする最適設計に対して、これまで種々の数理計画法、各手法が適用されてきたが、本研究に於て、SLP法、SUMT法、MFD法、直接法をいろいろの大きさのトラス構造物の最適化問題に適用する事によって、各手法の特徴、問題点について述べると共に、各手法による結果を比較する事によって、トラス構造物の最適化問題に於て、用うべき手法の選択に対して提案を試みるものである。

2. 最適化問題

最適化問題は次の様に定式化される。

制約条件

$$g_i(x) \geq 0$$

の下、目的関数

$$f(x) \rightarrow \min.$$

となる $x$ を求めよ。ここに $x$ は構造物の設計変数であり、 $g_i(x)$ は構造物に所定の安全性、有用性を確保する為設計変数に陰も含む関数であり、上記の様に不等式の制約条件の形となる。

3. 手法の概略

3.1 SLP法

この手法は各設計点に於て非線形の制約条件及び目的関数を線形化し、それにLP法を適用しその段階での近似解を求め、次の設計点を修正し同様の操作を繰返す事により最終的に最適値を求めようとする方法である。線形化された制約条件及び目的関数は次の様になり、最適化問題は、

$$g_i(x_0) + \nabla g_i(x_0) \cdot \Delta x \geq 0$$

の下

$$f(x_0) + \nabla f(x_0) \cdot \Delta x \rightarrow \min$$

となる $\Delta x$ を求めよといった問題になる。

3.2 SUMT法

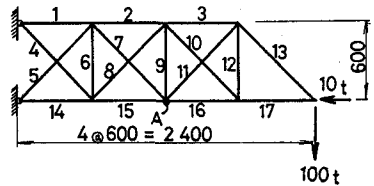
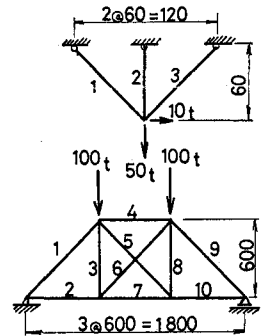
(1)の形の制約条件の付いた最適化問題を制約条件の付かない最適化問題に転換する方法が提案されているが、ここでは次のペナルティ関数法を用いた。

$$F(x, R) = f(x) + R \sum \frac{W_i}{g_i(x)}$$

この修正目的関数 $F(x, R)$ の極値を $R$ を逐次変化させて用いてゆく時  $R \rightarrow 0$ の時  $\min F(x, R) = \min f(x)$ となる。制約条件の付かない最小化法には現在最も収束の早いといわれている計量変化法を用いた。

3.3 MFD法

この方法は目的関数が減少する方向に設計変数を改良してゆけばいつかは目的関数の最小点に達するであろうとの考えに基づいた方法であり、設計点が実行可能領域にある時は次の式により、設計変数



$$x_{i+1} = x_i - \alpha \nabla f(x_i)$$

を改良し、設計点が制約条件の境界に達した時

$$S_i \cdot \nabla g_i(x_{i+1}) = 0$$

を満足する方向へ改良する方法である。

#### 4. 適用例

上記の方法を図示するトラスに適用した。これらのトラスの設計変数として、各部分の断面積をとり制約条件としては各部分の許容応力及び断面積下限に関するものを取り、目的関数は重量にとった。結果を表に示す。得られた結果は Fully stressed Designありこの場合最適値であった。

#### 5. 各手法の比較及び問題点

(1) SLP法は、図示の3つのトラスに適用した場合計算時間の面、収束の安定性の面に於て相対的に良好であった。収束の安定性の点に於て *move limit* が強力な武器であった。SLP法はアルゴリズムも比較的簡単であり適用に便利であると思われる。本研究に於て収束を早める為、設計初期点に前処理を施す事により、良好な結果が得られた。SLP法の残されている課題として少ない容量で解けるLPのアルゴリズムの関与がある。

(2) SUMT法は、その適用に当り、Rの初期値のとり方、減少のさせ方及び収束定数のとり方等に充分注意を払わなければならない。これらの値のとり方により収束しない場合もあり、SUMT法は収束の安定性に欠ける様に思われる。本研究に於て *Scaling* と同様の効果をもたらすであろう *Weighting* を各ペナルティ関数に付ける事により収束の安定性を保たせた。SUMT法は一番計算時間が長かったが、これはアルゴリズムの難易の事と収束の不安定性にあると思われる。

(3) MFD法は比較的アルゴリズムも簡単であり、適用に便利であると思われる。本方法の課題として  $S_{i+1}$  の選定の改良が挙げられる。

以上各手法には一長一短があり、その適用に当り注意すべき事項として次の事が挙げられる。構造設計を伴う最適設計問題に於て用いべき手法は再設計の回数か少ない手法が有効であると言え、その意味でSLP法、MFD法、SUMT法の順に適用に便利であると思われる。

3 Bars		SLP	SUMT	MFD	DS
1	150	10.87	10.88	10.87	10.87
2	200	30.77	30.77	30.77	30.77
3	150	10.00	10.00	10.00	10.00
Weight		28.39	28.40	28.39	28.39
Iteration, Time		9, 36	5, 840	6, 240	65, 480

10 Bars		SLP	SUMT	MFD	DS
1	150	138.65	138.65	138.72	139.52
2	150	76.92	76.92	76.99	86.45
3	150	20.00	27.14	20.02	21.38
4	150	105.56	110.82	105.76	107.22
5	150	20.00	20.00	20.00	20.81
6	150	20.00	20.00	20.00	20.17
7	150	76.29	78.29	76.29	81.95
8	150	20.00	27.14	20.00	23.60
9	250	202.03	202.03	202.17	204.15
10	150	76.92	76.92	77.04	84.32
Weight		4305.26	4406.56	4305.26	4470.43
Iteration, Time		22, 180	5, 3600	16, 480	195, 1380

17 Bars		SLP	MFD
1	500	295.29 ( 20.00	295.29 ( 20.00
2	500	164.73 ( 146.52	164.73 ( 146.52
3	500	144.01 ( 147.74	144.08 ( 147.78
4	500	116.29 ( 107.38	118.39 ( 108.40
5	500	20.00 ( 20.00	20.00 ( 20.00
6	500	20.00 ( 20.00	20.00 ( 20.00
7	500	20.00 ( 20.00	20.00 ( 20.00
8	500	93.40 ( 125.88	94.12 ( 125.90
9	500	20.00 ( 20.00	20.00 ( 20.00
10	500	120.92 ( 127.65	119.98 ( 127.65
11	500	20.00 ( 20.00	20.00 ( 20.00
12	500	20.00 ( 20.00	20.00 ( 20.00
13	500	108.79 ( 108.79	108.79 ( 108.79
14	700	465.89 ( 153.91	466.72 ( 153.91
15	500	422.65 ( 181.61	422.65 ( 181.61
16	500	175.41 ( 168.48	175.42 ( 168.48
17	500	157.14 ( 157.14	157.14 ( 157.14
Weight		12210.	8400.
Iteration, Time		33, 840	28, 1440

Unit kg cm<sup>2</sup> sec