

1. まえがき

トラス構造物の最小重量設計においては、一般に設計変数は連続変数として扱われ、離散変数とされることは少ない。実際の構造物は、既製形鋼か組合わせ部材から構成されるが、前者はそもそも離散値であるし、後者においては、組み合わせる板の厚さが離散値である。最小重量設計法を実設計の意思決定の一部にでも使おうとする時は、これらの離散性を考慮した方法が必要であるが、トラス構造物の最小重量設計において、既製形鋼の使用に関する研究はあるが、板厚の離散性を考慮した研究はない。

筆者はすでに、トラス構造物の最小重量設計に2段階最適化手法を応用し、構造レベルの最適化と部材断面レベルの最適化に分けた。また、部材断面レベルの最適化を最大荷重設計法と定式化することにより、容易に多くの断面形状および鋼種を扱えるようになることを示した²⁾。この部材断面レベルの最適化は、各部材毎に行われるが、部材断面寸法のみを設計変数とする、規模の大変小さな最適化問題なので、最大荷重設計法の定式化のもとで板厚を容易に離散変数として扱える。そこでは、最適値近傍の値を探索し比較するのみで良く、何等特別な手法を必要としない。そして、板厚を離散変数としてもその影響があるのは、部材断面レベルの最適化だけであり、構造レベルの最適化の設計変数は依然として連続変数として扱えるという特徴を持つ。

2. トラス構造物の最小重量設計の定式化

部材断面寸法および格点座標を設計変数とするトラス構造物の最小重量設計は、一般に次のように定式化される。

- i) 目的関数 : 総重量 $\longrightarrow$ 最小。
 - ii) 制約条件式 :
 - ・応力度に関する制約条件式。
 - ・製作、溶接性等から要求される断面寸法の幾何学的関係に関する制約条件式。
 - ・たわみ制限等、構造物の剛性に関する制約条件式。
 - iii) 設計変数 : 全部材の断面寸法および格点座標。
- 以上を原問題とする。

3. 2段階最適化による最小重量設計

上記の原問題は、以下のように構造レベルの最適化と部材断面レベルの最適化に分けることができる。

- (1) 構造レベルの最適化 2段階最適化においては、構造レベルの最適化は以下のように定式化される。

- i) 目的関数 : 総重量 $\longrightarrow$ 最小。
- ii) 制約条件式 :
 - ・応力度に関する制約条件式。
 - ・たわみ制限等、構造物の剛性に関する制約条件式。
- iii) 設計変数 : 全部材の断面面積および格点座標。

2段階最適化により、原問題の設計変数の断面寸法は断面面積に縮小されたわけであるが、板厚を離散変数にするしなにかかわらず、断面面積は連続変数として扱える。

- (2) 部材断面レベルの最適化 部材断面レベルの最適化は、各部材毎に行われる。

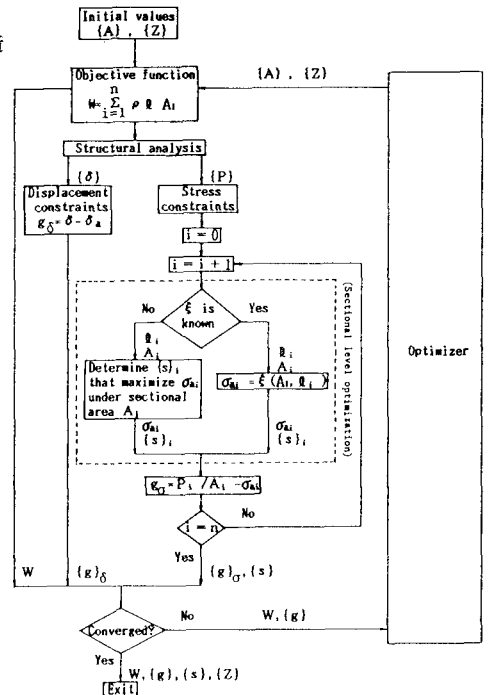


Fig.1 Flow chart of truss optimization.

i 部材の部材断面レベルの最適化は、構造レベルの最適化から与えられる部材断面積 A_i および部材長 l_i のもとで、許容応力度を最大にする断面寸法の決定という問題になり、以下のように定式化される。

i) 目的関数 : 許容応力度 $\longrightarrow$ 最大。

ii) 制約条件式 :

- ・部材断面積が構造レベルから与えられる値である。
- ・製作・溶接性等から要求される断面寸法の幾何学的関係に関する制約条件式。

iii) 設計変数 : i 部材の断面寸法。

この最適化問題の設計変数の数は、ただだか数個であるが、さらに式(a)により1減少する等規模の小さな問題となる。板厚を離散変数としても、特別な方法を用いることなく、単に最適値近傍の値の探索・比較のみで解を得ることができる。

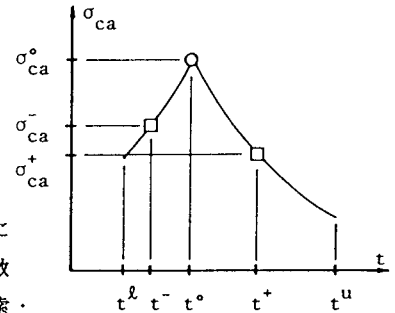


Fig.2 σ_{ca} - t of square box.

例えば、最も簡単な例であるが、正方形箱形断面の場合は設計変数は板厚のみとなる。この時、許容応力度と板厚の関係は、一般的にFig. 2 のようになる。 t^0 を連続変数の場合の最適板厚、 t^- 、 t^+ それぞれ t^0 の近傍の使用可能な板厚（離散値）とすると、 σ_{ca}^- と σ_{ca}^+ の両方を計算し、どちらか大きい方に対応する板厚を離散変数の場合の最適板厚とすれば良い。 t^l 、 t^u は式 (b) より計算される。

板厚の離散値は、mm ぎまみの値としても良いし、使用頻度の高い板厚の値³⁾を用いることもできる。

(3) 2段階最適化によるトラス構造物の最小重量設計の構成

2段階最適化による、部材の断面寸法および格点座標を設計変数とするトラス構造物の最小重量設計の流れ図をFig. 1 に示した。

全体が構造レベルの最適化と考えられ、それはオブティマイザー (Optimizer、実線で囲まれた部分)、構造解析 (Structural Analysis) および部材断面レベルの最適化 (Sectional level optimization、点線で囲まれた部分) より構成される。

4. 数値計算例

数値計算例として、Fig. 3 に示す 10 本トラスを設計した。断面形状は正方形箱形断面である。結果の総重量をTable に示した。cont. は板厚を連続変数とした場合、disc. A は板厚を mm 単位の離散変数とした場合、disc. B は使用頻度の高い板厚のみを使用した結果である。disc. A と cont. の結果はたまたま差がないが、離散性のより高い disc. B では多くなっている。また、下の数字は、連続変数として設計した場合の結果の板厚を、それぞれの離散変数の値に単純に切り上げた場合の総重量の値であるが、それぞれ上の値より、3%、8% 程度多くなっており、本研究の手法の有効性を示すものと思われる。

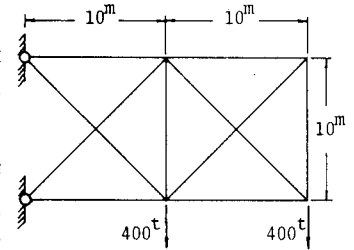


Fig. 3 10-bar truss.

Table Results (t).

cont.	disc.A	disc.B
27.08	27.09	27.33
(raised)	28.04	29.47

5. あとがき

組合わせ部材よりなるトラス構造物の最小重量設計において、筆者の2段階最適化手法を用いることにより、板厚の離散性を考慮できることを示した。そこでは、離散変数を扱うのは部材断面レベルの最適化のみであり、構造レベルの最適化における設計変数は連続変数であった。なお、板厚の離散性により、応力度に関する制約条件式は非連続となる。これによる収束性の検討等の計算例は当日発表する。

参考文献 1) 菊田征男・松井邦人・新延泰生：規格材料を部材とする構造物の最適設計、土木学会第41回年次学術講演会講演概要集、1986。 2) 杉本博之：任意形状の断面よりなるトラス構造物の最小重量設計、構造工学における数値解析法シンポジウム論文集、pp.251~256、1985。 3) 日本橋梁建設協会：' 8 1 J A S B C マニュアル デザインデータブック、1981。