

徳島大学 正 員 宇都宮英彦
 徳島大学 正 員 沢 田 勉
 徳島大学 学生員 尾ノ井幸尋

1. 序 論

構造物の最適設計の実用化において、当面する主な問題点として、電子計算機の演算時間の膨大化、解式の複雑化、最適解への収束の困難さ等が挙げられるが、これらは主に、目的関数、および制約条件式の複雑さと設計変数の数の増大に起因すると思われる。上述の問題点を解決する方法としては文献1)、2)の手法がある。文献1)は構造物を構成する部材断面に関して Suboptimization を行ない、各部材につき設計変数を1つまで減少せしめる手法であり、実際の最適設計においては非常に有効である。他方、文献2)は大規模構造物をいくつかの Substructure に分割し、各 Substructure の最適解を求めることにより構造物全体として最適設計を行なうものであるが、制約条件が後述するような Damping 効果を有する場合のみを扱っているため一般性に欠ける面がある。本研究では、トラス構造物を対象として、文献2)の手法を適用した場合について、Damping 効果を有しない制約条件をも考慮して最適設計を行ない、設計空間の低次元化をはかるとともに演算時間を減少させることを目的とする。

2. Substructure 分割の目的

一般に、構造物を最適設計する場合には、用いる数値計画法の選択によって問題点の性質やその解決方法も異なってくる。本研究では、反復線形計画法の使用を前提として問題点を解明していく。反復線形計画法を用いて大規模構造物を最適設計する場合に直面する問題点は、シンプレックス表の大きさに支配される演算容量と計算機の演算時間である。演算容量、すなわち設計変数と制約条件式の数の積によって作られるシンプレックス表は、その大きさが大きければ大まに演算時間は長くなり解の収束も悪くなって解析上好ましくない。したがって、これらの設計変数、および制約条件式の数をいかにして合理的に減少させるかが問題となるが、Substructure 分割はそのような問題点の1つの解決法となる。この方法は、構造物をいくつかの副構造物に分割することによりシンプレックス表の大きさを縮小し、最適問題の単純化、収束性の改良、および演算時間の短縮化をはかり、多部材トラスの最適問題を能率的に解くことを可能にする。

3. Substructure 分割.

与えられたトラス構造物をいくつかの Substructure に分割し、設計変数のベクトルも対応するサブベクトルに分割する。そして、考えている Substructure に含まれる設計変数(本研究では部材断面積のみを考えた)のみを変数とし、応力制約はその Substructure に含まれる部材に関するものだけを考え、目的関数についても同様にその Substructure に含まれている部材重量のみを考慮する。(変位制約条件式の場合は後述されるような Damping 効果が考えられないので全ての Substructure においてその制約を考慮する。)この際、他の Substructure に含まれる設計変数は一定としておく。このようにして、それぞれの最適解を順次計算する。ここで、制約条件式はその性質によって次の2つの場合に区別すれば効果的に最適設計できる。

1) Damping 効果を有する状態変数の制約が強い場合.

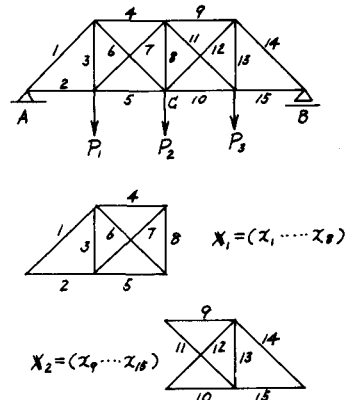


図-1

この種の状態変数としてはトラス構造物では、部材応力、部材壁厚等があるが、このような状態変数の制約が強い場合には、各Substructureにおいて求めた最適解は構造物全体の最適解に収束する。したがって、構造物全体の最適解は、各Substructureの最適化を繰り返すことにより求められる。

ii) Damping 効果も有しない状態変数の制約が強い場合。

この種の状態変数としてはトラス構造物では格点変位の制約があるが、この制約が強い場合について以下に説明する。(図-1, 2参照) 例として、図-1の15 barトラス構造物を2つのSubstructureに分割し、格点Cの鉛直変位を制約条件とし、設計変数のサブベクトルを X_1, X_2 とする。

図-2はこの場合の設計空間を図示したものであり、図において曲線Disは変位制約条件を、平行線群は目的関数の等高線を表すものとし、この場合の全体的な最適解を点Jとする。まず、初期ベクトル (X_1^0, X_2^0) のもと各Substructureを最適化する。すなわち、点A (X_1^1, X_2^1) 、点B (X_1^0, X_2^0) を求め、この点A, Bでの目的関数の大小関係より点Cを選び、点Cから同様にして順次点D, E, ……を求め、終局的に点Jに到達するように操作する。これは、局所的な最適解A, B, D等を求め、全体の目的関数がある程度変化しなくなったときを全体的な最適点とみなすもので、計算時間の減少のためにも近似的に局所的な最適解を求めてゆくのが効果的である。

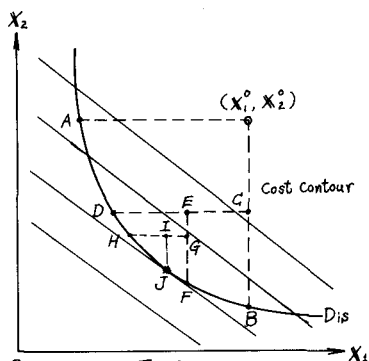


図-2

以上のように、制約条件式の性質によって(i), (ii)の区別を行ない、それによってSubstructureの最適解と全体としての最適解を関連づける。以上の数値計算の流れを図-3に示す。

4. Damping 効果

Damping効果についての一般的な数学的表現は現在では不可能であるが、一般に、多くの構造物においては次のような表現が可能である。すなわち、設計変数の変化が構造物の状態変数に与える影響は、変化する設計変数から遠くはなれた位置にある状態変数ほど小さい。これをDamping効果とよび、Dampingの割合は、主に構造形式、部材のスタフネス等に関連する。

トラス構造物においては部材応力に対してこの効果が期待できる。

5. 考察、およびおとがき。

本研究では、Damping効果も有しない制約条件も考慮して、Substructure分割に基づくトラス構造物の最適設計を行なったが、例とした構造物が小さいため、演算時間の減少等の利点はそれ程顕著にはみられず、図-1のトラスを一括して最適設計した場合の演算時間の約0.8倍程度であった。しかし、さらに大規模な構造物ではこの手法は有効になると思われる。

Substructure分割に基づく構造物の最適設計に対しては、現在まで体系づけられた理論はなく、Substructureの分割の個数、分割形式等の定式化も確定していない。本研究でも、これらの点については未解決であるが、今後明らかにする必要がある。

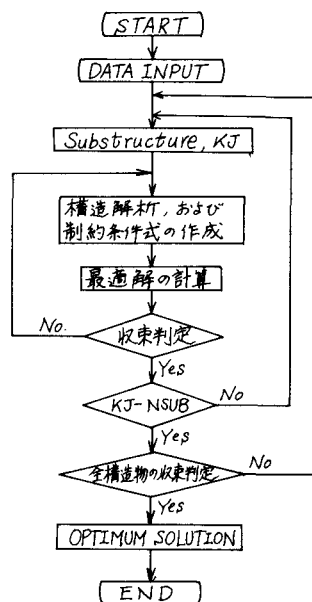


図-3

参考文献

- 1) 大久保 頌二 "土木構造物の最適設計法に関する研究" 土木学会論文集" 第177号, 1970年5月。
- 2) Uri Kirch, Max Reiss, "Optimum Design by Partitioning into Substructure" ASCE, Vol.98, No.ST1, 1972.