

構造形状に及ぼす設計条件の影響について

京都大学工学部 正員 白石成人
 京都大学工学部 正員 古田均
 日本国有鉄道 正員 ○北園茂喜
 京都大学大学院 学生員 入江新吾

1. まえがき

筆者らは最小重量の点からトラス構造物の形状に影響を与える要素について考察を加えてきたが、最適形状を考える場合、座屈条件が特に重要であることが判明した。座屈は実際の構造物の破壊の大きな原因ともなり、これを設計にどう取り入れるかは重要な問題である。そこで本論文では、座屈を制約条件式として直接的に取り扱う際の問題について考察し、その近似手法を提案する。また、形状は外荷重条件によって大きく影響され、より一般的な荷重として多荷重を考える必要がある。その場合、制約条件式が増大し、容量、計算時間、収束性に問題が生じるので、制約条件式の選択を行ない改善を試みる。

2. 座屈条件式の分離による節点座標の決定

制約条件として応力、座屈条件式をとり、また設計変数として部材断面積、節点座標をとる場合、座屈条件式のみを用いて節点座標を決定し、しかる後に既に得られた形状について応力の制約条件式を導入して部材断面積を修正する手法を考える。一つの節点に集まる部材の中に圧縮材が存在する場合、その節点の最適座標は、引張材よりも、むしろ圧縮材により大きく左右されると考えられる。即ち、このことは座屈荷重 P_c の式の形からも想像に難くない。この手法は制約条件式の減少にもつながり、次節以下で述べる制約条件式の減少の一つの手法にもなる。この手法のフローチャートを Fig. 1 に示す。数値計算の結果、節点位置はすべての制約を用いた場合の最適節点座標に近く、重量的には少し重くなっているが、計算時間は約 1/4 程度になり、この手法は有効と考えられる。

3. 制約条件式の取捨選択による制約条件式の減少

多荷重条件の場合、制約条件式の数が増大することは前述したが、ここでは長が提案した制約条件式の取捨選択手法を形状を求める問題に適用してその妥当性について言及する。この手法の概略は次のようである。「各段階において、その段階の初期値 \bar{x}^0 がその制約条件の境界の近傍もしくは境界の外になっている場合にだけ制約条件に採用する。」この手法をトラスで構成したテニターゲートに適用し、最適節点位置と部材断面積を求めた。最適化途中で選択した制約

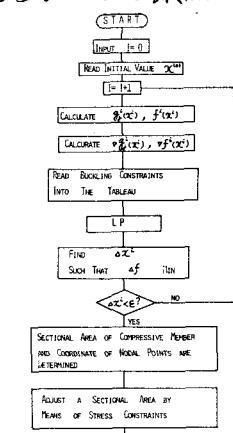
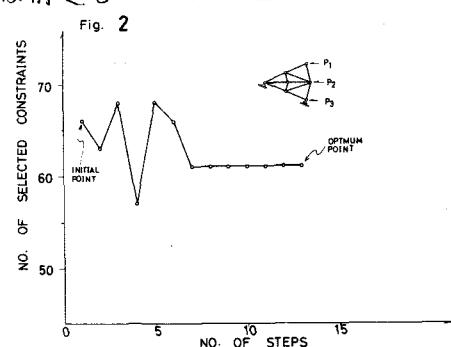


Fig. 1



条件式数を Fig. 2 に示す。数値計算の結果、計算時間の短縮は可能だが、その初期値が最適解から離っている場合、制約条件を選択することにより Adaptive Move Limit との関連によって最適解への到達が阻害される場合がある。

4. 移動荷重を受ける場合の最適構造形状

移動荷重を扱う場合、一般には影響線法が用いられる。しかし、節点座標が設計変数の場合、各ステップで座標が変化することから影響線法を用いることが困難となる。そこで本研究では移動荷重の代わりにスパンを分割し、分割した各束に移動荷重をかけ、々荷重として移動荷重を取り扱う。その際

、前述の制約条件の選択手法とは異なる二つの手法を用いて最適化を試みた。(1) 各部材について外荷重 $P_1 \sim P_n$

による部材力の中で、正と負の最大値(絶対値)を選び、制約条件式は各部材について最大三個(応力二個、座屈一個)の制約条件式に減少する。(2) 各部材についての制約条件(応力(引張・圧縮), 座屈)の中で、最も危険となる制約条件式を一個だけ用いて最適化を行なう。以上の二つの手法を移動荷重を受ける橋トラスに適用する。Fig. 3 に(1)の手法のフローチャートを示し、Fig. 4 に最適化途中の形

状と体積の関係を示す。数値計算の結果、両解法は同じ解に導かれ、その解は Fully Stress になっている。このことから両解法は妥当と考えられるが、制約条件として採用されない制約条件の影響についてさらに考慮が必要と考えられる。

5. 結論およびあとがき

本研究では、トラス構造物の最適形状を求める際に座屈条件を直接的に導入し、その取り扱い方、および々荷重条件の扱いについて論じた。その結果、座屈条件によって最適節点座標が大略決定されることが判明し、また、々荷重の場合、制約条件式を取捨選択して計算時間、容量をある程度減少させることができるものである。また、形状は外荷重系に大きく影響されることから、より実際的な荷重系を用いて形状を決定する必要があると考えられる。トラス構造物の形状に影響を与えるその他の要素として、使用鋼種、二次応力なども考えられ、これらが形状に与える影響とそれらの設計への取り入れ方について現在研究中である。さらに重量を減ずることにより、構造物の破壊確率が増加するので、最適形状の判断規準として破壊確率を導入する必要もある。なお、数値計算は京大型計算機センター、Facom M-190 を使用した。

<参考文献>

- (1) 白石、古田、北園「形状を考慮したトラス構造物の最適設計に関する考察」第3回 土木学会年次講演会概要集
- (2) 長尚「変断面連続ばかりの最適設計」第29回 土木学会年次講演会概要集

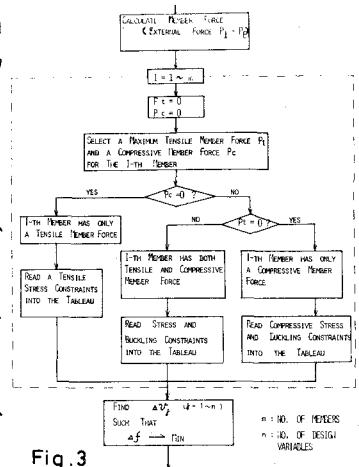


Fig. 3

Variation of The Total Volume of Truss with a Change in Optimizing Steps

