

固有周期と座屈荷重を極値化する立体トラスの設計法に関する研究

岐阜大学 学生員 ○ 佐藤 渉
 桜田機械工業 正会員 竹内 新二
 桜田機械工業 正会員 藤尾 武明
 岐阜大学 正会員 中川 建治

1. まえがき

本研究で対象とする構造物は、送電鉄塔のような立体トラス構造物であり、そのトラス構造物を全てピン結合とみなして解析を行う。目的は、『より頑丈な構造物を設計すること』であり、その目的に到達するために、動的見地と静的見地（座屈）の両面から検討する1つの最適設計方を提案するものである。そして、立体トラス構造物の簡単なモデルと実際の送電鉄塔を簡略化したモデルを設定して、解析を行った結果を示す。

2. 運動方程式による解析

構造物の運動方程式を定式化すると、一般的に次のようになる。

$$\begin{bmatrix} & & 0 \\ & M & \\ 0 & & \end{bmatrix} \ddot{X} + \begin{bmatrix} & & \\ & S & \\ & & \end{bmatrix} X = \begin{bmatrix} \\ \\ P \end{bmatrix}$$

ここで、
 [M] : 質量行列
 [S] : 剛性行列
 {P} : 荷重ベクトル

質量マトリックスとは、各節点に作用する質量の総和を示す。

節点ij（変位U(i,j), V(i,j), W(i,j)）を結合する部材（断面積Aij, 長さLij）の伸び（ ΔL_{ij} ）と軸力（Nij）の関係より、 $N_{ij} = (E \cdot A_{ij}) / L_{ij} \cdot \Delta L_{ij}$ となる。方向余弦を用いて表すと、

$$N_{ij} = \frac{EA_{ij}}{L_{ij}} (\cos \theta_{ijx} \cdot \cos \theta_{ijx} + \cos \theta_{ijy} \cdot \cos \theta_{ijy} + \cos \theta_{ijz} \cdot \cos \theta_{ijz}) (X_j - X_i) \quad \text{となる。}$$

この軸力をもとにして、釣合をとると、

$$\begin{Bmatrix} \Sigma X \\ \Sigma Y \\ \Sigma Z \end{Bmatrix} = N_{ij} \begin{Bmatrix} \cos \theta_{ijx} \\ \cos \theta_{ijy} \\ \cos \theta_{ijz} \end{Bmatrix} \quad \text{となり、}$$

これらをまとめて行列表示したものが剛性行列である。

剛性行列 (Stiffness matrix) は、因数分解すると $S = B^T G B$ と3つの要素行列の積で表され、行列B^TとBは方向余弦によって決まる幾何学的な行列であり、行列Gは剛性と長さを表す行列である。

このようにして作成された運動方程式を固有値の二乗和が最少になるように断面を決める。

3. 座屈問題

座屈問題も振動問題と同様な考え方で解析することができる。座屈方程式は次のようになる。

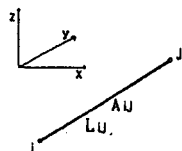
$$- \begin{bmatrix} & & \\ & S & \\ & & \end{bmatrix} X - P \begin{bmatrix} & & \\ & H & \\ & & \end{bmatrix} X = \begin{bmatrix} \\ \\ 0 \end{bmatrix}$$

この場合、アームの先端にケーブルの自重と風圧相当の荷重を作用させて座屈想定荷重としている。

4. 計算結果

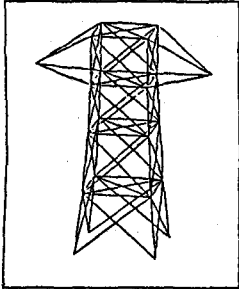
計算結果を、次ページに示す。計算例(1)が仮に設定した簡単なモデル、計算例(2)が実際の送電鉄塔を簡略化したものである。この棒グラフは各部材の断面積を示す。

支柱の部材について考察すると、静的見地によると上部バレット部材から下部バレット部材へ直線的变化をしているが、動的見地によると上部バレット部材は極端に小さくしてもよいという結果が得られた。



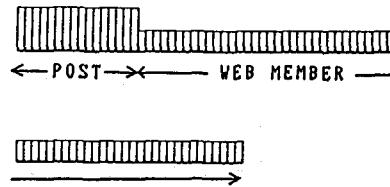
<<< EXAMPLE OF CALCULATION (1) >>>

SKETCH

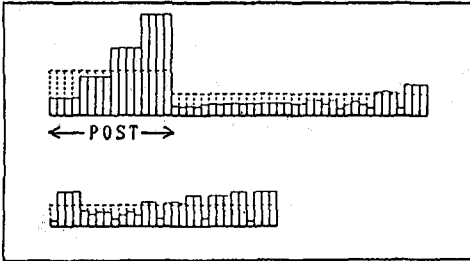


Members 80
Nodes 22

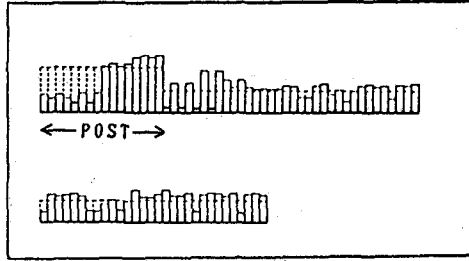
(FIRST ASSUMED AREAS).



<DYNAMIC>

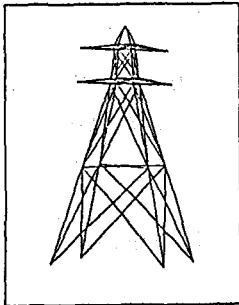


<BUCKLING>



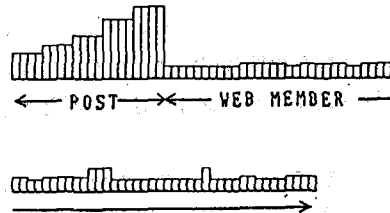
<<< EXAMPLE OF CALCULATION (2) >>>

SKETCH

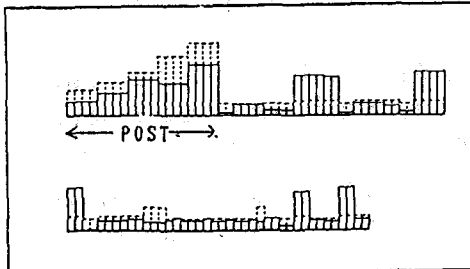


Members 90
Nodes 29

(FIRST ASSUMED AREAS)



<DYNAMIC>



<BUCKLING>

