

岩手大学工学部

○荒畑 智志

岩手大学工学部 正 員

岩崎 正二、出戸 秀明

日本電炉(株)

廣田 剛志

1. まえがき

台風時の風荷重による送電用鉄塔の倒壊例が報告されている。送電用鉄塔の崩壊までの変形挙動を把握するためには、複雑な降伏条件式を用いた材料非線形解析と、大変形などの幾何学的非線形解析を同時に考慮した複合非線形解析が必要である。このような複合非線形解析は有限要素法を用いて行うのが一般的であるが、理論も複雑で計算に膨大な時間と容量をとるため、実物大の解析を行うことが大変困難である。

そこで本研究では実物大の鉄塔モデルの最大耐力とその時の変位を簡単に求める方法として、著者等が提案した平面骨組構造部材の局部座屈を考慮した剛性マトリックス法による簡易型弾塑性解析¹⁾を採用した。鉄塔斜材接合部の剛性は、母材の剛性よりも小さい半剛結特性の性質を有することが実験結果²⁾により報告されていることから、この斜材接合部にバネモデルを用いたモデル化を行った。ここでは送電用単独鉄塔を簡単な2次元骨組構造にモデル化し、提案した簡易法により解析を行い半剛結接合部の耐荷力に及ぼす影響について検討したので報告する。

2. 解析方法

本研究で用いる簡易型平面骨組弾塑性解析プログラムは、弾性解析、弾性限界荷重の算出、弾塑性解析の3つの過程から成り立っており最終的には崩壊荷重を算出する。弾塑性解析では荷重増分法を用いて繰り返し計算を行い、降伏応力度や座屈応力度を超えてしまった部材については、それぞれ弾性時の剛性マトリックスを、塑性時や座屈時の剛性マトリックスに変えて計算を行った。その際、座屈部材の剛性評価法として座屈部材は全く力を受け持たないとする簡易法(a)と、軸力に対してのみ抵抗しないとする簡易法(b)を採用した。

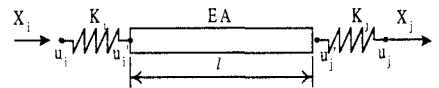


図-1 バネ要素を含むトラス要素

また半剛結接合部のモデル化は図-1のように接合部の軸方向にバネ要素を導入することで考慮し、次式のように表すことが可能³⁾である。ただし K_i 、 K_j はバネ定数である。

$$\begin{Bmatrix} X_i \\ X_j \end{Bmatrix} = \alpha \begin{bmatrix} \frac{EA}{l} & -\frac{EA}{l} \\ -\frac{EA}{l} & \frac{EA}{l} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_i \\ u_j \end{Bmatrix} \quad \alpha = \frac{1}{1 + \frac{EA}{lK_i} + \frac{EA}{lK_j}} \quad (1)$$

本報告の数値計算例ではバネ定数の値を決定するにあたり、藤村ら²⁾が提案した半剛係数（母材と接合部の剛性の比）の考え方を採用し、半剛係数として0.12を使用することにした。

3. 解析モデル

解析モデルは高さ75.4mで図-2に示すような形状を有する121部材59節点の平面骨組構造である。鉄塔斜材部を剛接合とした場合と半剛結接合とした場合の2種類を考え、それぞれ簡易法(a)、簡易法(b)の2種類の解析を行った。この解析モデルの初期荷重として風速50m/s時の風荷重とし、計算に際して用いる歪硬化係数は0.03とした。

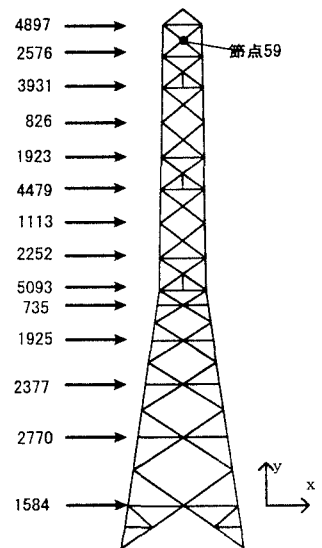


図-2 解析モデルと初期荷重(kgf)

4. 解析結果と考察

鉄塔上部である節点 59 の X 方向の荷重-変位図を図-3 に示す。横軸は変位、縦軸は作用している風荷重を示している。また、構造物全体の荷重を少しずつ増やしていった時の変形図を、鉄塔斜材接合部が半剛結の場合の簡易法(a)の結果を図-4 に示し、鉄塔斜材接合部が半剛結の場合の簡易法(b)の結果を図-5 に示す。

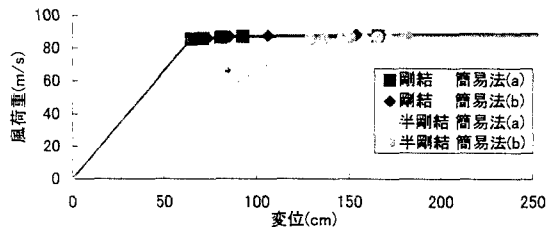


図-3 荷重-変位図 鉄塔上部(節点59, X方向)

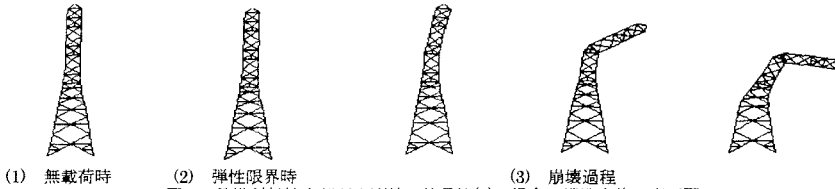


図-4 鉄塔斜材接合部が半剛結で簡易法(a)の場合の構造全体の変形図

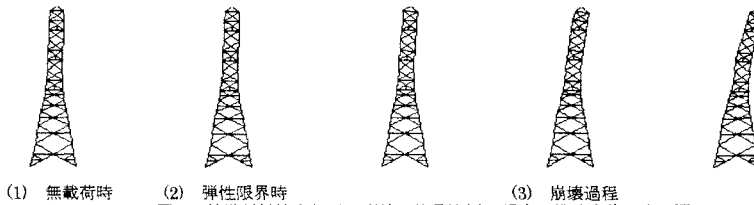


図-5 鉄塔斜材接合部が半剛結で簡易法(b)の場合の構造全体の変形図

図-4、5 から実大モデルでは弾性限界荷重に達すると鉄塔上部にあるダブルワーレン部分の中央部が局部座屈を起こし、構造物の剛性は急激に低下し構造物が崩壊に至った。また図-3 から鉄塔斜材接合部が剛結と半剛結の場合では最大耐力は半剛結のほうが若干小さい値を示し、その時の変位は剛結の場合に比べて約 2 倍大きな値を示した。これは半剛結部分に変形することで荷重を吸収しているためと考えられる。

また図-4、5 に示すように、弾性限界荷重時以降の変形挙動は、簡易法(a)では鉄塔上部が折れ曲がるように、簡易法(b)では全体的に鉄塔が曲がるように変形挙動を示した。実際の鉄塔報告例によると簡易法(a)の結果の方がより現実に近い崩壊挙動を示していることがわかった。

5. あとがき

本解析プログラムでは部材節点間の大変形については考慮せず、圧縮部材については座屈するしないだけで剛性マトリックスの簡略化を行い構造物全体の变形を追う方法を採用している。従って、厳密な複合非線形解析が適用しづらい今回用いたような部材数の多い実大鉄塔モデルに対しては有効な手法と考えられる。

今後の課題として簡易型 2 次元弾塑性解析については、座屈や降伏した部材の取り扱いや、接合部のバネ要素に 2 重節点を用いるモデル化などの検討が必要と思われる。また、実際の鉄塔は立体骨組構造物であることから、今後は本解析手法を平面骨組解析プログラムから立体骨組解析プログラムに拡張し、架渉線と送電用鉄塔からなる連成系のプログラムに拡張していきたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 荒畑 智志, 岩崎 正二, 宮本 裕, 鈴木 慎一: 局部座屈を考慮した送電用鉄塔の簡易型弾塑性解析, 平成 10 年度土木学会東北支部技術発表会講演概要, 1999
- 2) 金多 深, 藤村 和男: ボルト接合部の剛性に関する実験的研究, デンロ技報, No.2, January, 1986
- 3) 伊藤真喜央, 岩崎 正二, 宮本 裕, 藤村 和男: 送電用鉄塔の 3 次元支点沈下解析, 平成 7 年度土木学会東北支部技術発表会講演概要, 1996