

架渉線の幾何学的非線形性を考慮した送電用鉄塔の3次元応力解析

岩手大学大学院	正 員	岩 崎 正 二
岩手大学工学部	正 員	宮 本 裕
岩手大学工学部	学 生 員	馬 場 彰 文
岩手大学工学部	正 員	出 戸 秀 明
日本電炉株式会社	鉄塔事業部	布 野 豊

1. まえがき

近年、送電容量と通信量の増大に伴い送電用鉄塔や支線式鉄塔の大型化が見られるが、このような傾向は鉄塔—架渉線からなる連成系の変形性状に少なからず影響を与えるものと考えられる。特に送電用鉄塔は架渉線により隣接鉄塔とつながれており、これらの構造物の力学的挙動は、お互いに影響を受け合い、独立した構造物の挙動とは異なるものになると考えられる。本研究ではこのような状況をふまえて架渉線の幾何学的非線形性を考慮した鉄塔—架渉線からなる連成系の応力解析を行い、鉄塔への架渉線の幾何学的非線形性の影響を明らかにすることである。

2. 解析理論

送電用鉄塔は、曲げ剛性が微弱で引張力による幾何学的非線形剛性が支配的な架渉線とつながれ、その不平均張力により塔体部にねじれが生じる構造であるため、その力学的挙動を明らかにするためには3次元解析が必要である。本研究で作成したプログラムでは鉄塔を線形系に、架渉線を張力により剛性が変化することを考慮した幾何非線形系に置き換えて解析を行う。鉄

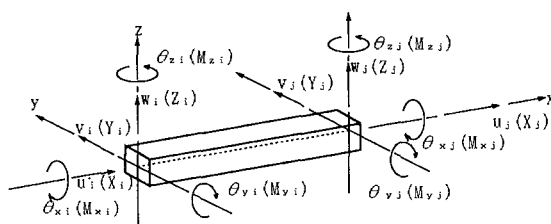


図-1 節点変位と節点力

塔の剛性マトリックスは図-1に示すような梁モデルを使用する。架渉線については幾何学的非線形性を考慮するときいくつかの要素に分割し、各要素を式(1)に示すような等価バネにモデル化する。自重による初期釣合状態は、架渉線の変形曲線を放物線と仮定して架渉線重量、初期導入軸力および鉄塔の変形量を考慮して繰り返し計算により求める。

$$[f_i] = [K_i'] [d_i] \quad (1)$$

ここで

$$[K_i'] = [K_{Ei}'] + [K_{Gi}'], \quad [K_{Ei}'] = \left[\frac{E_c A_i}{L_{0i}} \right], \quad [K_{Gi}'] = \left[\frac{F_i}{L_{0i}} \right], \quad F_i = \frac{E_c A_i}{L_{0i}} (L_i - L_{0i})$$

K_{Ei}' : i 番目の要素で構成される弾性剛性マトリックス

K_{Gi}' : i 番目の要素で構成される幾何学的剛性マトリックス

d_i : i 番目の要素の両端変形量で構成される柔性マトリックス

f_i : i 番目の要素の両端に加わる荷重

E_c, A_i : 架渉線のヤング率と断面積

L_{0i} : i 番目の要素の初載荷時の長さ

F_i : 変形後の i 番目の要素に生じる軸力

L_i : 変形後の i 番目の要素の長さ

プログラムのフローチャートを図-2に示す。演算時間を短縮するためマトリックスの演算を行う場合、マトリックス圧縮法を使用した。マトリックス圧縮法では入力された構造物を部分構造に分け、それぞれの部分構造の結合点で成り立つ平衡方程式を解くことにより、巨大なマトリックスを直接解かず、部分マトリックスごとに演算を処理する方法である。

3. 解析モデル例

立体骨組モデルは、鉄塔を構成するすべての部材を表し得るので鉄塔の数値モデルとして、もっとも精密なモデルである。立体骨組モデルに必要なとされるデータは、節点座標、部材の材料物性、断面定数などであり、モデル化のための特別の検討を要しない。立体骨組モデルは計算容量、計算時間が多大となるので、始点、終点鉄塔については等価ビームに置換する方法を使用した。この方法は鉄塔を変断面直立梁と考え、高さ方向にいくつかの区間に分割し、それ

図-2 フローチャート

それぞれの区間は一定あるいは線形変化する断面定数（曲げ剛性、引張剛性など）を有している一本のはりで表されると仮定する方法である。本研究の解析モデルとして鉄塔3基とそれにかかる架空地線6本と電力線12本の構造データを使用した。No.1、No.3鉄塔は1基につき22部材23節点、No.2鉄塔は177節点、384部材とし、架空地線は1本につき10部材11節点でモデル化した。鉄塔の高さ、配置図を図-3に示す。また架空地線の計算に使用した数値は表-1に示す。

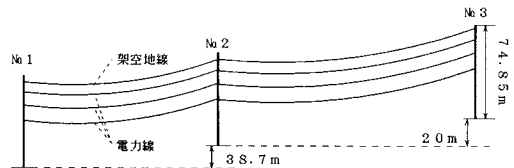
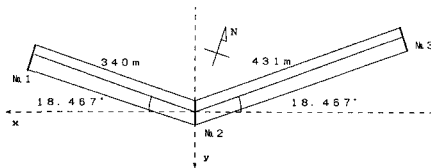
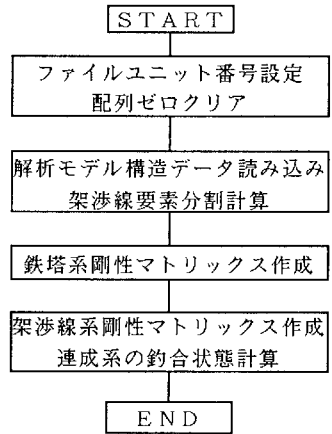


図-3 鉄塔配置図と鉄塔間高低差図

表-1 架空線データ

	架空地線	電力線
断面積 (mm ²)	167.8	480.75
単位長さ重量 (kg/m)	0.8614	1.545
弾性係数 (kg/mm ²)	11100	7420
弛度 (サグ比) (m)		
No.1 - No.2 間	8.17	11.56
No.2 - No.3 間	13.56	17.67

表-2 解析結果

	(ton)		
	従来設計	単独系	連成系
①	-22.53	-21.75	-15.33
②	35.97	36.69	33.83
③	-41.31	-41.22	-32.24
④	61.17	61.03	54.87
⑤	-7.68	-9.24	-10.64
⑥	0.07	0.54	0.71
⑦	2.86	2.86	2.4
⑧	0.09	-0.58	0.08

4. 解析結果

図-4に示すNo.2鉄塔の①から⑧点の軸方向応力について本手法と他の解析手法を比較した結果は表-2のようになった。表中の従来設計、および単独系の解析方法は、架空線両端にかかる力を架空線単独で計算し、それらの力を単独鉄塔に与え計算する方法である。これらの結果より本手法では腕金取り付け部直上の斜材で従来設計法、および単独系の解析結果を上回る応力が認められた。

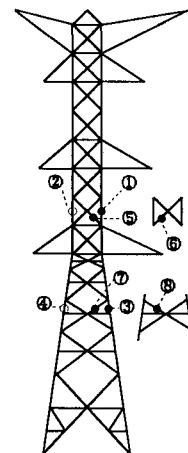


図-4 No.2鉄塔の応力検討点