

鉄塔と架渉線からなる連成系構造物の動的三次元解析

岩手大学工学部 学生員 ○伊藤真喜央
 岩手大学工学部 正 員 岩崎 正二
 岩手大学工学部 正 員 宮本 裕
 日本電炉（株） 鈴木 慎一

1. まえがき

兵庫県南部地震は、大都市を襲った直下型地震であり、建物ばかりでなく送電用鉄塔などにも被害をもたらした。そのため各方面で、送電用鉄塔や無線鉄塔などの大地震時の耐震性の検討が進められている。特に送電用鉄塔は、高さ方向に重量が連続して分布する塔体部と腕金部、踊場、梯子等の付帯設備や剛性の低い架渉線（電力線、架空地線）からなっており、これらの組み合わせの違いと配置高さによってその力学的挙動が異なるものと考えられる。さらに、鉄塔本体は架渉線を介して隣接鉄塔と連結しているためお互いに影響を受け合い地震時には単独系の構造物とは異なる力学的挙動を呈するものと考えられる。そのため、送電用鉄塔の動的解析にあたっては、鉄塔単体としてのモデル化ばかりでなく、鉄塔と架渉線との連成作用を考慮したモデル化による検討も今後必要と思われる。

本解析では、最初に単独鉄塔及び鉄塔－架渉線からなる連成系構造物の三次元固有値解析を行い、得られた固有振動数を比較することにより架渉線が鉄塔に及ぼす影響を明らかにする。耐震安全性評価のためには、大地震時における動的応答性状の把握が不可欠のため三次元地震応答解析を行った。

2. 固有値解析及び時刻歴応答解析

鉄塔部分を構成する線材要素は弾性範囲内で微小変形するものと仮定する。梁要素を図－1に示すような要素両端に12自由度を有する梁モデルとすると、要素の剛性方程式は以下になる。

$$F = [K]u \quad (1)$$

ここで、 F 、 u は要素の材端力ベクトル、材端変位ベクトルを表し以下になる。

$$F = \{X_i \ Y_i \ Z_i \ M_{xi} \ M_{yi} \ M_{zi} \ X_j \ Y_j \ Z_j \ M_{xj} \ M_{yj} \ M_{zj}\}^T$$

$$u = \{u_i \ v_i \ w_i \ \theta_{xi} \ \theta_{yi} \ \theta_{zi} \ u_j \ v_j \ w_j \ \theta_{xj} \ \theta_{yj} \ \theta_{zj}\}^T$$

また、 $[K]$ は一般に立体骨組構造解析に使われている要素剛性マトリックスである。

ケーブル構造に際しては要素をトラスとして解析を行い、また幾何学的非線形性を考慮した解析⁽¹⁾も可能である。

固有値解析プログラムのフローチャートを図－2に示す。

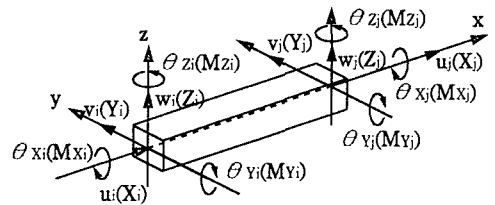
なお固有値は次式をハウスホルダー法で解くことにより求めた。

$$\{[K] - \omega^2[M]\}[Z] = 0 \quad (2)$$

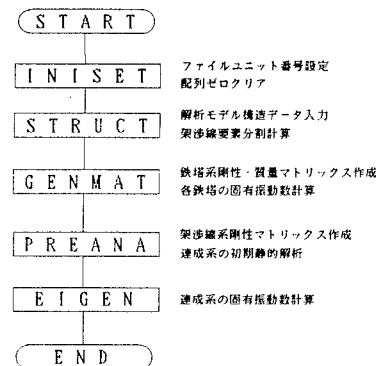
ω ：固有値

$[Z]$ ：固有ベクトル

$[M]$ ：質量マトリックス



図－1 梁モデルの節点変位と節点力



図－2 解析フローチャート

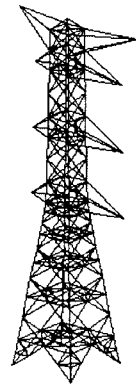
地震波に対する構造物の時刻歴応答解析法にはモーダル法と逐次積分法の2つの方法⁽²⁾があり、単独鉄塔に対してはモーダル法、鉄塔－架渉線連成系構造物には逐次積分法を採用する。

3. 解析モデルと解析結果

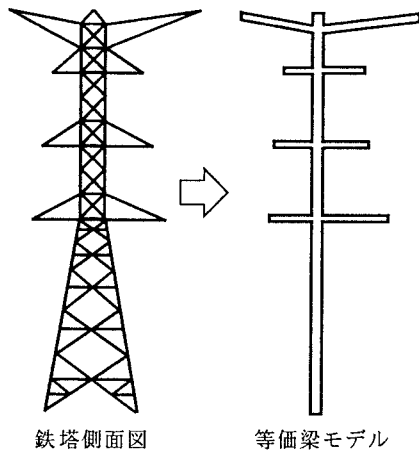
鉄塔をモデル化するにあたっては、図－3に示す鉄塔を図－4に示すように各パネル毎に等価梁にモデル化した。解析モデルは節点数41、部材数40である。減衰定数は0.01を採用した。質量マトリックスの作成にあたっては、集中質量法を用い、質点数は40である。解析モデルの節点番号を図－5に示す。

時刻歴応答解析にあたって採用した地震波は、兵庫県南部地震の神戸海洋気象台でのNS波である。地震波の卓越周期は、水平動(NS波)で0.74Hzである。解析時間は0.01秒刻みで、20秒間解析を行った。

表－1は固有値解析から求めた1次固有振動数と時刻歴応答解析より求めた最大応答変位を示す。鉄塔－架渉線連成モデルの解析結果については当日発表する予定である。



図－3 検討鉄塔
(塔高：68.2m、最下塔体幅：11.4m)

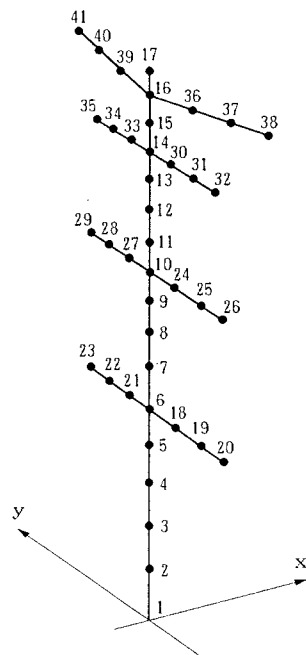


図－4 等価梁モデル概念図

表－1 解析結果

方向	1次固有振動数(Hz)	最大応答変位(m)
x	0.9924	1.100 (37)
y	1.0244	0.768 (37, 40)

()内は節点番号



図－5 解析モデル

【参考文献】

(1) 金多潔、藤村和男：鉄塔－架渉線連成系構造物の動力学的特性，デンロ技報，NO.19 July 1994
(2) 藤村和男：阪神大震災を踏まえた送電鉄塔及び無線鉄塔の耐震診断に関する報告，デンロ技報，NO.21 July 1995