

鉄塔構造における耐震性と耐風性の比較検討

広島大学大学院 学生会員 ○中山 健
 広島大学大学院 フェロー会員 中村 秀治
 広島大学大学院 正会員 藤井 堅

1. 本研究の目的

現行の耐風設計法で建設された送電鉄塔は、同時に十分な耐震性能を有するものと考えられている。上部構造に関する限り、地震で損傷を受けた事例の殆どは基礎の不同変位などによるものであり、地震時の加速度のみで倒壊に至った事例はほとんど見当たらない。しかしながら、阪神淡路大震災以来、特に基幹送電線路のような大型鉄塔について、耐風・耐震両性能についての比較検討の必要性が指摘されている。本報告では、275kV クラスの鉄塔について、地震荷重として3つの時刻歴加速度波形を作用させて動的解析した結果を示し、また、現行の設計における静的風荷重を作用させた結果を示した。

2. 本研究の解析手法

本報告では3種類の地震荷重に対しては、事前の調査から鉄塔構造に関しては5次モードを超えるモードはその影響が少ないことが確認できたことから、5次までのモード解析法を用いて動的応答解析を行い、風荷重に対しては梁要素を用いた静的解析を行った。

解析モデルとして用いる鉄塔は、Fig.1 のモデル(c)に示すような高さ59(m)の鋼管部材からなる超高压送電鉄塔である。この鉄塔の高さを変えていきモデル(a)～(e)の全5モデルの鉄塔モデルを用いて解析を行う。各モデルの高さは、(a)は44.2(m)、(b)は51.2(m)、(c)は59.0(m)、(d)は67.0(m)、(e)は75.5(m)とした。

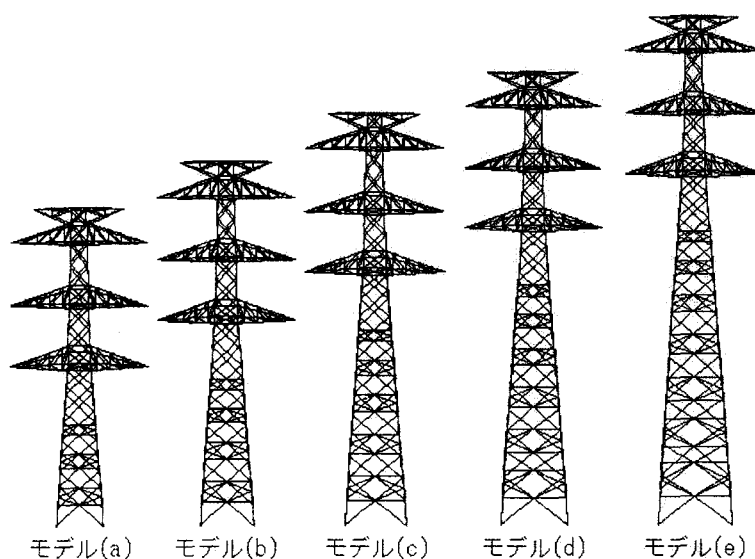


Fig. 1

3. 解析に用いた地震波

モード解析法を用いる際の地震波は、①阪神大震災時の神戸海洋気象台 NS 波（以下、神戸波）、②鳥取西部地震時の日野町 NS 波（以下、鳥取波）、③芸予地震時の牛田地震波（以下、芸予波）の3つである。これら3つの地震波に対して加速度応答スペクトルを求めた。その結果が Fig.2 であり、この図を見ると神戸波は0.3秒以上の固有周期を持つ構造物に対して共振が起こりやすく、鳥取波、芸予波は0.2秒以下の固有周期を持つ構造物と共振が起こりやすいことがわかった。この

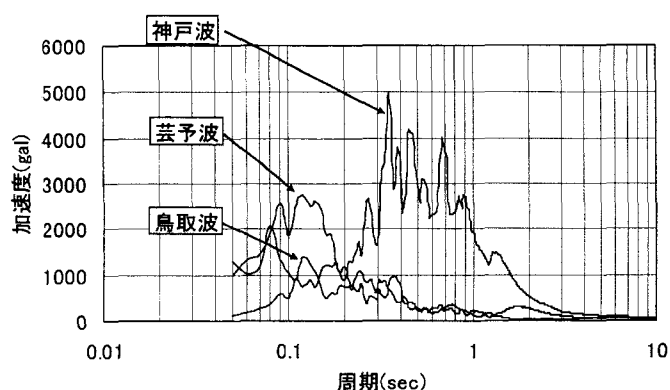


Fig. 2

ような特性を持つ3つの地震波に対して、最大加速度が神戸波と同等の約820(gal) なるように鳥取波、芸予波の加速度振幅を変化させて動的応答解析を行った。また、鋼管鉄塔構造は減衰定数が約1%～2%であることから、減衰は1%としている。

4. 解析結果

各鉄塔モデルに対して固有振動解析を行った結果、各モデルの各モードの固有周期はTable 1のようになった。Table 1から1次固有周期はすべて0.4秒を超えていることから各モデルは神戸波に対して、応答倍率がより高くなることが予想される。また1次モードと5次モードでは固有周期が約4分の1になっており、先に述べたように5次モードを超える振動モードはその影響が少ないことが伺える。また各モデルの1次固有周期と鉄塔の高さを比較すると鉄塔構造の固有周期はおおよそ鉄塔の高さ(m)の100分の1であることが確認できた。

次に地震荷重による動的応答解析結果と風荷重による静的解析結果の比較図をFig.3に示す。Fig.3は各モデルに各地震波と、地表面から10m高さで、風速40(m/s)を作用させたときの下部の支柱材の軸力(kN)である。この風速が現在の耐風設計のおおよその基本であることからこの値を用いた。これを見ると芸予波、鳥取波は神戸波と同等の加速度を作用させたにも関わらず、固有振動解析結果から予想された通り、共振の影響が大きく出る神戸波で最も大きい軸力が生じている。

神戸波と風速40(m/s)で比較すると、風速40(m/s)が静的に作用したときは、鉄塔の高さが高いほど軸力も大きく生じているが、神戸波では共振の影響で高さによらず大きな軸力が生じている。このことから一般的に鉄塔構造は高いほど軸力は大きくなるが、当然のことながら、低い鉄塔でも地震力によっては応答倍率が高く、大きな軸力が生じる可能性を有していることがわかる。さらに両者を比較するとモデル(a), (b), (d)で神戸波の方が大きな軸力が発生しているのが確認できる。また、Fig.3には示してはいないが、減衰定数を2%にしてもモデル(a), (b), (d)で神戸波の方が大きな軸力が発生している。このことから神戸波のような特性を持った大きな地震力が鉄塔構造に作用すれば、現在の耐風設計における風荷重を超えることもあり得ることがわかった。

5. 結 論

大型の鋼管鉄塔構造に対して動的解析を行った結果、本報告で用いた鉄塔構造については0.4~0.7秒程度の卓越周期を有する地震波に対してより大きな応答変位と発生軸力を示すことが明らかになった。また、従来のおおよその風荷重である地上高さ10mにおける風速40(m/s)と、神戸波が作用したときの値とを比較すると、神戸波において大きな応答倍率を示した鉄塔モデルに対しては、地震力の方が大きな発生軸力を示すことも明らかになった。

今後の検討課題としては、本報告では線形の範囲に限っていたことから、材料および幾何学的非線形を考慮した解析的検討も行い、鉄塔構造における動的限界状態に基づく耐震性能をより詳細に明らかにしていくことが上げられる。

参考文献 1) 電気学会：送電用支持物設計標準 JEC-127-1979

Table 1 各解析モデルの固有周期(sec)

解析モデル	1次モード	2次モード	3次モード	4次モード	5次モード
(a)	0.448	0.440	0.274	0.146	0.132
(b)	0.514	0.508	0.283	0.163	0.149
(c)	0.580	0.580	0.291	0.181	0.167
(d)	0.662	0.657	0.298	0.200	0.187
(e)	0.742	0.738	0.305	0.220	0.208

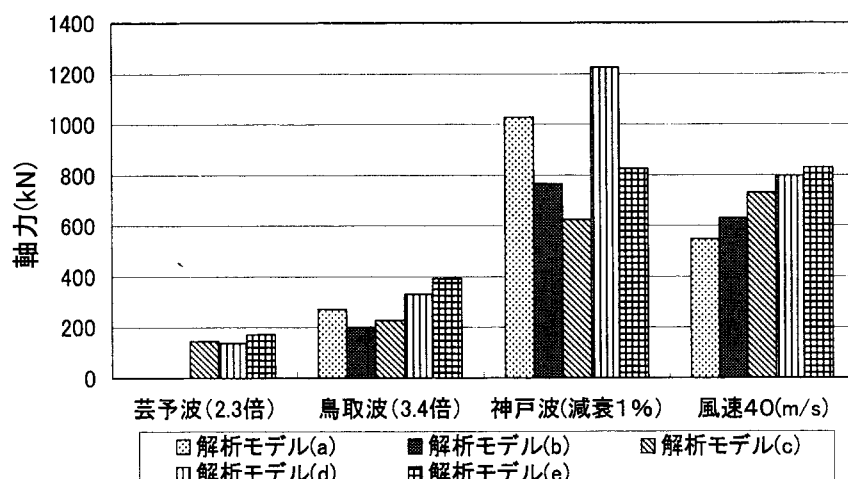


Fig.3