

九州大学 学生員 〇井 嶋 克 志
九州大学 正 員 鳥 野 清
九州大学 正 員 小 坪 清 真

1. まえがき

最近、送電鉄塔は大規模となり、アームが大きく、高さも100mを超えるものが建設されている。従って、従来の鉄塔に比べ、その振動特性は相当異なってくるものと思われる。本研究は実在の鉄塔に対して起振機試験と常時微動測定を行い鉄塔の振動特性を求め、それを用いて地震に対する応答計算を行ったものである。

2. 実験概要および結果

実験に用いた鉄塔は図-1に示す。起振機による加振方向は架線直角方向と架線方向の2方向とした。また、起振機の設置場所としては各次数の節にならないと予想されたAS7の位置で、本試験は曲げ振動を重視したため鉄塔本体の中心線上に設置した。振動のピックアップとしてはひずみ式加速度計(固有振動数100 Hz、容量2 G)を用いた。

架線直角方向に加振した場合のAS7の共振曲線を図-2に、架線方向に加振した場合のAS7の共振曲線を図-3に示す。起振力 $F=50$ 、10 は実験値が $F=100$ になるように換算している。この図より10 Hz以下の振動数範囲における各次数の固有振動数を求めた。図-1に比べ図-2の固有振動数の判別が難しいのは架線直角方向加振の場合捩れ振動が起りにくいのにに対して、架線方向加振の場合左右の大きさが違うアームのために捩れ振動が起るとともに、架線の振動の影響も含まれるためと思われる。しかし、本試験

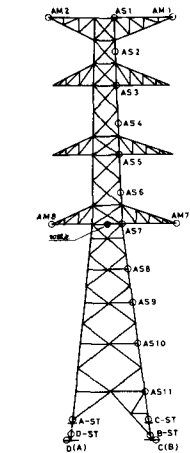


図-1 鉄塔概略図

では曲げ試験を主とした振動特性の解明であるから、図-2、3より曲げが卓越していると思われる振動数を中心に振動特性を求めた。

図-4、図-5に架線直角方向および架線方向の変位モードを示す。架線直角方向の変位モードをみると、1次ではあまりアーム部分の回転はみられないが、2次以上では相当アームが回転を起こしていることがわかる。

架線方向の変位モード

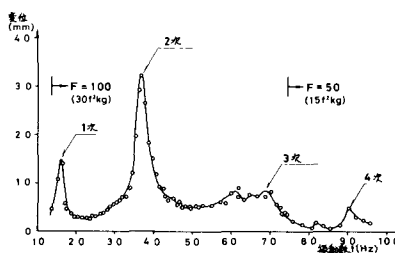


図-2 共振曲線 架線直角方向

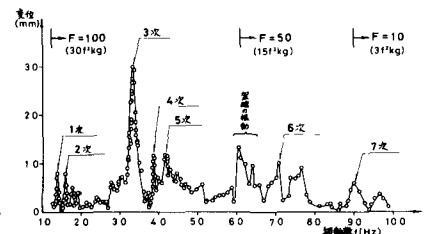


図-3 共振曲線 架線方向

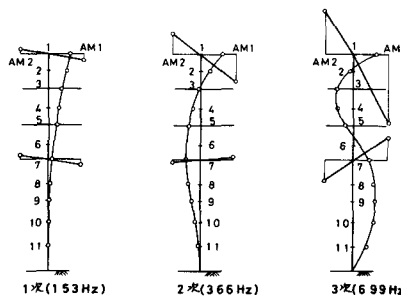


図-4 変位モード 架線直角方向

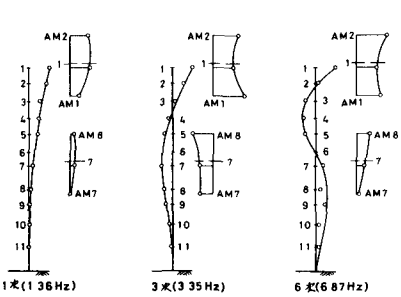


図-5 変位モード 架線方向

は1次、2次が1次型の振動形、3次、4次、5次が2次型の振動形であるが、アームによる揺れ振動や架線の振動の影響と思われる次数を除いた鉄塔本体の曲げ振動の共振系における変位モードを示している。

表-1に鉄塔の減衰定数を示す。減衰定数は共振曲線を用いて $1/\sqrt{2}$ 法より求める方法と自由減衰振動より求める方法(架線直角方向の1次のみ)との2つの方法を用いた。架線直角方向の1次振動における減衰定数を自由減衰と共振曲線から求めた値と比較してみると、ほぼ等しい値になっている。

鉄塔の1次振動の共振系では鉄塔下端に生じる軸ひずみおよび基礎変位も同時に測定した。この結果より基礎の回転角は 4×10^{-4} 〜 1.7×10^{-3} rad の範囲であり、基礎はほとんど固定と考えてよい。また、基礎の動的バネ定数は約200〜310 t/cmとなった。

3. 応答計算

試験鉄塔は山口県美祇市於福に建設された鉄塔で、基礎の岩盤までの深さは約6mである。新耐震設計法によると、この種の地盤は第1種地盤であり、過去に起った地震の震央距離およびその地震のマグニチュード(M)から応答計算には図-6に示す応答加速度スペクトル曲線を採用することが妥当と思われる。一般に減衰定数(β)は微小振幅より地震が来た場合の振動の方が大きいと考えることができるから、ここでは $\beta=0.02$ とした。なお、この図は $\beta=0.05$ としたものであるから、 $\beta=0.02$ とするために補正係数1.32

を掛け応答加速度 $\ddot{y}_0$ を求めた。その結果より変位、加速度応答計算及びメインパイプの応力計算を行うと架線直角方向が図-7、架線方向が図-8のようになる。応力図よりパイプの許容応力は1600 kg/cm²となっていることを考えると十分安全であることがわかる。

4. 考察

常時微動測定により得られた結果も、起振機試験の結果とほぼ同じ値となった。

本鉄塔のような構造においては架線直角方向の場合アームの回転が、架線方向の場合アームによる揺れ振動や架線の振動の影響が現れた。6.0〜6.5 Hz近傍では架線が共振して揺れ振動や上下振動を起こし、鉄塔本体に大きな影響を及ぼしている。また、前述したように本鉄塔は左右のアームの大きさが違うため、常に鉄塔本体は揺れ振動を含んでいる。

また、2方向ともに9 Hz付近で一部の部材が共振し起振力を上げると破壊する恐れがあった。従ってメインパイプの安全性とともに、各部材の安全性について十分検討する必要があると思われる。

今後の研究課題はアームおよび架線を含めた全体系としての解析である。

参考文献 新耐震設計法案 建設省土木研究所 昭和52年3月(土研資料1185号)

加振方向	次数	固有振動数 (Hz)	減衰定数 (%)
架線直角方向	1次	1.53	1.07 (F=100) 0.87 (自由減衰)
	2次	3.66	1.78 (F=100) 1.02 (F=50)
	3次	6.99	— (F=100) 1.78 (F=50)
	4次	9.00	0.69 (F=10)
架線方向	1次	1.36	1.31 (F=100)
	2次	1.54	1.54 (F=100)
	3次	3.35	1.21 (F=100) 1.48 (F=50)
	4次	3.87	0.61 (F=100)
	5次	4.13	1.82 (F=50)
	6次	6.87	1.08 (F=50)
	7次	9.00	0.46 (F=20)

表-1 固有振動数と減衰定数

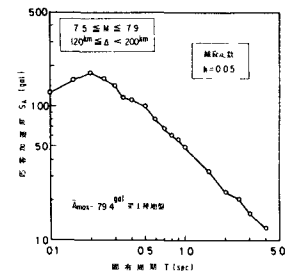


図-6 応答加速度スペクトル曲線

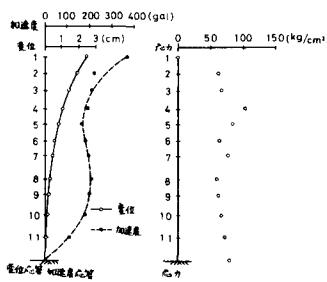


図-7 応答計算結果 架線直角方向

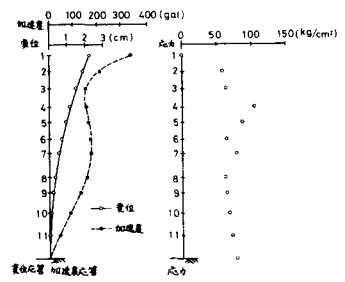


図-8 応答計算結果 架線方向