

九州大学 学生員 ○宮園 俊二  
井嶋 克志  
正員 鳥野 清

### 1. まえがき

鉄塔の大型化に伴い、鉄塔の耐風・耐震性の検討が重要な問題となっている。著者等は図-1に示す鉄塔3基に対し、架線の架設前と後の両方において振動試験を行ない、架線の有無による鉄塔の振動特性の違い、架線振動の鉄塔に及ぼす影響等を調べたので報告する。

### 2. 実験概要

図-1に鉄塔の概要および測点を示す。鉄塔の種類としては鉄塔ⅠとⅢが耐張型、鉄塔Ⅱが懸垂型となっている。架線が無い場合には測点Ⅰ-1～Ⅰ-7、Ⅰ-1～Ⅱ-9、Ⅲ-1～Ⅲ-7において、電磁式速度型地震計(感度2V/cm)を用いて常時微動測定を行なった。次に、架線の有る場合には、鉄塔Ⅱを起振機(起振力30tkg)で加振し、その時の振動を、図-1に示した鉄塔Ⅱの全測点および鉄塔ⅠとⅢのアーム部分にある測点と同時に測定した。また、この場合にも常時微動測定を行った。鉄塔Ⅱのアーム上の測点K-1と碍子の下の測点K-2は架線の振動を調べるために設置したものである。ピックアップとしては、鉄塔Ⅰ、Ⅲの測点およびK-1、K-2に対してサーボ加速度計(容量3G, 5G)、鉄塔Ⅱの残りの測点ではひずみ式加速度計(容量1G, 2G)を用いた。図-2に各鉄塔間のスパン長および地形を示す。

### 3. 実験結果

図-3に、鉄塔Ⅱ(測点Ⅱ-1)の架線方向のパワースペクトルを架線の架設前と後と比較して示す。両者を比較してみると、架線による影響が比較的小さいようである。これは鉄塔Ⅱが懸垂型であるためと思われる。この傾向は架線直角方向においても同様であった。図-4は鉄塔Ⅰ(測点Ⅰ-1)における架線方向のパワースペクトルで架線の架設前と後とを示したものである。図-3に比べてかなり架線の影響が大きく、特に架線方向にその傾向が強い。これから、耐張型の鉄塔の架線方向は架線の振動の影響を強く受けることが判る。図-5は測点Ⅱ-1を基準とした時の架線の振動(測点K-2)の倍

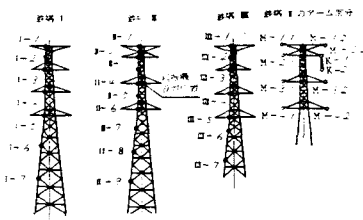


図-1 鉄塔の概要と測点

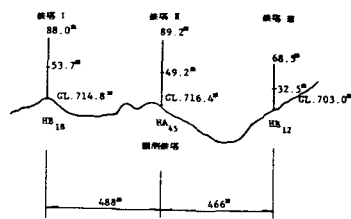


図-2 各鉄塔間のスパン長および地形

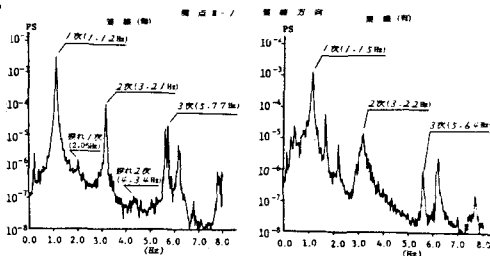


図-3 パワースペクトル

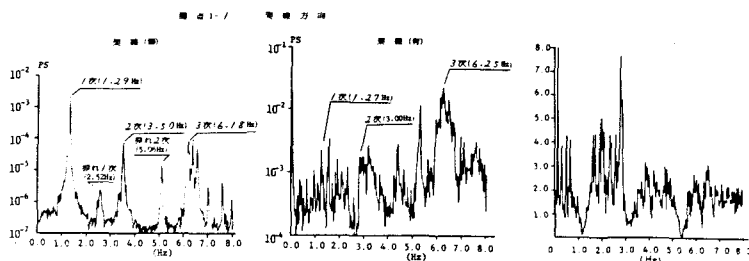


図-4 パワースペクトル

図-5

率を示したものである。図-5によれば、低周波数領域（特に3 Hz以下）において、鉄塔Ⅱの左右の架線の固有振動数と思われるものが明瞭に現れている。

次に、起振機試験結果について述べる。図-6に測点Ⅰ-1、図-7に測点K-2の架線方向の共振曲線を示す。図-7を見ると、2～3 Hz、5.6 Hz以上において架線が振動していることが判る。これらの同波数領域では起振機で加振中に架線の振動が目測される程であった。また、鉄塔Ⅰ、Ⅲにおける共振曲線では、常時振動パワースペクトル以上に架線の影響と思われる振動があり、固有振動数の判別が困難であった。表-1に各鉄塔の架線の架設前後の固有振動数を比較して示す。同じ型のモードが現れた場合、K-2の振動を参考にする。鉄塔自身の固有振動数の判別が比較的容易になった。表-1において、架線の架設前後で比較してみると、鉄塔自身の固有振動数の違いはせいぜい5%以内である。しかし、鉄塔自身の固有振動数の付近に架線の固有振動数がある場合、鉄塔がそれに影響されて、その次数の変位モードに近い型で振動するなど、耐震・耐風性を検討する上で難しい問題を含んでいる。図-8に架線方向の変位モードと架線の架設前後を比較して示す。架線によるモードの変化は1次、2次ではあまり見られないが、3次においてかなり異なっている。これは試験中に測点Ⅰ-6付近の側面パネルが3次の共振点で振動しているのが観察されたことから、この影響があるものと思われる。表-2は各次の共振点において、鉄塔Ⅱの頂上（測点Ⅰ-1）が1cm変位した時に生じる、鉄塔Ⅱの下端のMain Pipeと斜材のひずみを示したものである。Main Pipeに比べて斜材は約1/5程度のひずみとなっている。また、鉄塔の基礎の変位は、40ミ

クロン以下でほとんど固定と  
考えてよい。

今回の起振機試験中に鉄塔の一部の部材が共振を起しているのが観察された。低周波数領域で共振を生じるような部材に対しては、今後十分な検討が必要であろう。

現在、鉄塔Ⅱの地震応答解析を行っており、表-2から得られたひずみ等を用いて、鉄塔の塑性性を検討するつもりである。

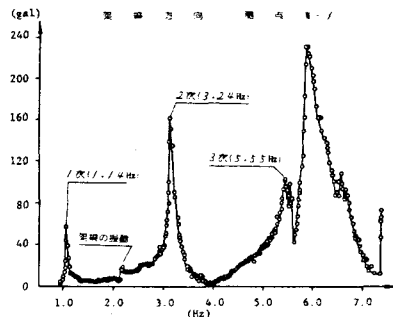


図-6 鉄塔Ⅱの共振曲線

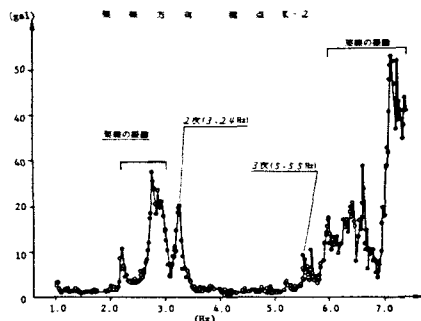


図-7 鉄塔Ⅱの共振曲線

| 鉄塔名 | 次数 | 常時振動   |      |       |      | 架設後    |      |       |    |
|-----|----|--------|------|-------|------|--------|------|-------|----|
|     |    | 振動(μm) |      | 振動(°) |      | 振動(μm) |      | 振動(°) |    |
|     |    | 振動     | 振動   | 振動    | 振動   | 振動     | 振動   | 振動    | 振動 |
| 鉄塔Ⅰ | 1次 | 1.29   | 1.28 | 1.27  | 1.32 | 1.26   | 1.32 | 1.32  |    |
|     | 2次 | 3.50   | 3.28 | 3.00  | 3.25 | 3.00   | 3.25 | 3.25  |    |
|     | 3次 | 6.18   | 5.89 | 6.25  | 6.20 | 6.21   | 6.12 | 6.12  |    |
| 鉄塔Ⅱ | 1次 | 1.12   | 1.14 | 1.15  | 1.12 | 1.15   | 1.15 | 1.15  |    |
|     | 2次 | 3.21   | 2.91 | 3.22  | 3.12 | 3.24   | 2.82 | 2.82  |    |
|     | 3次 | 5.77   | 4.95 | 5.64  | 5.23 | 5.55   | 5.29 | 5.29  |    |
| 鉄塔Ⅲ | 1次 | 1.49   | 1.47 | 1.44  | 1.49 | 1.49   | 1.49 | 1.49  |    |
|     | 2次 | 4.20   | 3.91 | 4.08  | 3.88 | 4.08   | 3.88 | 3.88  |    |
|     | 3次 | 7.34   | 7.02 | 7.13  | 6.84 | 7.02   | 6.84 | 6.84  |    |

表-1 固有振動数 (Hz)

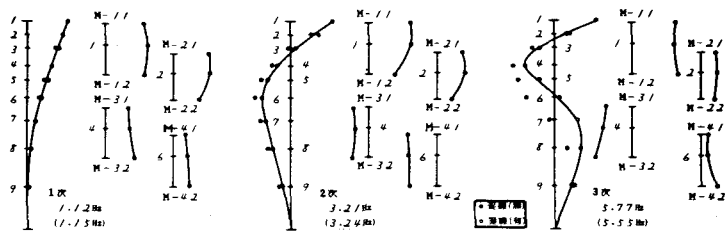


図-8 変位モード 鉄塔Ⅰ 架線方向

| 次数 | 架 線 方 向  |      |      |      | 架線垂直方向           |      |      |      |                  |      |      |      |
|----|----------|------|------|------|------------------|------|------|------|------------------|------|------|------|
|    | 斜材の荷 (d) |      |      |      | Main Pipe の荷 (d) |      |      |      | Main Pipe の歪 (d) |      |      |      |
|    | A        | B    | C    | D    | A 歪              | B 歪  | C 歪  | D 歪  | A 歪              | B 歪  | C 歪  | D 歪  |
| 1次 | 1.53     | 1.44 | 1.96 | 1.95 | 7.77             | 7.20 | 7.68 | 8.38 | 7.55             | 7.01 | 7.09 | 8.31 |
| 2次 | 3.33     | 3.31 | 3.12 | 3.07 | 20.8             | 18.5 | 20.2 | 22.0 | 19.2             | 18.1 | 17.0 | 16.7 |
| 3次 | 28.0     | 33.2 | 36.5 | 45.3 | 142              | 152  | 153  | 164  | 142              | 225  | 181  | 174  |

表-2 測点Ⅰ-1を基準とした時の各歪