

|           |     |           |
|-----------|-----|-----------|
| 本州四国連絡橋公団 | 正会員 | ○ 田 中 淳 之 |
| 本州四国連絡橋公団 | 正会員 | 山 口 浩 二   |
| 三菱重工業株式会社 | 正会員 | 江 草 拓     |
| 三菱重工業株式会社 | 正会員 | 佐々木 伸 幸   |

1. まえがき 本報告は、本州四国連絡橋大鳴門橋3P主塔において実施した主塔架設時の実機強風応答観測の方法と得られたデータの解析結果をまとめたものである。本報(その1)、(その2)で述べたように、本主塔は架橋地点が強風地帯であることなどから架設時耐風対策が重要となり、また、耐風対策の制振装置は主塔架設地点が海上に孤立した地形的制約から長径間ロープを有する方式のものが採用されたため、制振装置の設計にあたっては種々の検討が行われた。本観測は制振装置の効果を、最終的に実機で確認し、さらに得られた結果を今後のこの種の主塔の耐風設計に資することを目的として、4P主塔と合せて実施されたものである。

2. 観測方法 3P主塔および海を隔てた淡路島側の陸上部(2P側塔)に設置された制振装置の主要な計器を配置し、強風時に自動無人観測方式でデータを集録した。観測計器の配置を図1に示す。

計測項目と計測器は次の通りである。

- イ) 強風特性: 主塔頂部風向風速(風車型風速計)
- ロ) 主塔応答: 主塔頂部水平変位(サーボ型変位計)
- ハ) 制振装置応答: 重錘鉛直変位(サーボ型変位計), ロープ張力(差動トランス型歪計), オイルダンパ抵抗力(ダイヤフラム式圧力計, など)

これら計測器はすべてN側とS側の2ヶ所に設置した。観測装置は、3P側と2P側で独立な2系統の観測システムとし、それぞれ風速あるいは振動振巾のいずれかが設定値以上になると自動的に作動し、データレコーダにデータが記録できるようにした。両観測装置の同時性については、双方に高精度のタイムプリンタを設置し、同時刻のデータが対応づけられるようにした。

観測は3P主塔12段架設時期(昭和56年3月中旬)から台風シーズン終了(同年11月初旬)までの約8ヶ月間継続した。期間中、多数回の季節風および数回の台風に遭遇し、大量の強風応答データが採取された。強風時応答波形の例を図2に示す。なお、上記の強風観測以外に、無風状態の主塔または制振ロープに人為的な外乱を与え、外乱停止後の自由減衰波形を計測し、主塔およびロープの小振幅時の固有振動特性を計測した。

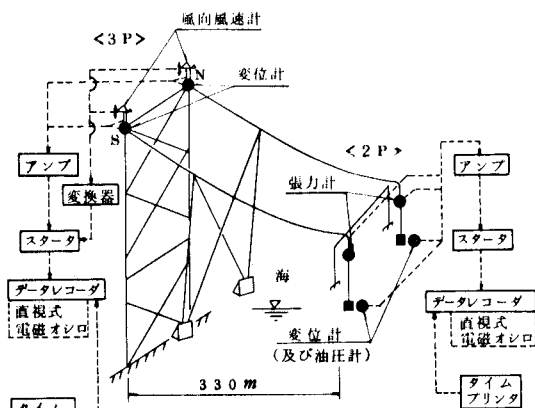


図1 強風応答観測の計器配置

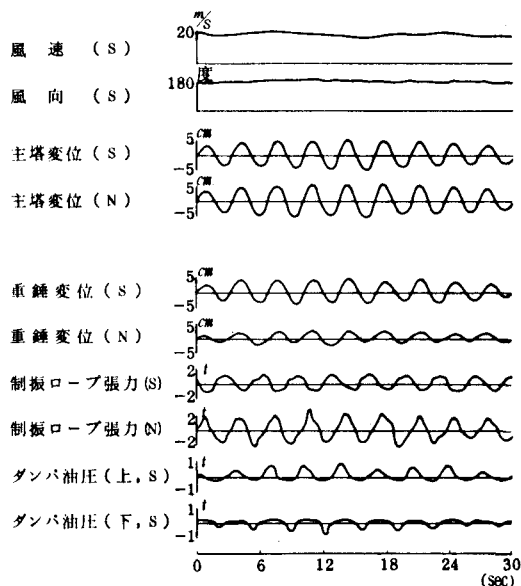


図2 強風時応答波形例

9月3日台風18号  
平均風速約19%  
平均風向は橋軸直角のS側

3. 強風特性 季節風および台風的主要データにつき、データの長さを10分間とし、自然風の統計的諸量を求めた。平均風速は $15 \sim 20 \text{ m/s}$ で主塔曲げ振動共振風速(約 $17 \text{ m/s}$ )近くのものも多く、また風向は橋軸直角方向のものが多かった。ガストファクタは、 $1.03 \sim 1.26$ の範囲であった。乱れの強さは、図3に示すように全体的に小さく、特に南からの風は1%台のものもある。

これは南側に海が開けた海峡であるという地形的条件、および本主塔が海面上に高く孤立していることなどによるものと考えられる。

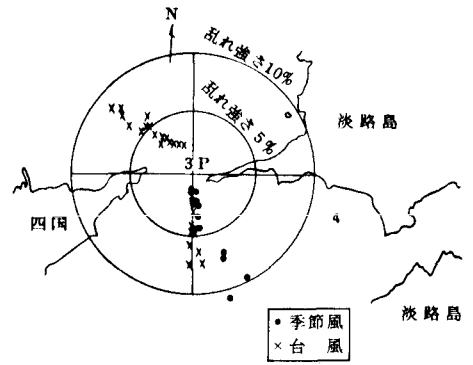


図3 風向と乱れ強さの関係

表1 主塔固有振動数 (Hz)

| 主塔状態             | 設計値  | 実測値  |
|------------------|------|------|
| 13段(全高)クリアバクレーン有 | 0.29 | 0.29 |
| 13段(全高)クリアバクレーン無 | 0.34 | 0.33 |

4. 固有振動特性 主塔の固有振動数の実測値は表1に示すように設計値(基部完全固定)とほぼ一致する。

また、制振ロープの弦振動数についても同様の結果を得た。主塔のみの対数減衰率は自由減衰波形および強風応答のパワースペクトルなどから $\delta = 0.02$ 程度の推定値を得たが、推定値のばらつきを考慮すると設計値 $\delta = 0.01$ はほぼ妥当と考えられる。

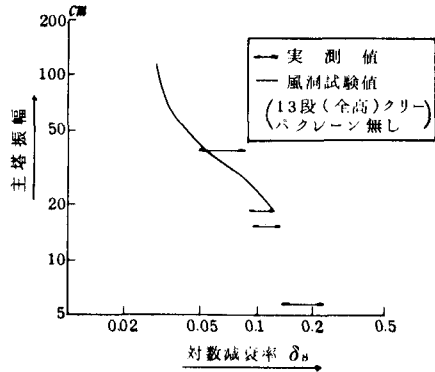


図4 主塔振幅の実測値と風洞試験値の比較

5. 風洞試験との比較 主塔各状態での系全体の対数減衰率の実測値とこの時に実際に発生した主塔振動振幅の関係を風洞試験結果と対比して図4に示す。両者は実機減衰率の計測誤差範囲内で一致している。また、風速と主塔振動振幅の関係についても図5に示すようにほぼ対応する結果を得た。これらより、今回のように風の乱れの少ない地点では、一様流の風洞試験値が実機とほぼ対応するようである。

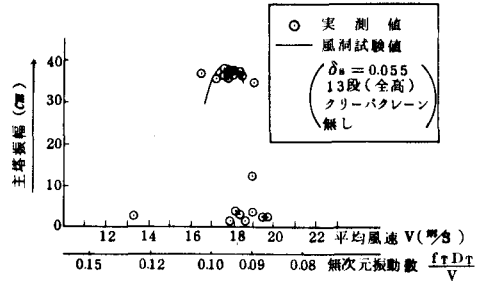


図5 風速と主塔振幅の関係(無次元振動数)

6. 制振装置の効果 制振装置の効果の基本事項として図6にオイルダンパにより消費された減衰エネルギーを計画値と比較して示す。実測値はほぼ計画値と一致していることがわかる。この結果から長径間ロープ方式の制振装置により付加された主塔対数減衰率は、ほぼ計画値と同等のものが得られることが確認されたと言える。さらに、長径間ロープのおどりを防止するために3Pに設けられた滑動ブロックも主塔振動時に作動し、制振ロープのおどりを有効に防いだことが確認された。

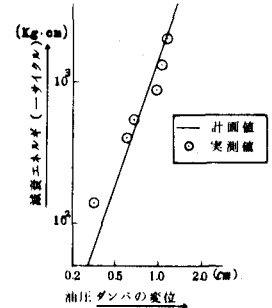


図6 ダンパ変位と減衰エネルギーの関係

7. まとめ 本主塔では長径間ロープの制振装置が採用されたため、計画段階で模型実験など種々の検討が行われたが、これら計画値は最終的に実機で定量的に確認された。これらの結果が今後の制振装置の設計に役立てば幸いである。(謝辞) 本研究の実施にあたり御指導頂いた土木学会・本州四国連絡橋耐風研究小委員会幹事会の諸先生に深く感謝致します。