

I-205 吊橋主塔の耐風安定性に関する風洞実験

日本鋼管(株) 正会員 辻 松雄
 " 高久 達将
 " O 堤 大 三 郎

1. 序 吊橋主塔が架設時に下りて低風速の風で振動を有することがこれまでの経験で知られている。この振動は塔のみならず作業者および架設機械に悪影響を及ぼすため、これを抑制することが必要である。本実験は主径1000M級の吊橋の主塔を対象とし、共振時の最大振中を把握すると同時に、制振対策の一方法として考えられるシートによる制振効果を調べることを目的とした。

縮尺 1/115 の全体模型を用い、空力安定性の検討を行ったが、実塔で片振中1.25 Mもの大きさの振動の振動を生ずること、またシートを一部分に張ることにより振中を1/5に抑制できることが判明した。

2. 実験対象 実験主径1000M級の吊橋の主塔を対象とした。主塔の高さは171.6 M、1基あたりの重量は約6900 Tonである。実塔の固有振動数および固有周期を骨組の立休解析プログラムにより求めた結果を表-1に示す。

表-1 実塔の固有振動数及び固有周期 (立休解析)

モード	固有振動数	固有周期	備 考
1 次	0.2315 Hz	4.3201 sec	縦軸方向曲げ
2 次	0.6584	1.5188	横 軸 向
3 次	0.9134	1.0948	横軸直角方向曲げ

3. 模型および実験方法

3.1 模型と相似則

実験主塔の架設工事が終了した状態(ケーブルがまだ張られていない)を対象とし、塔の最低次の橋軸方向の曲げ振動のみに着目した。勿論、本構造物は風力により高次の曲げ振動および捩れ振動が発生する可能性があるが、主塔の風による振動は橋軸方向の最低次の曲げ振動が主体であることが類似の実験よりわかっており、高次の曲げ振動および捩れ振動は高風速で発生するので架設段階ではあまり考慮できずと考えられる。模型は剛体として製作し、ポンとバネにより支持される構造とした。また模型と実塔との相似条件として、減衰係数、風速係数、慣性係数を考慮した。また粘性係数(レイノルズ数)は、角型部材を構成される構造物に与える影響が小さいと考慮されるので無視した。

3.2 実験方法

実験は東京大学宇宙航空研究所2号中風洞を用いた。模型は風洞測定部に直立させて吊り、塔基部でセボットを用い支持し、塔頂部をコイルスプリングを用い弾性支持した。また測定部の上部に模型の支持構を貫通させ、これに電磁ダンパーを取り付け減衰性を調整できるようにした。模型の設置図を図-1に示す。振動を検出する塔頂部に設置した加速度計に付く。

4. 実験結果および考察

実験結果を図-2~5に示す。図-2は迎角 $\alpha=0^\circ$ として、電磁ダンパーにより減衰性を変化させたものである。対数減衰率の増加にしたがって共振時の振中が減少する。図-3には迎角 α の影響を示す。 $\alpha=5^\circ$ で振中が最大となり、最大片振中が1.25 Mである。図-4~5には、シート(実験で厚さ0.02 mmのビニールシートを用いた)を張った場合の制振効果を示す。図-4には $\alpha=0^\circ$ のときの、シートの張り方向による制振効果の比較を示した。シートは表裏両面に張ったが、シートを張る面積が大きくなる程共振風速が

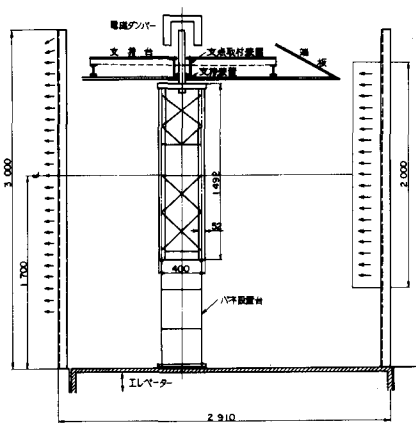


図-1 全体模型設置図

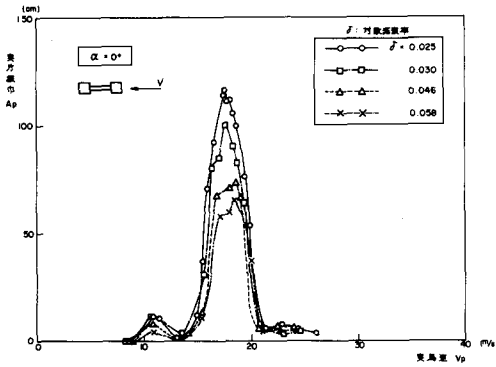


図-2 減衰性による振巾の変化

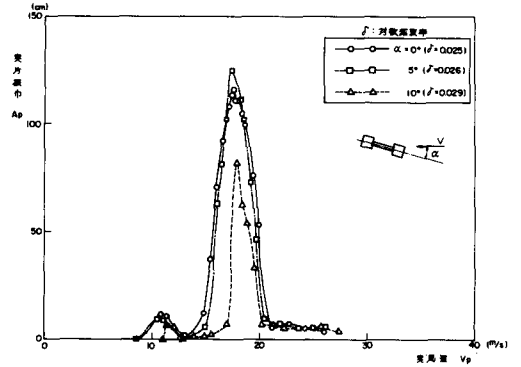


図-3 迎角による振巾の変化

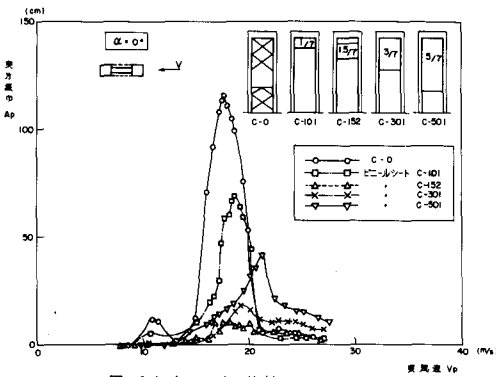


図-4 シートのはり方の比較

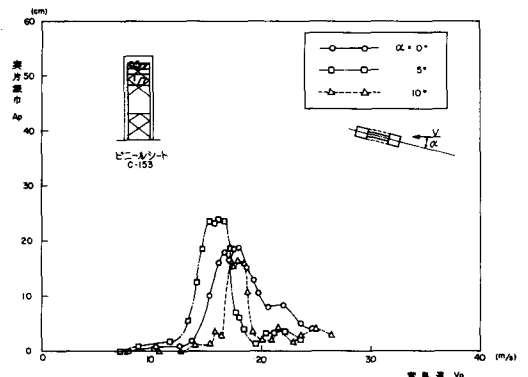


図-5 迎角の影響 (ヒニルシート C-153)

増加すること、またシートの面積が大きくなる程振巾が減少するわけではなく、最適な張り方が存在することがわかる。図-5にヒニルシートの張り方での、 α に対する振巾の変化を調べたが、 $\alpha = 5^\circ$ で最大片振巾が0.24mと行った。また橋軸方向に風が吹く場合($\alpha = 90^\circ$)の抗力係数を求めた。これは各部分の抗力係数が変わるという仮定を用い、片方の支点に傾き反力ロードセルを検出し、抗力係数を算出したものである。その結果、原型部で $C_D = 1.6$ 、シート部で $C_D = 0.8$ という結果が得られた。

この共振風速から原型のストローホルム数を逆算すると、平均主塔や基準長とくらべて0.11と行った。

5. 結論 以上の実験結果から結論がつけられる。(1) 実塔で風速17.4 m/s ($\alpha = 5^\circ$)で、片振巾1.25 mもの大きき片振巾の振動が生じ、制振対策が必要とされる。このときの実験での対数減衰率 $\delta = 0.026$ であった。(2) シートを張ることにより、最大片振巾を0.24 m (C-153, $\alpha = 5^\circ$)まで減少させることができた。

(3) 抗力係数が原型部で $C_D = 1.6$ 、シート部で $C_D = 0.8$ と行った。

この部分模型でも実験を行ったが、全体模型とほぼ同様の結果が得られた。

最後に本実験を行うにあたり多くの御助言を賜り、東洋大学高田孝信教授並びに東京大学学術航空研究所河村良馬教授、関和司取手、並木道義村官、その他関係各位に厚く感謝致します。

<参考文献>

- 1) 大久保忠良, 成田信之: 関門吊橋主塔の耐風性に関する実験報告, 土研資料-538
- 2) C. Scriver & D. E. Walsh: マバン橋のタワーの空力安定性, 調査月報=明石架橋資料, 昭和39年12月号 No. 4, 神戸市調査室, pp. 146-158