

I-709

一面吊斜張橋の傾斜主塔に関する風洞実験

日本鉄道建設公団東京支社 正会員 高松正伸

〃 〃 友田 孝

〃 〃 ○鈴木信一

NKK・日立・春本JV 〃 北川貴一

〃 金田史子

**1. まえがき** 東京都の臨海部で新たな副都心の建設と同時に湾岸道路で分断された南北地区を結ぶ歩行者専用橋（臨海、東京テレポートSt連絡橋）の建設が進められている。本橋はスパンが146.5+43+27mの一面吊り形式斜張橋である（図1）。本橋主塔（塔高88m）は、上部約60mが一本柱形式の斜塔であり、完成後（ケーブル架設後）にも橋軸方向の風による橋軸直角方向の振動の発生が懸念された。そこで、事前にその耐風安定性の評価を行い、必要に応じて有効な制振対策を講じることを目的として風洞実験を行った。

**2. 風洞実験方法** 風洞実験は、図2に示すように、完成系を想定した主塔の3次元弾性模型を製作し、これを現地の自然風の特徴をシミュレートした境界層乱流中に設置して行った。模型は縮尺率を1/80とし、16分割した木製の外形材を1mmずつのスリットを隔ててアルミ合金製の剛性棒に取付ける構成とした。このとき、模型高さは、風洞高さ2m（NKK境界層風洞）に対して1.102mであり、風洞天井との間に十分なスペースを確保した。実験対象とした振動モードは主塔の橋軸直角方向の最低次モードであり、橋軸方向の変位を2本のピアノ線で拘束した上で、そのモード形状（図3）、一般化質量（ $0.0045\text{kgf}\cdot\text{s}^2/\text{m}$ ）を所要値に合わせた。ここで、橋桁やケーブルの幾何学的な影

響は無視している。構造減衰（対数減衰率 $\delta$ ）の推定値（実験所要値）は、完成系に対しては0.02が用いられることが多い<sup>1)</sup>が、本橋の場合には橋軸直角方向の振動モードに対してケーブル、橋桁の拘束効果がほとんど

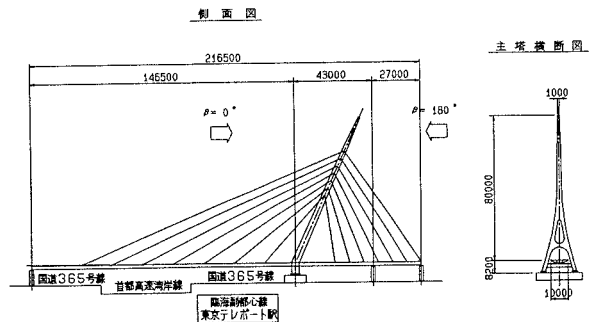


図1 全体一般図と水平偏角 $\beta$ の定義

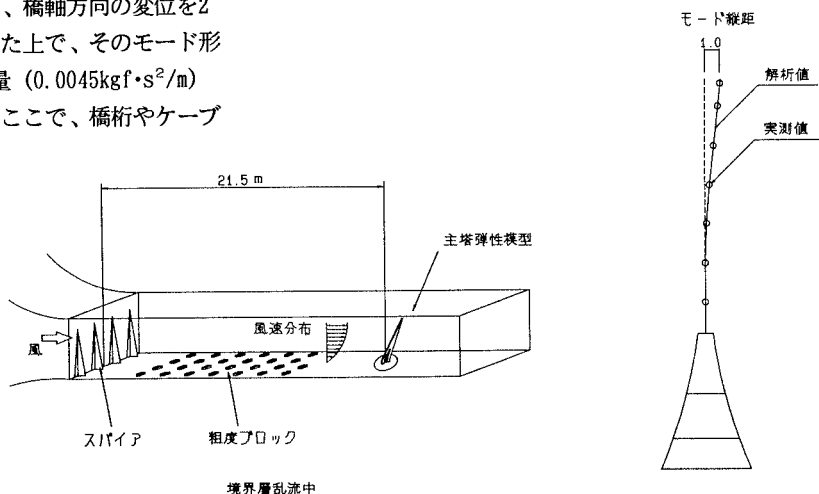


図2 風洞実験のレイアウト

図3 主塔弾性模型の橋軸直角方向振動モード

どないと考えられ、もう少し小さい値（架設系主塔の $\delta$ の推定値0.01）を用いたほうが良いと思われる。また、制振対策としてTMDなどの機械的制振装置を設置する場合には、その設計条件を決定するために $\delta$ が大きいときの応答特性を把握しておく必要がある。そこで、本実験では $\delta$ を0.01～0.04の範囲で変化させることとし、剛性棒に粘弾性体を張りつけることによりその値を調節した。なお、固有振動数は7.2Hz（風速倍率9.7）とした。風洞気流としては、塔状構造物の耐風性評価においては乱流特性の相似が特に重要であることに配慮して<sup>2)</sup>境界層乱流を用いている。（平均風速の高さ方向分布を表すべき指数1/6～1/7、塔高65%高さでの主流方向乱れ強度 $I_u=5\sim7\%$ ）

### 3. 実験結果と考察

実験では先ず風の水平偏角 $\beta$ （図1に定義を示す）の影響を調べた結果、橋軸方向の風向（ $\beta=0^\circ, 180^\circ$ ）のときに比較的大きな橋軸直角方向の振動が生じること、これらの振動は、風向が橋軸方向からずれるにしたがって生じ難くなることが分かった。図4、5に、各々 $\beta$ が $0^\circ, 180^\circ$ のときの風速－応答振幅図を、対数減衰率 $\delta$ をパラメータとして描いた図を示す。図中、応答振幅は便宜上平均値のみを示している。これらの図より、同じ橋軸方向の風でも $\beta=0^\circ$ と $180^\circ$ とでは振動性状が大きく異なり、 $\beta=0^\circ$ のときには風速が20～30m/sの範囲で渦励振（ $\delta=0.01$ のときには最大振幅60cm強）が発生するのに対して、 $\beta=180^\circ$ のときには風速が20～30m/sから緩やかに振幅が増大する不規則な振動（ガスト応答とギャロッピングが重なった振動と思われる）が生じることが分かる。これらの振動性状の相違は斜塔効果に起因することは明らかであり、気流の3次元効果（塔の高さ方向の流れの効果）の大きさを示唆するものである。しかしながら、いずれの振動も対数減衰率 $\delta$ の増大により効果的に抑制されており、TMDなどの機械的な制振対策が有効であることが分かる。

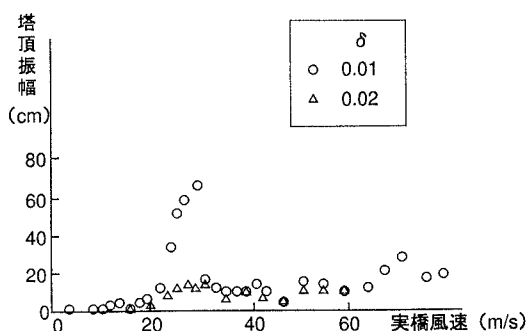


図4 風速－応答振幅図（ $\beta=0^\circ$ ）

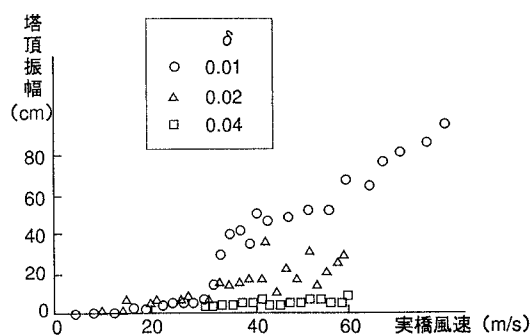


図5 風速－応答振幅図（ $\beta=180^\circ$ ）

### 4. 結論

- (1) 斜塔の影響が大きく、同じ橋軸方向の風でも、 $\beta=0^\circ$ と $180^\circ$ とでは振動性状がかなり異なる。
- (2) これらの振動は風向が橋軸方向からそれるにしたがって生じ難くなる。
- (3) これらの振動の制振には減衰付加が有効である。

参考文献 1) 日本道路協会、「道路橋耐風設計便覧」, 1991.

2) 武田、村上、「架設系橋梁主塔の空力振動に及ぼす乱流効果に関する考察」、構造工学論文集, Vol. 40A, 1994.