

I-344

箱型補剛桁を有する超長大吊橋の全橋風洞実験（速報その1）－ 一樣流でのフラッター－

東京大学 正 篠 泉 藤野陽三 伊藤 學  
学 岩本政巳 古賀健一

I H I 正 樋上瑋一 本四公団 正 多田和夫

1. まえがき 明石海峡大橋の補剛桁設計案の一つとしてボックス案がある。このような全長 4kmに及ぶ世界に例をみない超長大吊橋では耐風性能が上部構の最大のチェックポイントとなる。我国の吊橋は従来トラス桁が多かったが、種々の潜在的有利性をもつ箱桁も採用される方向にある。長大吊橋の乱流下での全橋模型実験は風洞施設の制約から内外において試みられた例は極めて少ない<sup>1)・2)</sup>。

本実験は明石海峡大橋箱桁案を基本プロトタイプとして箱型補剛桁を有する超長大吊橋の対風応答特性を把握し、今後の資料とするとともに、実務的な立場から耐風性能の概略を知る目的で行ったものである。

また著者らにとって縮尺率の高い（350分の1）小型の模型（といっても全長11.1m）を用いた実験は、苦勞の連続でその失敗談をまじえて速報として報告する。

2. 東京大学全径間風洞の改造と気流特性 幅16m×高さ1.9mの吹出口を持つ東京大学全径間風洞（昭和39年完成）は主として全橋模型、ケーブル構造物を対象に、また一樣流を基本とした実験を行ってきた。今回の実験に際し、図1に示すように境界層乱流が作成できるよう床面、天井面、側壁を設置した。本風洞は吹出口からコーナーペーンまで7m足らずしかなく、風路後部で気流が急激に下向きになるが、境界層乱流のことも考え、吹出口から5mの所へ模型を設置することとした。負の迎角を矯正するために傾斜板を導入し、迎角0°と3°の気流を作成した。

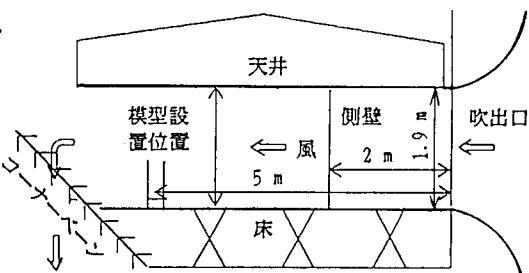


図1 全径間風洞側面図

補剛桁の高さ位置（30cm）での迎角、風速分布（主流方向）は偏差が約2%以下、乱れの強さは約1%以下であった。完璧な一樣流といえるものではないが、4台のファン用モーターの回転数などを調整しても向上が認められなかったため、このような状態で実験を行うことにした。

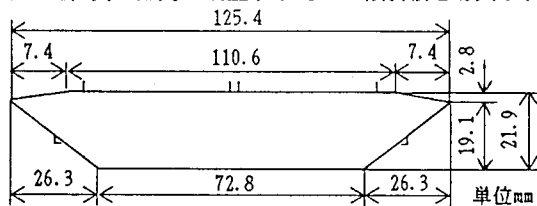


図2 全橋模型の桁（B断面）の断面図

3. 全橋模型 いくつかのタイプの異なる模型で実験を行う予定であるが、ここで述べるのは桁高の高いB断面（図2）と呼ばれる箱型を有する橋軸方向に一樣な断面の模型である。

所定のルールに従って模型の諸元を求めると極めて小さいものとなる。橋幅は12.5cmで、全長 11.1m、このような小型の模型で最も気になるのは構造減衰であり、例えば剛性棒は溶接するなど細心の注意を払った。

箱桁は抗力がトラス桁に比べ小さいので、相対的にケーブル、ハンガーへの作用空気力（抗力）が大きい。

ハンガーにはストローを、ケーブルには部分的に鉛線をまきつけた上に銅管をかぶせて重量と抗力の両方を相似した。

実際に出来上がった模型で愕然としたことは、ねじり対称1次モードの減衰が目標値 $\delta = 0.02$ の3倍

表1 鉛直たわみ及びねじれ振動の固有振動数とその減衰

| 振動モード |       | 固有振動数 (Hz) |       | 対数減衰率 $\delta$<br>(模型実測値) |
|-------|-------|------------|-------|---------------------------|
|       |       | 模型所要値      | 模型実測値 |                           |
| たわみ   | 対称1次  | 1.18       | 1.17  | 0.024                     |
|       | 逆対称1次 | 1.52       | 1.46  | 0.021                     |
| ねじれ   | 対称1次  | 4.31       | 4.52  | 0.015                     |
|       | 逆対称1次 | 6.84       | 6.79  | 0.012                     |

以上あることであった。約1ヶ月にわたる trial & error の結果、高減衰の原因としてケーブルが以外考えにくいという結論に達し、ケーブルを釣用鉛玉をつけた（抗力相似をあきらめた）ものに変えることとなった。その結果、ねじり対称1次モードの減衰が $\delta = 0.02$ のオーダーにまで下がった。この模型の動特性を表1に示す。

4. 計測 静的、動的変形の測定は、光学式変位計（主としてヤーマン社製500M型）を用いた。センタースパン1/2, 1/4, サイドスパン1/2の各点に各2つずつの、センタースパン1/4点上のケーブルに1つの計7つのターゲットをつけ、水平たわみ、鉛直たわみ、ねじりを測定した。カメラからターゲットまでの距離があるため、また風圧により静的変形も大きいため、ターゲットの照明、周辺の反射物の処理に約1ヶ月を要した。

5. 一様流中でのフラッター 図3に静的変形（ねじり）と風速の関係を示す。実線は三分力（測定値）から求めた計算値である。実測値は各変位成分間の干渉分を取り除いていないので最終値ではないが、その影響は大きくないことがわかっている。実測値と計算値は整合的ではないといえる。この原因については検討中であるが、桁下空間も一つの要因ではないかと考えている。

迎角 $0^\circ$ 、 $3^\circ$ におけるフラッター限界風速はそれぞれ4.1, 2.9 m/sであった。図4に迎角 $0^\circ$ でのフラッター発生時の桁両端の上下動波形を示す。センタースパン1/2点は上、下流の動きが逆相でねじりが卓越しているが、1/4点では上流側の動きが下流側のものに比べ著しく小さいことがみられ、两点での振動状態が異なっていることが注目される。一方、迎角 $3^\circ$ におけるフラッター発生時には、図5に示すようにねじりの卓越した振動が生じたが、センタースパン1/2点と1/4点とで、極端に振動状態が異なるようなことはなかった。

参考文献 1)宮田・伊藤：可撓構造物のガスト応答に関する二、三の考察、耐風性シンボ論文集、1974。

2)Irwin, 他：Experiments on a Full Aeroelastic Model of Lions' Gate Bridge in Smooth and Turbulent Flow, NAE Lab., Rept. LTR-LA-206, N.R.C. Canada, 1977

謝辞 明石海峡大橋全橋風洞模型検討会各委員には、模型設計、実験方法等に関する長時間に渡る御検討と多大な御助力を頂いた。また、模型設計において深谷氏（長大）、模型製作と改造では高橋氏（石井精器）、計測に際しては鈴木氏（IHI）、武田氏（NKK）、宮崎氏（住重）に大変お世話になった。ここに記して感謝の意を表します。

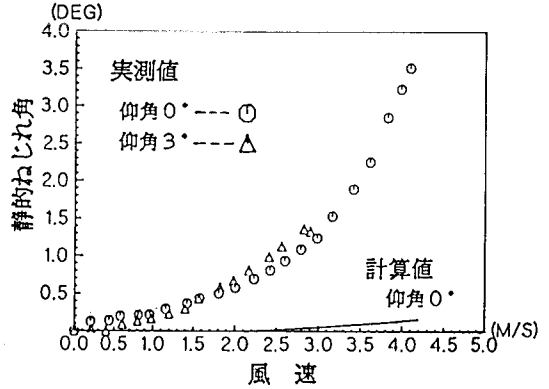


図3 センタースパン中央の静的ねじれ角

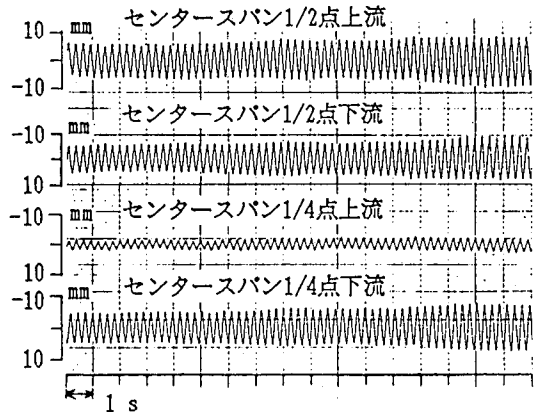


図4 仰角 $0^\circ$ でのフラッター発生時 (4.15 m/s)の上下動波形

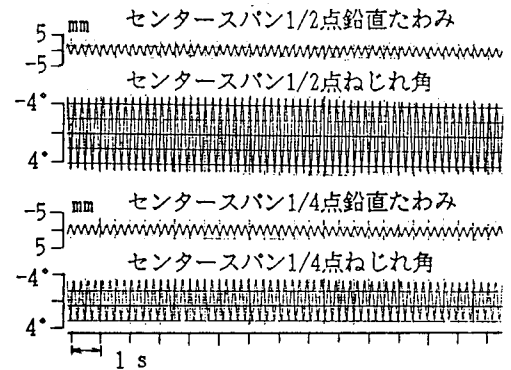


図5 仰角 $3^\circ$ でのフラッター発生時 (2.9 m/s)の振動波形