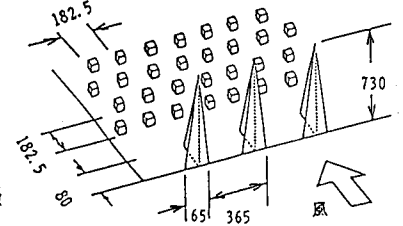


東京大学 学 岩本 政巳 正 篠 泉
正 藤野 陽三 正 伊藤 學 学 古賀 健一
本四公団 正 多田 和夫

1. まえがき 偏平箱型断面を有する超長大吊橋では相対的に桁の剛性が低く、鉛直ガスト応答、さらにはねじれガスト応答がフラッターと同程度かそれ以上に工学的な問題になってくる可能性がある。本実験の目的は超長大吊橋の全橋模型を用いガスト応答のオーダーを知り、また現在ある予測手法がどの程度信頼しうるのかについてを検証することにある。なお、実験に用いた模型については速報、その1を参照されたい。

2. 境界層乱流の発生法と気流特性 スパイヤにラフネスブロックを併用して境界層乱流を作成した。スパイヤ、及びラフネスブロックの設計にあたってはIrwinの研究¹⁾を参考にした。東京大学全径間風洞は風送部が短いため種々の制約を受け、Irwinの経験式を外挿する形で諸元を決めざるを得なかった。用いたスパイヤ、ラフネスブロックの諸元を図1に示す。ラフネスの長さは長い方が乱れの強さ I_u が風洞床面近くで増すが、それは主として高周波成分が増加するだけであつたので、主流方向の幅（長さ）は約2mとした。



ラフネスブロックは一辺35mmの立方体
図1 スパイヤ、ラフネスブロックの諸元（単位 mm）

境界層の厚さは50～60cm、プロファイルは約 $\alpha=1/5$ であった。これは吹出口から模型設置位置までが5mしかとれないためスパイヤの高さが73cmと制限されるためである。主塔の高さが85cmあり、上3分の1は境界層から出てしまうことになる。

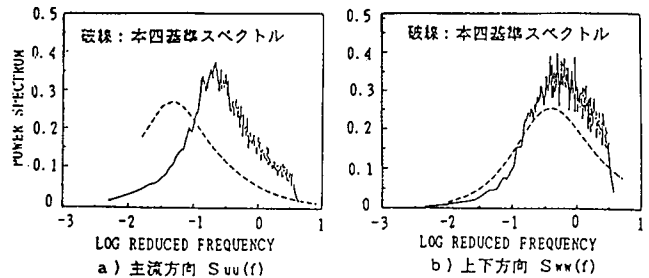


図2 桁位置でのパワースペクトル

桁位置（高さ25cm）におけるパワースペクトル $S_{uu}(f)$ 、 $S_{wv}(f)$ を図2に示す。明石海峡大橋の設計スペクトルと比べると、水平方向については高周波数側に寄ってるが、鉛直方向についてはそれほどの差異はない。表1に補剛桁の位置（高さ約25cm）での乱れの強さ、乱れのスケールを示す。なお、全橋模型の縮尺が1/350であるので風洞風速 $\times 18.7$ が実橋風速に対応する。

表1 桁位置での乱れの強さ、乱れのスケール

風速 (m/s)	2.0	2.5	3.2	4.3
乱れの強さ (α)	主流方向 10.35	9.72	9.08	7.91
	上下方向 5.69	5.64	5.40	4.86
乱れのスケール (m)	主流方向 0.216	0.205	0.256	0.274
	上下方向 0.0483	0.0763	0.0870	0.0904

乱れの強さは目標値10%に近いが、スケールについては目標値（実スケール） $L_u=150m$ 、 $L_w=75m$ に対し半分かそれ以下の値になっている。乱流の空間相関特性については後日測定する予定である。

3. ガスト応答特性 図3はセンタースパン 1/2点における応答のRMS値を示したものである。桁位置設計基準風速付近（3.2m/s）における鉛直たわみ、及びねじれ応答のRMS値はそれぞれ0.8mm（実橋値24cm）、 0.4° であった。なお実験は、静的変形が大きく模型破損の危険があつたため風速4.6m/s までしか行っていないが、当風速以下では発散フラッターの発生は認められな

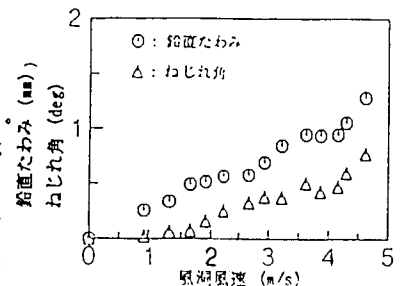


図3 センタースパン1/2点での応答のRMS値

った。なお、揚力によりスパン中央で $V=4.6\text{m/s}$ の時約12mm（4m）浮き上がる。

代表的な3種類の風速における応答のパワースペクトルを図4に示す。応答のスペクトルは風速によってかなり異なったものになっている。風速3.8m/s時にセンタースパン1/2点の鉛直たわみスペクトルに逆対称1次モード（ $f=1.46\text{Hz}$ ）に相当するピークが認められる。振動解析によれば、鉛直対称モードはこの付近の振動数には存在しないことが確認されており、現時点ではこの振動について十分な検討を行っていないが、目視によるとケーブル等にみられるtravelling wave的な応答に見受けた。また、4.0Hz付近にピークがみられるが、これはねじり1次モードが風圧変形のため鉛直と連成したためではないかと思われる。

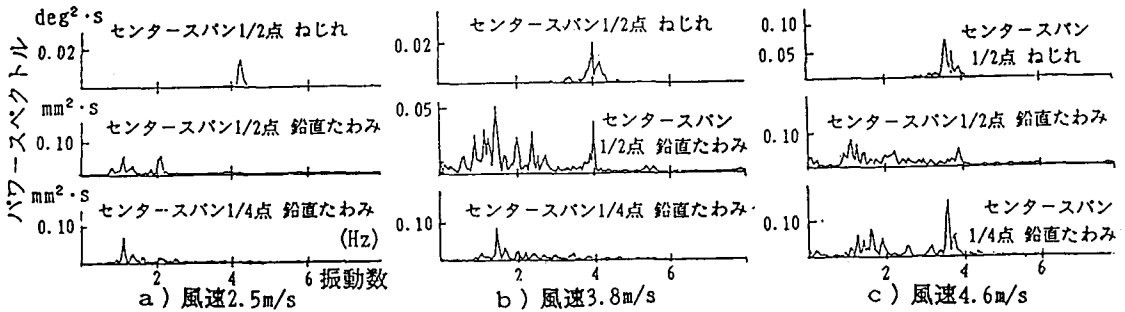


図4 応答のパワースペクトル

図5、6にそれぞれ低風速（2.5m/s）、一様流時のフラッター発生風速付近（4.3m/s）でのセンタースパン1/2点のねじれ応答の確率密度関数を示す。4.3m/sでは、図6に示したように2種類の確率密度関数が存在する。図6 a)は図6の低風速時のに近い正規分布的、すなわちガスト応答的な振動を表わし、b)は正弦波に近いフラッター的な振動を表わすものである。このことは図7に示した応答波形よりわかるようにガスト応答の振動とフラッター的振動が交互に現われることに起因している。

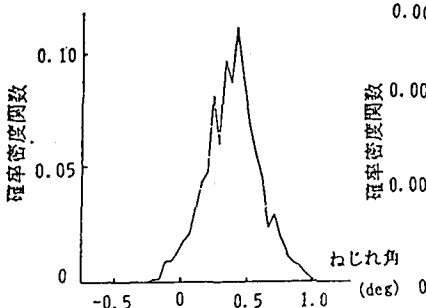


図5 風速2.5m/s時のねじれ応答の確率密度関数

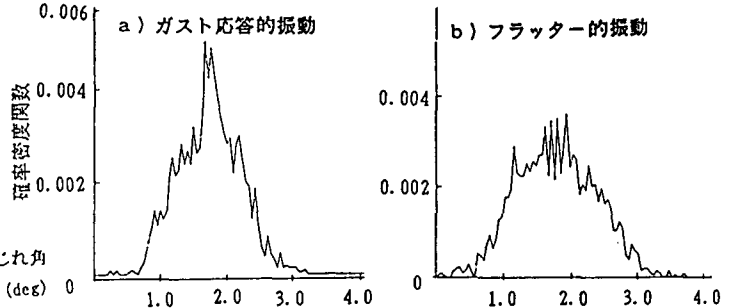


図6 風速4.3m/s時のねじれ応答の確率密度関数

謝辞 本四・風洞実験委のメンバー、特に山田横国大助教授の強い勧めがあって本実験が行ない得たものである。樋上瑋一氏には振動解析、境界層乱流実験等に際し、たいへん御面倒をおかけした。また、スパイヤ、ラフネスブロックの設計ではBenito Pacheco講師、スペクトル計算ではPennung W.氏、マイコンによるデータ収録・処理では森川謙一氏の助力を得た。ここに深甚なる謝意を表する。

参考文献 1) H. P. A. H. Irwin : Design and Use of Spires for Natural Wind Simulation, NAE Rep, LTR-LA-233, N. R. C. Canada, Aug. , 1979.