

乱流境界層内における長大吊橋の耐風性に関する研究

京都大学 工博 小西 一郎 京都大学 工博 白石 成人
 京都大学 工博 松本 勝 日立造船 工修 酒井基一郎
 京都大学 岸本 良孝

1. 序論

従来より 長大橋の耐風性に関してかなりの研究成果が報告されているが そのほとんどが部分模型による実験的研究が主であり、全径間模型を用いた乱流中における研究報告は非常に少ないのが現状である。風の変動成分の影響、すなわち、乱れの成分による強制振動に関する考察は A.G. Davenport により最初に評価が加えられたが、自然風の確率統計的特性が把握されていない現在では、この問題も一つの大きな課題である。風洞内において全径間模型を用いて実験的研究を行う場合には、一様流中だけでなく乱流境界層も風洞内にシミュレーションして乱れの影響について実験的に考察する必要がある。今回の報告においては、乱流境界層のエネルギーを求め、その結果を用いて Aerodynamic Admittance, Twist Mode Acceptance を計算し、応答のパワースペクトルを推定する。そして平板断面を有する三次元模型を使用し乱れの成分の影響について考察を加えるものである。

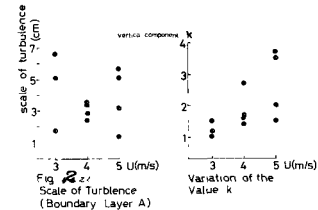
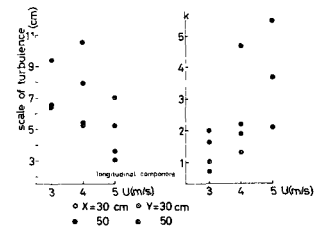
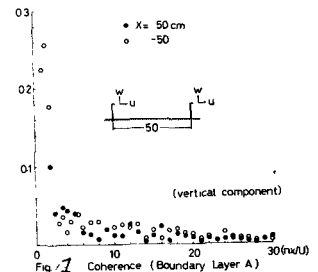
2. 実験結果および考察

2.1 乱流境界層のエネルギー

今回の実験においては、円錐型乱流境界層発生装置と曲線平板型乱流境界層発生装置の二種類のタイプについてエネルギーを求めたが、ここにおいては前者の場合についてのみ報告する。図1に示すように、風の鉛直変動成分のエネルギーは A.G. Davenport が報告しているように指数関数的に減少していることがわかる。従って、乱流境界層のエネルギーは、 $\sqrt{\text{coherence}} = \exp(-k n x / \bar{u})$ 、(n :振動数, $\bar{u}$:平均風速)で置き換えたものとして、この式の k 値を種々の場合について求めた。この結果も示したのが図2である。図2からわかるように流れ方向(又は同)におけるエネルギーの k 値は1.6程度の値を示しているが、流れに直角で水平方向(又は同)における k 値は風速の増加に従って増加する傾向が見られる。

2.2 乱流中における平板状構造物の空気力学的特性

乱流中における構造物の空気力学的特性を研究するにあたり本研究においては、理論的にも実験的にも最も研究が進んでいると思われる平板状構造物を対象として選んだ。実験に使用した模型は図3に示されるように、平板は3本の wire により支持されスパンの各端、各端に測定用ケーシングが設定されている。乱流境界層中における実験の際、逆方向振動が観察されたので、たわみねじれ変位のパワースペクトルは各端で評価されている。



乱流境界層内で平板状構造物の空気力学的特性を実験的に研究する前に、一様流中において平板状構造物のフラッターテストを行った。この結果は図示されていないが、構造物の共振風速は10.3m/sであり、たわみ振動とねじれ振動の連成振動が観察された。つぎに同じ実験を乱流境界層内において行ったところ共振風速は13.3m/sとなり両者を比較すると3m/sの風速増加が見られる。この結果から考えて乱れのみが構造物に安定化効果があると考えられるが、乱れのスケールの観点から見て構造物のスケールと乱れのスケールがどのような比率の場合に乱れのみが構造物に最大の効果をもたらすかという問題は今後研究すべき課題であると考えられる。

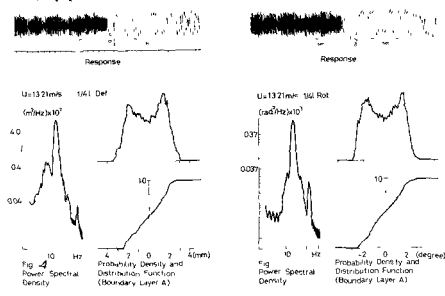
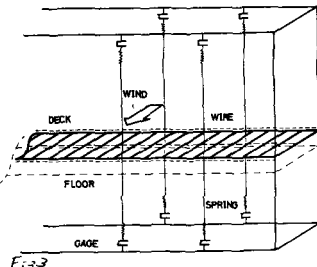


図4の模型の乱流境界層中における応答(たわみ変位, ねじれ変位)のパワースペクトルを示したものであるが平板状構造物の Aerodynamic Admittance は Theodorsen関数を用いて

$$|XA|^2 = |C(k)|^2 \frac{8\pi^2}{k^2 k'^2} \left\{ -1 + \frac{k k'}{2\pi} + e^{-\frac{k k'}{2\pi}} \right\}$$

と表わされる。ここにkは換算振動数である。また、Joint Mode Acceptance は式(2)をMode関数として

$$|J(f)|^2 = \frac{1}{N_i} \int_0^1 R(x, x', f) \psi(x) \psi(x') dx dx'$$

$N_i = \int \psi^2 dx$ と表わされる。計算結果は図5に示すものである。実験値から得られたコヒーレンスのk値を用いて模型のパワースペクトルを計算した結果が図6である。これは実験により得られたパワースペクトルと大體一致した値を示しているが、A.G. Davenportは流れ方向に関するk値をkとしており、今回の実験により得られたデータでは1.6程度の値を示している。この点については自然風の観測結果が非常に少ないということと A.G. Davenport がコヒーレンスを求める場合にクロススペクトルの虚数部を無視しているということが問題とされるが、今後この方向の研究が必要であると考えられる。

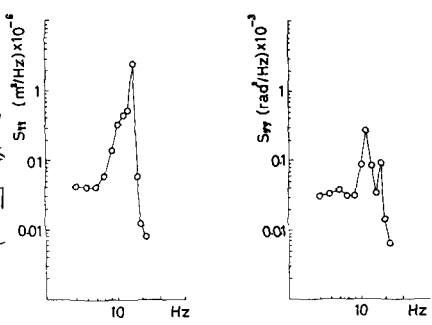
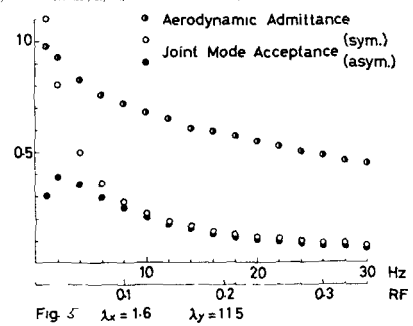


Fig 6 Power Spectrum at Quarter Point $\lambda_x=1.6 \lambda_y=115 U=13.21m/s$

(参考文献)

- A. G. Davenport : A Statistical Approach to the Treatment of Wind loading on Tall Masts and Suspension Bridges, PhD Presentation, Univ. of Bristol, March, 1961
- N. Shiraishi : Fundamental Investigation of Vibrational and Aerodynamic Characteristics of Longspaned Suspension Bridge, Doctor thesis, Kyoto Univ., August, 1970