

トラス補剛桁および平板状構造物の耐風性に関する
2.3の統計的研究

京都大学 正 小西一郎 京都大学 正 松本勝
京都大学 正 白石成人 大林組 正 桑島均
京都大学 学 谷口栄一

I まえがき

長大吊橋の耐風応答については、従来より多くの研究がなされてきており、我々も、たわみ振れ2自由度連成振動が重要となる、平板状およびトラス補剛断面を有する構造物の空気力および振動特性について研究を行ってきたが、今回は、変動風中における構造物の動的応答に注目し、①まず、平板およびトラス補剛断面を有する部分模型を用いて、変動風速から力への変換を記述する空気力学的増幅関数を、W. Sears により薄翼について理論的に導かれたいわゆる Sears 関数との比較検討を行なった。②次に、変動風に対する構造物の三次元的な応答を調べるために、平板断面を有する簡単な三次元模型を用いて実験を行ない、同時に数値計算を行なって、実験値と比較検討した。

II 平板およびトラス補剛断面模型の空力増幅関数

平板に、sinusoidalな Gust が作用した場合の空気力は、W. Sears により求められている。すなわち、Gust を $U_0 e^{i\omega t}$ とおくと、空気力は次式で与えられる。

$$F = 2\pi \rho b l U U_0 e^{i\omega t} S(k) \quad (1)$$

ここに、 $k = b\omega/U$; 換算振動数, b , 半弦長, l ; スパン長, U ; 平均流速, $S(k)$; Sears関数,

一方、空力増幅関数は、次のようにして計測した。図-1のように、模型上流部に NACA0012 型の翼を6枚とりつけ、これを風洞の外部からモーターで加振することにより、sinusoidalな Gust を発生させた。この時、模型のたわみ1自由度振動方程式は、たわみ変位を η , 空力増幅関数を $\chi_A(k)$, 空力減衰を H_1 とおくと次式のようになる。

$$\ddot{\eta} + 2\zeta\omega_n \dot{\eta} + \omega_n^2 \eta = H_1 \dot{\eta} + \frac{2\pi \rho b l U U_0 e^{i\omega t}}{m} \cdot \chi_A(k) \quad (2)$$

ここで、 $\zeta\omega_n$, ω_n は、振動系の臨界減衰比および固有振動数である。よって、模型の応答を測定することにより、(2) 式の $\chi_A(k)$ を求めることができる。

図-2に、平板およびトラス補剛模型の空力増幅関数を示す。また同時に、Sears 関数を示す。図よりわかるように、平板の実験値は、 $k < 0.25$ では、Sears 関数より小さくなるが、これは、粘性等の影響が表われてくるためと思われる。また、トラス補剛模型の実験

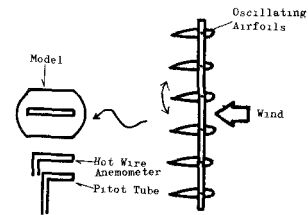


Fig. 1 Sketch of Measurement of Admittance

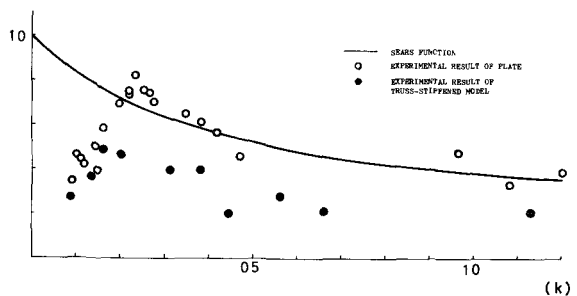


Fig. 2 EXPERIMENTAL RESULTS OF AERODYNAMIC ADMITTANCE

値は、Sears 関数より、かなり小さくなる。

Ⅲ 変動風中における三次元模型実験および数値計算

乱れの三次元的な効果および変動風中における構造物の応答を定量的に知るために、平板断面を有する三次元模型により実験を行なった。模型の弦長は 5cm, スパン長は約 2m で、応答は、スパン中央および本尺でのたわみおよび揺れ応答を測定した。(変動風の発生装置については、文献 1) を参照)。振動系の 1 次モードおよび 2 次モードの固有振動数、臨界減衰比を、たわみおよび揺れについて計測し、これらの諸元を用いて、模型の応答を数値計算により推定した。(数値計算の詳細については、文献 2), 3) を参照)。模型のたわみおよび揺れ応答のパワースペクトルは、結局次式のようになる。

$$\begin{aligned} S_{\eta}(\omega) &= |S(\omega)|^2 U^2 S_v \sum_r |J_r(\omega)|^2 Y_r^2(\omega) \\ S_{\xi}(\omega) &= |S(\omega)|^2 U^2 S_v \sum_r |J_r(\omega)|^2 \Xi_r^2(\omega) \end{aligned} \quad (3)$$

ここに、 $S(\omega)$, S_v はそれぞれ、Sears 関数および風の乱れの鉛直成分のパワースペクトルである。また、 $J_r(\omega)$ は、 r 次モードのいわゆる Joint-Acceptance で、乱れの空間相関を、指数関数で近似することにより計算できるが、その際、乱れのスケールを $L = \frac{1}{30} \frac{U}{\omega}$ とした。また、 $Y_r(\omega)$, $\Xi_r(\omega)$ は、平均風速による動的空気力を考慮した周波数応答関数であるが、たわみ揺れ連成振動については、たわみおよび揺れの 1 次モード同志、2 次モード同志が連成するとした。

図-3, 4 に応答の 1 例として、スパン中央のたわみのパワースペクトルを示す。図-3 はたわみと揺れがほとんど連成せずに、独立に振動している低風速時の応答で、図-4 は、たわみ揺れ 2 自由度振動が卓越しているフラッター風速近くの応答である。計算値は、破線および点鎖線によって 1 次および 2 次のモードについての計算値を示した。2 次のモードの計算値が実験値より大きくなってきているが、ほぼ計算値と実験値は一致していると言えよう。また計算においては、空力増幅関数は、Sears 関数と仮定したが、低周波数において、実験値は計算値より小さくなっている。このことはⅡで述べた平板の空力増幅関数の実験値が $R < 0.25$ で、Sears 関数より小さくなることを考慮すればうなずける。また計算においては、乱れの空間相関の虚数部を無視して、 $\sqrt{\text{Coherence}} = e^{-\frac{12.5x}{L}}$ として計算したが、応答の大きさは空間相関によりかなり左右されることを考えれば、これらについては今後検討の余地があるう。

[参考文献] 1) "円筒内におけるせん断流れに関する模擬実験" 構造物の耐風性に関する第 2 回シンポジウム 1972
2) 白鳥, "変動風をうける平板状構造物の耐風応答特性に関する基礎的研究" 土木学会論文集 1971. 11
3) A.G. Davenport "A statistical approach to the treatment of wind loading on tall masts and suspension bridges" PhD Dissertation, Univ. of Bristol, March, 1961

