

三菱重工業(株) 長崎研究所 正員 斎藤 通
 三菱重工業(株) 長崎研究所 正員 坂田 弘
 三菱重工業(株) 長崎研究所 藤本 信弘

§ 1. まえがき

従来、実橋の耐風性を推定する方法の一つとして、部分模型試験結果より *Strip Theory* を用いて推定する方法がある。本方法は主として細長比の大きな構造物に適用されているが、架設初期の細長比の小さな状態の橋梁、吊橋主塔、煙突等の塔状構造物の場合には、端部の流れの巻き込みにより構造物軸方向の空気力分布が影響を受け様でなくなる事が予想されるので、

上記推定法をそのまま適用するには問題があると考えられる。過去に実施された有限柱の試験結果⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾によれば、図1に示すように端部の流れの巻き込みにより、空力諸量への影響は細長比 (H/D) が50以下より生ずるようであり、架設初期の橋梁、吊橋主塔、煙突等の耐風性の検討を行なうに当っては、この端部の影響を考慮する必要がある。このため、とりあえず円柱を対象に、端部での気流の巻き込みが、円柱の軸方向の変動空気力(交番渦に起因する)分布にどんな影響を与えるかを調べる事とした。

§ 2. 実験概略

細長比 (H/D) が10、直径が100 mm の円柱(剛体模型)を図2に示すように、基部をピンで支持し、頂部にとりつけたスプリングにより、風に直角方向の1自由度曲げ振動系にした。実験では、模型を外部より数種の振幅で強制的に定常加振し、各風速、各振動振幅における模型表面に作用する変動圧力を計測した(強制振動法による非定常圧力試験)。

§ 3. 実験結果

図3、及び図4には変動圧力の振動数成分の変化特性を示す。図3、及び図4よりわかるように、円柱基部より円柱上部の方がロフインする風速領域が広い。これは基部より上部の方が振動振幅が大きいためと考えられ2次元円柱の場合と定性的に同じである⁽⁴⁾。又、図4よりわかるように変動圧力より求めた、有限円柱のストローハル数は、今回の計測では高さ方向に一定で0.18であり、図1に示す従来の結果と比較的良好一致する。

次に、図5、図6は、変動揚力の内、加振振動数に一致した振動数成分のみを取り出し複素表示した時の虚数部 (CL_I) の rms 値を示したものである。 CL_I (rms) 値は下式で定義される。

$$CL_I = \frac{F_o \sin \phi_o}{\frac{1}{2} \rho V^2 D} \quad \text{--- (1)}$$

上式中各記号は以下の諸量を示す。

F_o : 単位長さ当りの変動揚力の固有振動数 (f_o) 成分の大きさ (rms 値), ϕ_o : 変動揚力の固有振動数 (f_o) 成分と振動変位との位相差, ρ : 空気密度, V : 風速, D : 円柱の直径

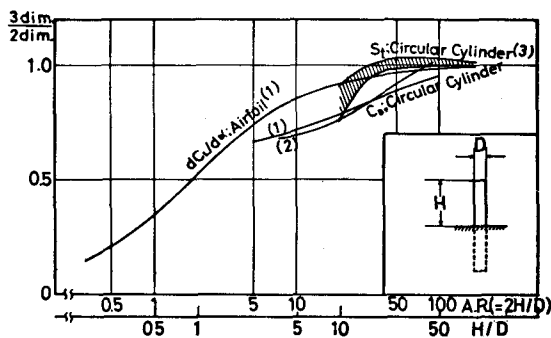


図1. 細長比と空力諸量の関係

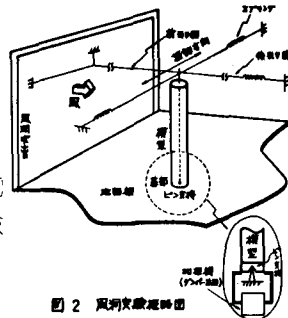


図2. 風洞実験装置図

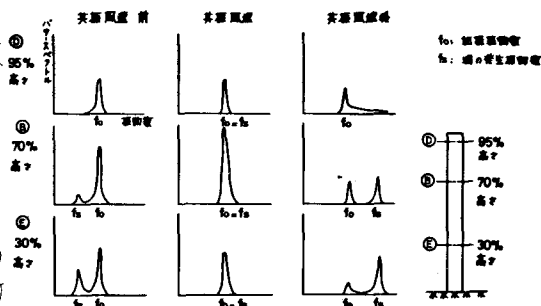


図3. 変動圧力の振動数成分

図5よりわかるように断面に働く C_{Li} は、加振振幅により異なるようで、全般的には加振振幅が大きくなる程 C_{Li} は大きくなるようである。本結果は2次元円柱の場合と同様で、励振力が振動振幅に対して非線形性を有している又は、自励的な要素を有している為と考えられる。尚◎断面については、今回の計測では2次元円柱に見られたような共振風速付近での C_{Li} の負から正への急激な逆転は観測されなかった。図6は強制加振状態での有限円柱高さ方向の各断面における C_{Li} の変化特性の一例を示したものである。図6よりわかるように C_{Li} は◎(85%高さ)又はⒺ(70%高さ)断面の辺りがもっと大きい。又、図5と図6を比較してわかるように各断面に作用する C_{Li} は上記振動振幅の違いだけでなく高さによっても異なっているようで、端部の流れの巻き込みにより励振力の円柱軸方向の分布形状が何らかの影響を受けているようである。図7には各風速における円柱軸方向の C_{Li} 分布を示す。図7よりわかるように C_{Li} の軸方向の分布形状は風速によっても異なり、全体としては $\frac{f_0 D}{V}$ が0.16付近で最大となるようである。交番渦のストローハル数よりも高い風速で渦励振振動がピークを迎える事が予想される。

§4. あとがき 以上の解析は、加振振動数に対応した励振力を線形的に解析した結果である。本結果を有限円柱の振動振幅の計算に結びつけるには今後励振力の非線形性も検討する必要があるものと考えられる。

文献: 1) Sigurd H. Hoerner, Fluid Dynamic Drag, 1938. 2) Vickerly B. J., Load Fluctuations in Turbulent Flow, Proc. ASCE, EM1, 1968. 3) 岡本哲史他、一様流に平行な平面に垂直に置かれた有限円柱の流れに関する実験的研究, 日本機械学会論文集313号, 547.9. 4) T. Yano et al., Study on Aerodynamic Force Acting on an Oscillating Cylinder, Proc. of Wind Effects on Buildings and Structures, Tokyo, 1971

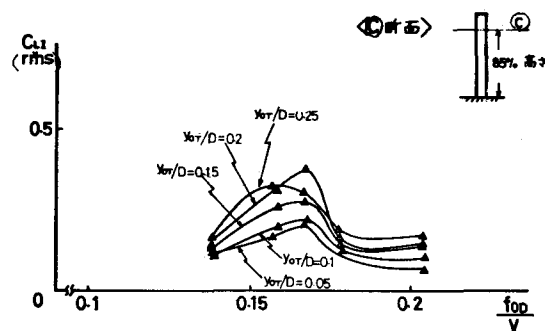


図5 動的揚力係数の虚数部のrms値 $C_{Li}(\text{rms})$

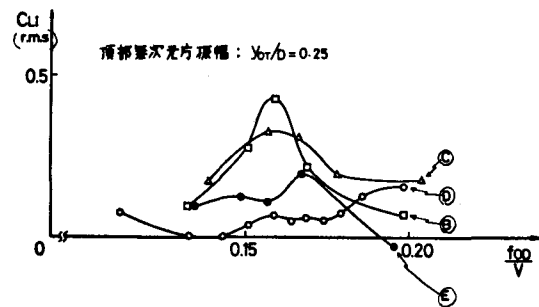


図6 動的揚力係数の虚数部のrms値 $C_{Li}(\text{rms})$

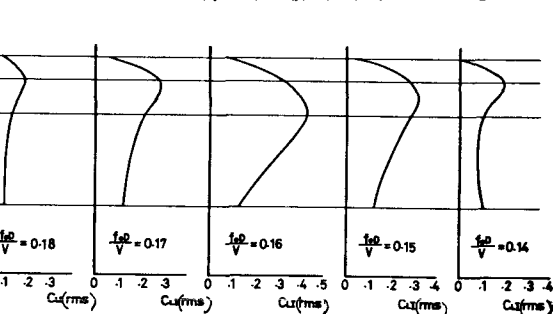


図7 円柱軸方向の C_{Li} 分布

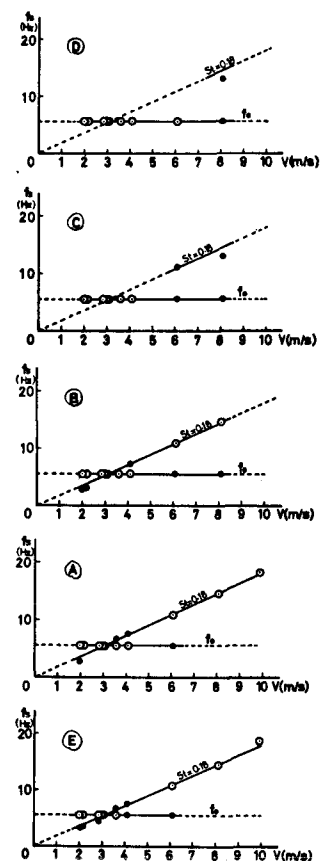


図8 変動圧力の変動係数変化