

並列柱の空力特性に関する基礎的研究

京都大学 正員 白石 成人
京都大学 正員 白土 博通

京都大学 正員 松本 勝
京都大学 正員 真下 兼人
京都大学 正員 佐川 信之

本研究は多導体送電線や斜張橋ケーブルのような主流方向に並んだ二本円柱において、上流側円柱の後流域で出現する下流側円柱の発散的な空力振動現象 (*wake galloping*) について考察を加えるものである。円柱の後流領域内における気流の状態は、気流の強さが非常に大きくかつストロハル数成分を中心とする近傍において、その変動成分のパワーの大部分を兼する独自の変動風速スペクトル分布をもちこに加えて、これらの気流特性と主流方向平均風速分布が後流域で不均質である特性を有するものと考えられる。一方 *wake galloping* に関するこれまでの研究報告によれば、後流域内における気流特性の主たる原因は、風上側に位置する円柱が放出する交番渦と考えられるが、仮にこの交番渦が *wake galloping* を生起させるものとするれば、一様な気流現象に基づく空力振動がある限定された風速のみで発生するものと考えられる。ところが実際はある限界値を超える風速域において不足であり、かつ後流域の内と外に物体が位置するという大振幅振動である。したがって、後流域の気流特性が *wake galloping* を支配する要因であるとは言いがたく、むしろ主流方向の平均風速がある分布をもち、この中で物体が振動することによるいわゆる非対称風速分布中の運動がこの現象に密接に関連があるものと考えられる。

本研究では Fig. 1 のように上流側円柱を固定し、下流側円柱の相対位置を変化させて *wake galloping* と呼ばれる空力現象を風洞内に再現し、その応答特性を調べた。
wake galloping と思われる応答が起こるのは $(\beta d, 0^\circ)$ および $(\beta d, 4^\circ)$ の二ケースの

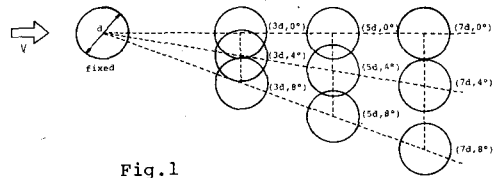


Fig. 1

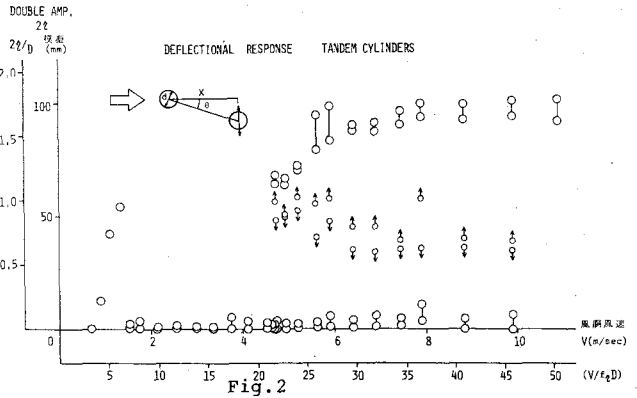


Fig. 2

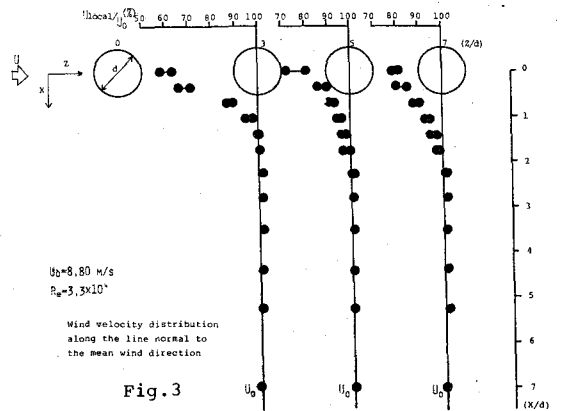
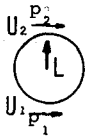


Fig. 3

みであり、(3d)においてFig.2のように安定および不安定リミットサイクルを有する状態が現れている。Fig.3は8.80%の風洞風速における円柱の後流およびその周辺の主流方向平均風速分布である。ある風速分布を有する後流内におかれた円柱に作用する揚力も近似的にこのように表す。



$U_1 > U_2$ とすれば Bernoulli の式より $\frac{1}{2}\rho U_1^2 + P_1 = \frac{1}{2}\rho U_2^2 + P_2$ $\therefore P_1 < P_2$

$P_1 d + L - P_2 d = 0$ より $L = (P_2 - P_1)d = \frac{1}{2}\rho(U_1^2 - U_2^2)d$

つまり2点の風速 U_1, U_2 の差が大きければ揚力は大きいと考えられる。円柱間隔 $3d$ の風速勾配が $5d$ や $7d$ に比べ大きくなっており、 $5d$ や $7d$ で wake galloping が起こるから、これは、振動を生じめるのに十分な風速勾配が現れているためと判断される。また非対称渦流の発生にあたっては、本研究では並列2本円柱を用いた。つまり左図において $U_1 < U_2$ 、 U_0 の関係があると考えられ、円柱間隔を変えよることによって、 U_1 が U_0 と U_2 の間で変化する。Fig.4および5は、円柱間隔の変化に対する固定円柱付近(円断面の中心から距離 d の位置)の風速および固定円柱に働く定常星気力の測定結果である。2本の円柱間には斥力が働き、その間隔が小さくなるほど、斥力は大きくなっていくがこれは前述したように円柱の両側の風速差が大きいため円柱が受ける星気力が大きいことから容易に理解できる。さらに非対称渦中における変動星気力特性を調べるため、星気力換算用のモデルを固定し、他の円柱を正弦的に近づけたり遠ざけたりすることにより、非定常非対称渦を発生させ、その非定常星気力特性を測定した。

2ここでは非定常星気力を変位と速度のみの関数と見なし、星気力周波数応答関数 $X(\omega), Y(\omega)$ を用い、以下のように表す。

$$L = \frac{1}{2}\rho D U^2 \frac{\partial C_L}{\partial \beta} (X_R + iX_I) + \frac{1}{2}\rho D U^2 \frac{\partial C_L}{\partial \alpha} (Y_R + iY_I) \\ = A(X_R + iX_I) + B(Y_R + iY_I) = (AX_R - BY_I) + (iAX_I + BY_R)$$

Fig.6に $\phi-k$ 図を示す。 $\tan \phi = \frac{AX_I + BY_R}{AX_R - BY_I}$ により wake galloping が起る。つまり風速域では変位に対する星気力の位相差 ϕ は正で位相先行になっている。wake galloping が起る。つまり低風速域においても $\phi > 0$ であるが、これは振動の発生が星気力の仕事と構造域からの仕事とのバランスで左右されることによると思われる。

