

日本鋼管(株) 正員 °北川貴一 辻松雄 村田守

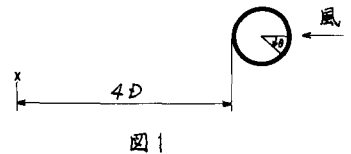
1. まえがき 強制加振された円柱に作用する揚力 K は、ロックイン領域を外れた風速域で、円柱の加振振動数に一致する成分(周波数応答成分)と後流のカルマン渦の周波数に一致する成分(ストローハル数成分)が存在することが従来の研究で認められている。周波数応答成分に関しては、変位との位相差を考慮して、従来から測定されているが、ストローハル数成分に関しては、スペクトル解析によっているようで、位相差が無視されていると思われる。従って、ここでは位相差をも考慮に入れて、後流の風速変動と同一周波数で、それとある位相差をもつ非定常揚力の成分をストローハル数成分として、それを測定すると共に、測定結果からデータ解析法の考察を行うものである。円柱まわりの圧力に注目したのは、ロードセルによって揚力を求めると、空間相関の問題が入り込むと考えられるためであり、また圧力分布による方が何らかの情報が得られるのではないかと考えたからである。

2. 実験装置 模型はFRP製(長さ1.6m, 外径203.6mm, 重量2.1kg)で、端から50cmの所に円周方向30°毎に圧力孔を設け、端板外の圧力変換器に内径1.6mmのビニールチューブで接続されている。圧力変換器は可変インダクタンス型で、これにソレノイドドライブ機械式スキャナーを組合せ、各計測孔の圧力を順次切換えて測定する。後流に熱線風速計(Ⅰ型プローブ使用)を図1の位置に置き、圧力と風速変動を同時測定する。模型の加振にはサーボモータを用いた加振器を使用する。尚、実験は日本鋼管(株)技術研究所の水平単回路式ゲッチンゲン型風洞で行った。

3. データ解析法 各圧力孔の圧力の変動成分の位相の基準として、ストローハル数成分では熱線風速計の出力を、周波数応答成分では模型変位を用いる。任意時刻 t を原点として、短い時間 T 内で $\cos \omega t$ と熱線出力(又は模型変位)及び圧力との位相差 ϕ_1, ϕ_2 を次式より求める。

$$C_R = \frac{1}{\frac{1}{2}\rho V^2} \frac{2}{T} \int_0^T \{x(t) - x_m\} \cos \omega t dt, \quad \phi = \tan^{-1} \frac{C_I}{C_R}$$

$$C_I = \frac{1}{\frac{1}{2}\rho V^2} \frac{2}{T} \int_0^T \{x(t) - x_m\} \sin \omega t dt, \quad C_o = \sqrt{C_R^2 + C_I^2}$$



熱線出力(又は模型変位)と圧力との位相差は $\phi_2 - \phi_1$ で求める。

ストローハル数成分を求める場合、後流の風速変動が安定せず、サンプル途中で位相がずれる可能性があるため、数波毎に積分を行い、全体のサンプル時間(2分間)の平均をとった。

4. 実験結果及び考察 図2に後流渦のロックイン領域(曲線は熱線出力のスペクトルのオービークが模型の加振振動数に一致する点を結んだもの)を示し、図3.1~図5.3にスペクトル図及び圧力測定結果の一部を示す。図2の○×等の印は、図3~5の圧力測定を行った時の風速及び模型の加振振中をロックイン領域と対比させて示している。図3はロックイン領域よりもずっと小さい風速域での測定結果で、スペクトル図を見ると、熱線には見られない周波数応答成分が圧力のスペクトルに現われている。図4はロックイン領域に近い風速域での測定結果で、周波数応答成分、ストローハル数成分の両成分が見られ、図5ではストローハル数成分が卓越している。

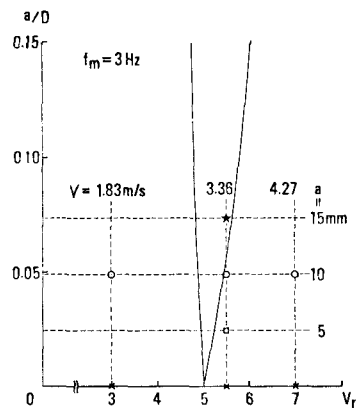


図2 ロックイン領域

圧力測定結果を見ると、ストローハル数成分はロックイン領域の近傍及び離れた風速域で、風速及び振中の影響をそれ程受けておらず、周波数応答成分は風速及び振中の影響を大きく受けている。これらの結果は、定性的に両成分の違いをはっきりと示しており、3.で述べた方法、即ち、位相を重視して高々2~3波程度のデータに分割しても、分解能の点で問題が残るが、ストローハル数成分の測定が可能であると思われる。周波数応答成分が円柱の上下で非対称な分布になっているが、これは圧力の変動部分の大きさ自体の差ではなく、位相が下側(0~180°)で時間的に不安定で、その結果図のように非対称になったと思われる。この原因を色々検討したが、明らかにはならなかった。

5. あとがき 非定常揚力の内のストローハル数成分を測定するため一つの解析法を提案し、それが有望な手法で、興味ある結果が得られることがわかった。今後、この解析法を用いて非定常揚力の測定を行い、渦励振応答推定の一助とする予定である。

