

住友重機械工業(株)

正員 鹿島圭央

九州大学応用力学研究所

正員 平田勝哉、同 中村泰治、深町信尊

1.はじめに 一様流中に置かれた矩形断面柱などの二次元物体には、しばしばギャロッピングといわれる曲げ-自由度フラッタが生じる。円柱に関しては、矩形断面柱などと異なりギャロッピングは発生せず、渦励振以外の剥離フラッタは起こらないことが知られている。しかし、後流中にスプリッタ板(風洞壁に固定)を挿入すると、円柱でもギャロッピングが発生する。著者らは、スプリッタ板つき円柱において発生するギャロッピングの発生機構解明のために、自由振動実験などをおこなってきた(文献1)。今回、過去の研究に加えて、円柱表面の圧力測定と流れの可視化をおこない、スプリッタ板つき円柱のギャロッピングについての一考察をおこなった。

2.実験方法 この実験で使用したモデルの概略図を、図1に示す。ここで、 D :円柱の直径、 L :スプリッタ板の長さ、 S :円柱のスパン方向長さである。なお、スプリッタ板は、十分長くし、かつ十分厚くして、モデルとの間隔はできるだけ狭くした。

(1)強制振動実験による表面圧力測定 無次元風速 \bar{U} ($=U/(f \times D)$ 、 U :風洞風速、 f :物体振動数)を3~15の範囲で、 $0.1D$ の振幅で流れに直角方向に強制振動させたときの時間平均圧力 P 、変動圧力の物体振動数成分 P_y 、この P_y と物体変位との位相差 ϕ を測定した。圧力は動圧($0.5\rho U^2$)で除して無次元化し C_p 、 C_{py} とする。スプリッタ板の長さ L は $15.0D$ とした。この理由は、先の実験(文献1)により、この長さならば、実験をおこなう無次元風速域においては、スプリッタ板が無限に長いときの流れと同等の流れが実現できることが、確認されたためである。 D を代表長としたレイノルズ数は $1.2 \times 10^4 \sim 3.0 \times 10^4$ である。

(2)流れの可視化実験 無次元風速 \bar{U} を3~10の範囲で、 $0.1D$ の振幅で、流れに直角方向に強制振動させたときの円柱周りの流れを、スモーク・ワイヤー法で可視化する。スプリッタ板の長さ L は $12.2D$ としたが、理由は強制振動実験と同様である。レイノルズ数は $0.7 \times 10^4 \sim 1.0 \times 10^4$ である。

3.実験結果および考察 図2に、先の自由振動実験の結果を示す。 \bar{U} が高いとき、空力発散率 β は正であり、ギャロッピングが発生しているが、無次元風速が減少していくと、 $\bar{U} < 4.7$ では β が負になり、ギャロッピングは発生しなくなる。このことから、(a)ギャロッピングが発生している場合と、(b)ギャロッピングが発生していない場合の代表的な流れについて、表面の平均圧力分布と瞬間圧力分布を描いたものを、それぞれ図3((a) $\bar{U}=12$ 、(b) $\bar{U}=3$)に示す。この圧力分布図では、円柱の内部で圧力係数が正の値、表面でゼロ、外側で負の値をとるように示してある。よって、下面側でみた場合、瞬間圧力が平均圧力より負圧側(外側)にあれば、励振力がその部分に働いていることを示す。また、ギャロッピングが発生している場合と、していない場合との、代表的な流れの可視化写真を、図4((a) $\bar{U}=10$ 、(b) $\bar{U}=3$)に示す。図3(a)($\bar{U}=12$)と図4(a)($\bar{U}=10$)では、 \bar{U} が多少異なるが定性的議論では問題ないと考える。なお、図3、4は、いずれも円柱が正の相対迎角最大の瞬間(下方運動中の中立点通過の瞬間)のものである。

ギャロッピングが発生している場合の圧力分布である図3(a)をみると、上流から 60° の付近から下流へかけて励振力が作用している。この励振力が、上流から 60° 付近まで作用している弱い減衰力に勝っているため、ギャロッピングが発生しているのである。また、減衰力の方は、相対迎角の作用によって、前方淀み点や剥離点が相対的に下面側に移動したことが原因で、このために上流側の正の圧力値を示す領域が下面側へずれて減衰力が働くのである。

一方、ギャロッピングが発生していない場合の圧力分布である図3(b)をみると、上流から $90^\circ \sim 120^\circ$ の付近に励振力は作用しているが微弱である。対照的に、上流から 90° 付近まで作用している減衰力は、ギャロッピングが発生しているときの図3(a)に比べかなり強くなっている。これは、振幅が一定の条件のもとで、 \bar{U} が低下したことにより、相対迎角の最大値が増加して、前方淀み点や剥離点がギャロッピングが発生しているときよりも相対的に下面側へずれたことによる。そのため、上流側の減衰力が強化され下流側の励振力を陵駕し、ギャロッピングが発生しなくなったのである。ただし、図4(a)、(b)の可視化写真からは、これらの状況は、はっきりとはわからない。

4.おわりに スプリッタ板つき円柱のギャロッピングは、剥離点より下流で生じる励振力のために発生する。しかし、無次元風速 \bar{U} が低下するにしたがって相対迎角の最大値が増加し、上流側で前方淀み点や剥離点が、より運動方向側へ移動する。そのために、上流側の減衰力が、励振力を陵駕して、ギャロッピングはおさまる。

参考文献 1) 鹿島、平田:スプリッタ板つき円柱のギャロッピング、

土木学会第46回年次学術講演会概要集、平成3年9月

2) 占部、平田、中村:スプリッタ板付き矩形断面柱のギャロッピング(その2)、

土木学会第45回年次学術講演会概要集、平成2年9月

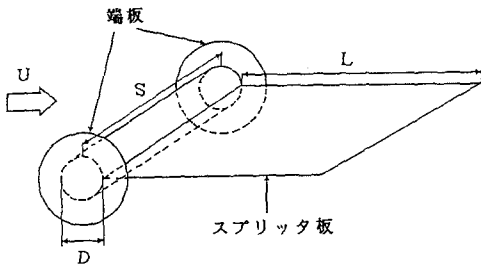


図1. 実験モデルの概略図.

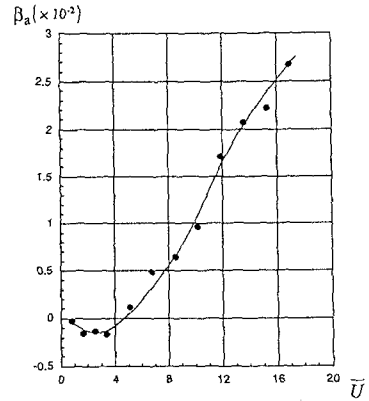


図2. 自由振動実験の結果(文献1).
 $Sc=6.7$, $\mu=290$, $Re=3300\sim 67000$,
 $L=15D$, 測定振幅 $=0.1D$.

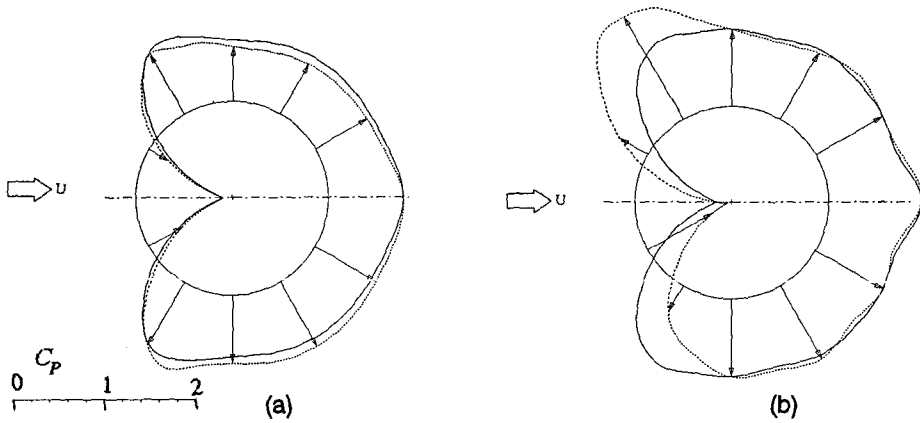
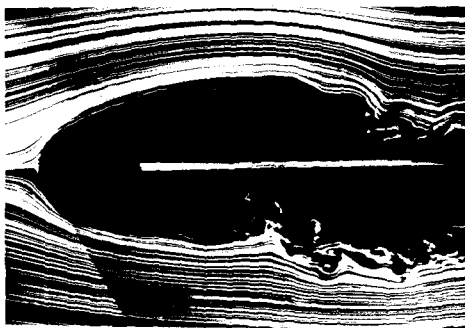
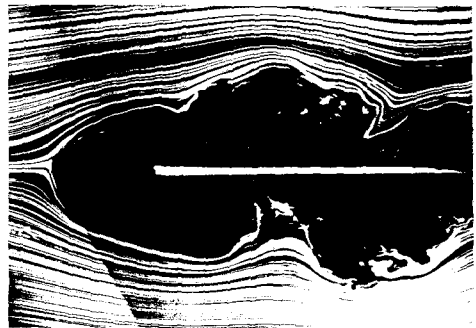


図3. 表面の圧力分布. (a) $\bar{U}=12$; (b) $\bar{U}=3$.

実線, 時間平均圧力; 点線, 円柱が下に運動中でかつ, 中立点を通過した瞬間の圧力.



(a)



(b)

図4. 煙による流れの可視化. (a) $\bar{U}=10$; (b) $\bar{U}=3$.

撮影の瞬間は, 円柱が下に運動中でかつ, 中立点を通過したとき.