

I-378

スプリッタ板付き矩形断面柱の低速ギャロッピングに関する実験的研究

九州大学応用力学研究所

学生員 占部 達也

杉谷 賢一郎

正員 中村 泰治

正員 平田 勝哉

1. まえがき 辺長比の小さい矩形断面柱($d/h=0.2, 0.4$: d は流れ方向の長さ、 h は流れに直角方向の長さ)では低速域($U < U_c$)において曲げ1自由度フラッタが生じ、またこれは、柱体背後に十分長いスプリッタ板を挿入した場合にも同様に発生することが、中村・松川¹⁾によって指摘された。この励振を著者等はここで低速ギャロッピングと呼ぶ²⁾が、この流体力学的機構の解明を目的として、水槽においてスプリッタ板の有無に注目して、側面圧力測定並びに流れの可視化を行なった。今回は、 $d/h=0.2$ のモデルの周波数応答について報告する。本稿で使用される U は、 $U=f_v h$ で定義される無次元流速で、 U は流速、 f_v は物体の加振振動数である。 U_c は f_v が物体の渦放出振動数 f_v に等しい流速である。

2. 実験装置及び実験方法 本実験は、幅 x 深さ x 長さ $=40\text{cm} \times 40\text{cm} \times 1,000\text{cm}$ の曳航式水路において行なわれた。曳航台車上に設置された加振装置にモデルを取り付け一定速度で装置を曳航しながら加振し、加振振動数を変化させることにより所定の無次元流速を実現した。

圧力測定用モデルは、真鍮製、 $d=1\text{cm}$ 、 $h=5\text{cm}$ 、スパンは 35cm 、スプリッタ板の長さは 43cm ($8.6h$)である。またモデルとスプリッタ板との隙間は 3mm ($0.06h$)である。モデル側面のスパン中央部に2個の圧力孔(内径 1mm)が、それぞれ前縁及び後縁より 2mm の位置に配置されている。以下前縁側及び後縁側の圧力孔をそれぞれ圧力孔A及び圧力孔Bと呼ぶ。各測点の圧力は内径 2mm の導圧管を経て圧力変換器に伝えられる。実験時の流速は 20cm/s ($Re=1.0 \times 10^4$)であり、 f_v を $3.0 \sim 0.5\text{Hz}$ と変化させることにより $U=1.00 \sim 8.00$ を得た(但し、 $U=1.00$ のみ $U=15\text{cm/s}$ 、 $f_v=3.0\text{Hz}$ 、 $Re=7.5 \times 10^3$)。それぞれの流速に対し平均圧力、変動圧力及び物体振動と変動圧力との位相差を、それぞれスプリッタ板のある場合と無い場合について測定した。閉塞率は 12.5% であるが、定性的にはその影響は小さいとし、補正は行なっていない。

流れの可視化には水素気泡法が用いられた。モデルは真鍮製、 $d=0.4\text{cm}$ 、 $h=2\text{cm}$ 、スパンは 35cm 、 $U=3\text{cm/s}$ ($Re=6.0 \times 10^2$)である。

3. 実験結果及び考察 側面上の平均圧、変動圧及び位相差を図1～6に示す。図1～3では圧力孔Aにおいてスプリッタ板のある場合と無い場合の値を、図4～6ではスプリッタ板のある場合の圧力孔A、Bの値をそれぞれ示した。ここでの位相差は、物体振動と負圧の変動との位相差を測定したため、負値が励振側、正値が減衰側となる。

図3よりスプリッタ板のない場合、低速域において既に励振が存在し、渦共振を経て高速域($U > U_c$)で減衰側となっており、中村・松川¹⁾の風洞における実験結果とよく一致している。

図2,3より、スプリッタ板を挿入することにより共振域($U=U_c$)における位相の急変及び変動圧のピークという共振特性は消滅するが、低速域における変動圧及び位相差は、スプリッタ板の無い場合とほぼ一致している。これは、低速域では振動が早いために、物体後方の影響よりも物体のごく近傍の流れによる寄与が支配的になるためであると思われる。また、 U が下がるにつれて変動圧は急激に増大し、位相差は減衰側に近づくことが分かる。

図1より、平均圧はスプリッタ板の無い場合 $U=2.22$ においてピークを有する。これは変動圧のストローハル成分のピークと対応しており、臨界断面である³⁾ことを暗示している。また、スプリッタ板を挿入することにより平均圧の値が全ての U にわたり全体的に低下するのは、渦の巻き込みが妨げられるためであると考えられる。

図3において、スプリッタ板のある場合、位相角は $U=4.00$ において不連続な変化を示すが、その原因は未だ不明である。

図4,5,6において圧力孔A、Bの違いによる差はほとんど見られない事は、モデルが $d/h=0.2$ と薄いため側面上の圧力分布はほぼ一様となっていることを示唆している。

可視化の写真を図7,8に示す。無次元流速はそれぞれ $U=4.00$ 及び $U=\infty$ である。

4. まとめ 低速域においては、変動圧力及びその位相差はスプリッタ板の有無に依らない。このことは、低速ギャロッピングが物体のごく近傍の流れが支配的となって発生するものであることを示している。スプリッタ板付き高速ギャロッピングの発生機構の詳細については現在研究中である。

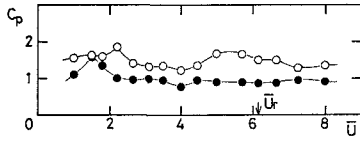


図1 側面平均圧

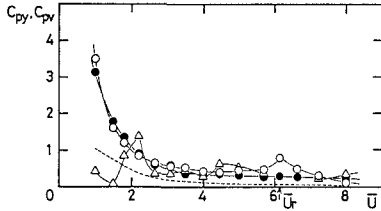


図2 側面変動圧

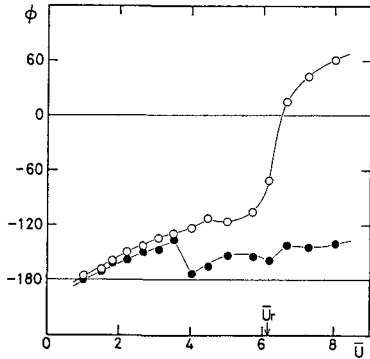


図3 物体振動と側面変動圧との位相差

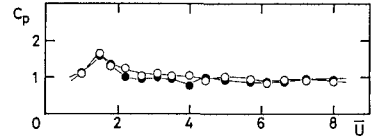


図4 側面平均圧

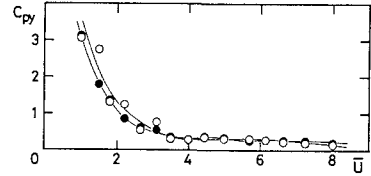


図5 側面変動圧

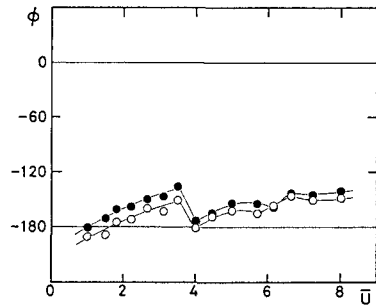


図6 物体振動と側面変動圧との位相差

スプリッタ板のある場合と無い場合の比較（圧力孔A）

- スプリッタ板あり
- スプリッタ板無し
- △ 変動圧 f_v 成分
- Virtual massの寄与

スプリッタ板のある場合の圧力孔A, Bの比較

- 圧力孔A
- 圧力孔B

水素気泡法による流れの可視化

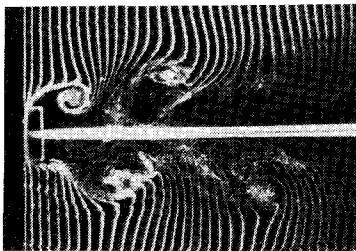


図7 $U=4.00$

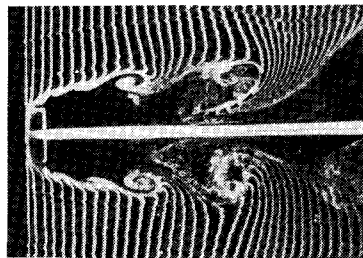


図8 $U=∞$

- 参考文献
- 1) Y.Nakamura & T.Matsukawa : J.F.M., vol.180, 1987
 - 2) 中村・平田 : 土木学会講演集, 1989 掲載予定
 - 3) Y.Nakamura & K.Hirata : submitted to J.F.M.