

九州大学応用力学研究所 正員 岡島 厚

九州大学応用力学研究所 杉谷 賢一郎

1. まえがき. 前報⁽¹⁾では、流れに並列におかれた2本の円柱に働く空気力をすき間間隔 $S=0\sim 2d$ で種々変えて測定した。そしてレイノルズ数が亜臨界域の場合、従来の実験結果と比較検討して、本実験の妥当性を示した後、円柱表面に層流バブルの形成される超臨界域の静圧分布を測定した。その結果、超臨界域においても、すき間の狭い場合偏り流れや付着流れが生じ、円柱に働く揚力は正あるいは負の非常に大きい値となることなどを明らかにした。そこで、本実験では、この超臨界域において特にすき間の狭い場合に注目し、静圧分布、後流の速度分布および後流のストロハル数など並列2本円柱周りの流れについて詳細に調べた。

2. 実験装置と実験方法. 実験装置および方法は前報におけるものと同じである。ただし、2本円柱の静圧分布は共に、円周 5° おきに測定し、後流の速度分布は円柱中心から $x=2.5d$ (d は円柱直径、16.5cm) 下流の位置で熱線風速計フローブを y 方向に移動させて測定した。本実験のレイノルズ数は $Re(=Ud/\nu)$ ； U は一様流速、 ν は空気の動粘性係数) $=3.4\times 10^5, 4.5\times 10^5$ である。

3. 実験結果

3.1. 静圧分布と後流速度分布. 図1, 2にレイノルズ数 $Re=4.5\times 10^5$ 、すき間間隔 $S=2d$ 、 d の静圧分布および円柱中心から $2.5d$ 下流の速度分布の定常分 $\bar{V}=\bar{v}/U$ (図中○EP) と変動分のR.M.S.値 $\tilde{V}=\tilde{v}/U$ (図中●EP) を示す。前報でも述べた如く、この場合2本の円柱の上下面には層流バブルが形成されており、図1, 2の(a)に示す $S=2d$ 、 d の静圧分布は単独の場合⁽²⁾とほとんど同じである。また、図1(b)の後流の速度分布に示すごとく、 $S=2d$ の場合円柱相互の干渉は比較的少く、偏り流れはほとんど認められない。超臨界域の後流の速度分布を測定した例は単独の場合でも無いので、 $S=2d$ の場合の $\bar{V}$ 、 $\tilde{V}$ の測定結果を亜臨界域の単独円柱^(3,4)の場合と比較して表1に示す。超臨界域における後流幅は亜臨界域に比べかなり狭く、しかも $\bar{V}$ の最小値は小さい。また変動分 $\tilde{V}$ の最大値は若干大

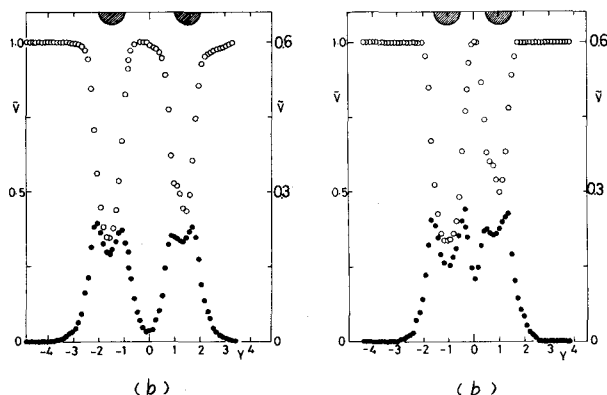
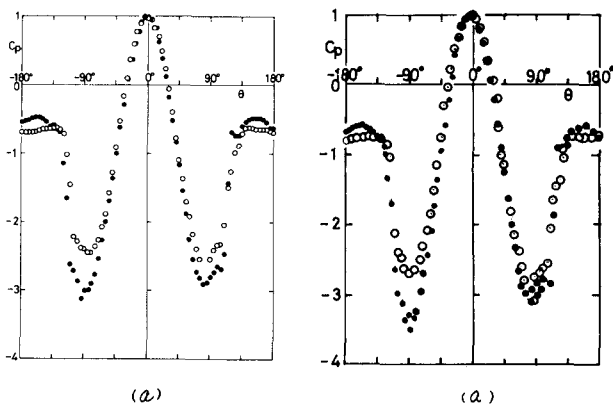


図1. 並列2本円柱の(a)静圧分布と(b)後流速度分布。 $Re=4.5\times 10^5$ $S=2d$

図2. 並列2本円柱の(a)静圧分布と(b)後流速度分布。 $Re=4.5\times 10^5$ $S=d$

表1. 後流速度分布の比較

($S=2d$ の並列2本円柱の超臨界域と単独円柱の亜臨界域)

	超臨界域 $Re=4.5\times 10^5$	亜臨界域 文献(3) $Re=1.6\times 10^4$	亜臨界域 文献(4) $Re=1.06\times 10^5$
後流幅($\bar{V}$)	1	1.5	2.4
$\bar{V}$ の最小値	0.35~0.4	0.65	0.6
$\tilde{V}$ の最大値	25%	10%	20%
$\tilde{V}$ の最大となる y	0.5	0.5	0.55

(注) 円柱の中心より $x=2.5d$ 下流の位置で比較

きい。次に $S=d$ の場合には、図 2 b に示すように偏り流れの徴候が見られる。そしてすき間間隔がさらに狭くなると、偏り流れは顕著となり、ついには一方の内柱表面のみ付着して流れるようになる。例えば図 3(a) の $S=d/8$ の場合の如く、一方の内柱には上下面に層流バブルが形成されているが、他方の内柱では外側のみ層流バブルが生じ、内側は形成されない。そのため、この内柱に作用する揚力は抵抗値の約 3 倍の外向き大きな値に達する。なお、レイノルズ数の低い 3.4×10^5 の場合には、 $S=d \sim 3/4 d$ 以下になると内側の層流バブルの形成が不安定となることから、内側の層流バブルが形成され難くなるのはすき間の流れに偏りが生ずると共に、内柱表面の粘性境界層により流れ難くなるためと考えられる。また、この時の 2 本内柱後流の速度分布は合体した形状となる。次に、図 4 にすき間間隔 $S=d/16$ の場合を示す。すき間の流れはさらに流れ難くなり、2 本内柱の外側のみ層流バブルが生じ内側には共に形成されない。従って、図 4(a) の静圧分布はほぼ同一であり、内側では共に $C_p \approx -1$ に対し、外側の静圧は $C_p \approx -3$ で低圧となり、両内柱には外向きの非常に大きな揚力が働いている。また、後流の速度分布は、すき間からの流れが若干あるが、2 本内柱よりむしろ一つの物体後流の形状を呈しており、後述の如く非常に周期性の高い渦列が生じている。

3.2. 後流の速度変動のパワー・スペクトル密度分布。図 5(a) ($Re=3.4 \times 10^5$)、5(b) ($Re=4.5 \times 10^5$) には内柱後流 ($X=2.5d$) における速度変動のパワー・スペクトル密度分布のすき間間隔に対する変化を示す。いずれのパワー・スペクトル密度分布も帯域に広がっており、超臨界域特有の形状を呈している。図 5(a) の $S=2d$ の場合、卓越ストロハル数 $St=(fd/U; f$ は後流の速度変動の周波数) は特にない帯域に及び、 $St=0.33$ 、 0.19 にピークが見られる。 $St=0.33$ は単独内柱の超臨界域における値に近い。図 5(a)、(b) 共に、すき間間隔の減少に伴い $St \approx 0.19$ の方のピークが支配的になり、漸次卓越ストロハル数の値が小さくなる。そして $S=d/16$ の場合、 $St=0.13$ のピークは鋭く、周期性の高い渦が生じていることがわかる。

参考文献
 (1) 岡島・原田 土木学会講演集 I (1978) (3) M. S. Bloor et al, Proc. Roy. Soc. A 294 (1966)
 (2) A. Roshko, J. Fluid Mech. 10 (1961) (4) F. B. Hanson et al, Trans ASME (1968) J. Basic Eng.

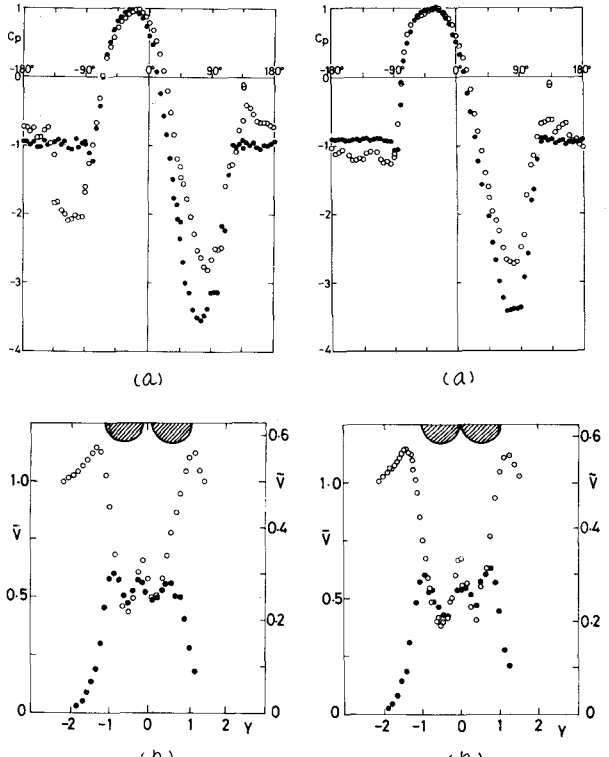


図 3. 並列 2 本内柱の (a) 静圧分布と (b) 後流速度分布 ($X=2.5d$)
 $Re=3.4 \times 10^5$, $S=d/8$

図 4. 並列 2 本内柱の (a) 静圧分布と (b) 後流速度分布 ($X=2.5d$)
 $Re=4.5 \times 10^5$, $S=d/16$

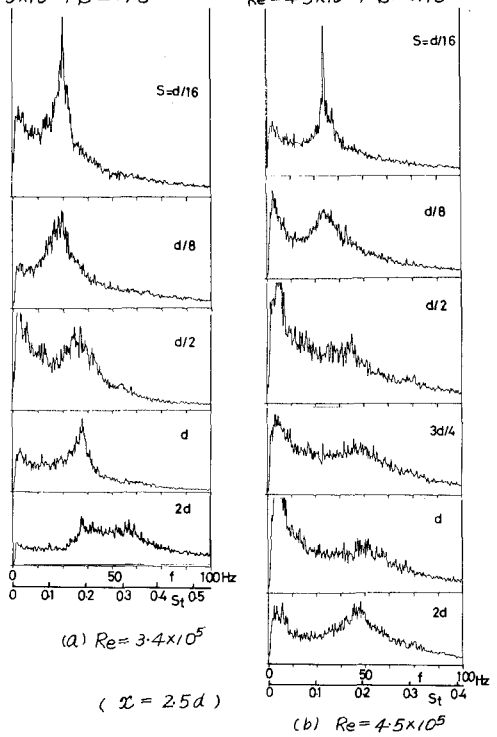


図 5. 並列 2 本内柱後流の速度変動のパワー・スペクトル密度分布。