A211 高レイノルズ数域における直列 2 円柱まわりの流れの実験

Experiments on the Flow around Two Tandem Cylinders at High Reynolds Number Regime

○辰野 正和(九大応研), 前川 悟(川崎重工), 天本 肇(九大応研),
石井幸治(九大応研), 烏 谷 隆(九大応研)

Masakazu TATSUNO¹, Satoru MAEKAWA², Hajime AMAMOTO¹, Koji ISHI-I¹
and Takashi KARASUDANI¹

¹Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, Kasuga 816-8580

²Kawasaki Heavy Industry, Tokyo

The aerodynamic interference between two circular cylinders in a tandem arrangement has been examined over the Reynolds number range 10^5 to 5×10^5 . The static pressure distributions around the circumference of each cylinder were measured and the drag and lift forces were obtained for each cylinder. Over a small range of Reynolds number at the critical regime, a laminar separation bubble is formed on one side only of the upstream cylinder and both cylinders experience the lift forces. The Reynolds number range where a bubble is formed on one side only of the upstream cylinder becomes large with decrease of the spacing between two cylinders.

Key words : Two cylinders in tandem, Critical Reynolds number, Drag, Lift, Laminar separation bubbles

1. 緒言

レイノルズ数が 10^5 以上の単独円柱まわりの流れは、臨界域においては、一般に、円柱の両側面の境界層には層流バブルが形成され、その後方へは乱流境界層の形成、乱流剥離にいたる構造を持っている。ところが、Bearman¹⁾ は、円柱の両側面に層流バブルが形成されるレイノルズ数よりも若干小さいレイノルズ数領域において、円柱の片側だけに層流バブルが形成され、円柱は横力(揚力)を受ける場合があることを報告した。

2 円柱に関する研究は、種々の姿勢について多くの研究がなされているが、その多くは亜臨界域の流れに関す

るものであり、臨界、超臨界域の流れについての研究はほとんど無い。唯一、Okajima²⁾ が、 $0.4 \times 10^5 < Re < 6.2 \times 10^5$ の領域において直列 2 円柱の抗力および渦発生振動数の計測を行っている。しかし、揚力の計測は行っていない。

本研究の目的は、亜臨界から超臨界にいたるレイノルズ数範囲において、直列 2 円柱の境界層構造の変化の相互作用と抗力、揚力変化を詳細に調べようとするものである。

2. 実験装置と方法

実験は、幅 4m、高さ 2m、長さ 6m の計測部を備えた回

流型風洞で行われた。等しい大きさの2円柱の直径は42.0cmであり、円柱表面はなめらかに仕上げられているが、その高さ方向中央部に7.5°毎に48個の圧力孔(直径0.5mm)を備えており、平均的な表面圧力分布が計測された。2円柱の表面の流れ模様も可視化された。

3. 実験結果

亜臨界域においては、上流側円柱の表面圧力分布は対称であり、境界層は層流剥離している。この場合、下流側円柱は上流側円柱の後流の中に埋没しており、圧力分布も対称である。

レイノルズ数が亜臨界域を越え、臨界域に近づくと、上流側円柱の片側側面上だけに層流バブルが形成され、この側での圧力低下が著しい。同時に、下流側円柱の同じ側でも大きな圧力降下が起きている。この結果、両円柱は同じ方向への揚力を受けることになる。こうした領域では、レイノルズ数増大とともに、上流側円柱の C_D は減少し、下流側円柱の C_D は増大する。Fig.1は、

Figure 1 Variations of the drag and lift coefficients for each cylinder with Reynolds number at $s/d=1.0$.

$s/d=1.0$ の場合の両円柱の C_D , C_L のレイノルズ数での変化を示している。上流側円柱の側面のどちら側に層流バブルが形成されるかは全くの偶然である。また、層流バブルが形成される側が間欠的に移り変わることもある。

レイノルズ数がさらに大きくなると、上流側円柱の両側面に層流バブルが形成され、圧力分布も対称となる。同時に下流側円柱の圧力分布も対称となる。この結果、両円柱とも揚力は0となる。この領域では、下流側円柱の C_D の方が上流側円柱の C_D より大きくなる。

ところが、 $s/d \leq 0.5$ の場合、上流側円柱の片側だけに層流バブルが形成されているとき、下流側円柱が上流側円柱とは逆方向の揚力を受ける場合がある。これは、2円柱間に強い gap flow が生じたためである。こうした gap flow は、 $s/d \leq 0.5$ の範囲で現れる。

Fig.2 は、上流側円柱の境界層構造のレイノルズ数による変化を各 s/d について示したものである。ここで、LS と示したのは、層流状態での境界層の剥離を意味する。上流側円柱の片側だけに1個の層流バブルが形成されるレイノルズ数の範囲は、2円柱間の間隔が小さくなると、広くなる。

Figure 2 A classification of the boundary layer structures of the upstream cylinder with Reynolds number at each value of s/d .

参考文献

- 1) Bearman, P. W. : J. Fluid Mech. Vol.37, part 3, pp.577-585, 1969.
- 2) Okajima, A. : Bull. JSME, Vol.22, No.166, pp.504-511, 1979.