B 3 0 3

直交配置された異径2円柱の間隙内に形成する首飾渦の可視化

山田 英巳[○] (徳山工業高等専門学校)Visualization of Necklace Vortices between Two Cylinders
Crossed with Different Diameter

Hidemi YAMADA

ABSTRACT

Flow pattern of the necklace vortices in the gap space between two circular cylinders whose diameter is different forming a separated cross was visualized in the symmetrical plane under the Reynolds number of 1500. The space ratio was altered from $s/d_1=0$ to 2.0, and the diameter ratio was altered from $d_2/d_1=0.67$ to 1.5. As the results, 8-system of necklace vortices is formed in the wide range of s/d_1 and d_2/d_1 . The space ratio in which the necklace vortex is formed becomes large with the diameter ratio increasing.

Keywords: Necklace vortices, Cross arrangement, Two circular cylinders

1. 緒 論

十字形に直交配置された2円柱間の間隙 s が比較的小さい場合、間隙内に首飾渦系が形成されること、そのため局所抗力係数が激減し、カルマン渦形成が抑制されること等が明らかにされてきた^{(1)~(3)}。一方、直交配置2円柱の間隙内に形成される渦の部分的な存在については、いくつかの研究の中で言及されている^{(4)~(6)}が、それらが渦系の一部であることはほとんど認識されていない。これまでに2円柱の間隙の大きさにより首飾渦系が変化することは報告されている⁽²⁾が、Fig.1のように2円柱の直径が異なる場合までを含めた首飾渦構造に関する研究はほとんど知られていない。

そこで、本研究では2円柱の間隙比 s/d_1 が 0~2.0 および直径比 d_2/d_1 が 0.67~1.5 の範囲に変化した場合について、流れの可視化により下流円柱の軸を通る流れ場の対称面内で形成される首飾渦の構造を明らかにすることを試みる。

Fig.1 Coordinate System

2. 実験装置および方法

実験は、回流式開水路水槽の横断面が $300 \times 300\text{mm}$ のアクリル製の測定部内に供試円柱(直径 32mm と 48mm)を設置して行った。測定部内で上流円柱 d_1 を水

平に固定し、移動装置に固定した下流円柱 d_2 を流れ方向に自由に移動させ、円柱間隙 s を変化させた。実験レイノルズ数は $Re=Ue \cdot d_1/\nu=1000 \sim 1500$ (Ue は主流速度、 ν は水の動粘度)とした。間隙内の流れの可視化は、下流円柱の軸を通り上流円柱の中央($y=0$)を切断する流れ場の対称面について、主に流跡線法によって行った。流跡線パターンは、平均粒径が 0.1mm (比重約 1.02) のナイロン微粒子をあらかじめ水槽中に混入させておき、厚さ約 2mm のメタルハライドのスリット光を照射してシャッタースピード 1/2 秒でデジタルカメラ (2048×1536 画素)により撮影して得られた。

3. 実験結果および考察

3.1 同径2円柱の場合

Fig.2(a)~(d)は、間隙比が $s/d=0.1 \sim 1.0$ の場合の $y=0$ 対称面における流跡線パターンを示す。 $s/d=0.1$ の場合、上流円柱の片方の曲壁面上で剥離した直後の流れが1つの渦Aを形成していることが分かる。さらにこの渦を取り囲むように近づいた流れが下流円柱の前方で急激に曲げられ、 $z=0$ 位置の近傍の上方で反時計回りの小さい渦Bを形成している。渦Aについては、スパン方向に伸びて上流円柱背面の $y/d=\pm 1.5$ の位置から流出する比較的大きいスケールの随伴渦に巻き込まれている可能性が高いと思われる⁽⁶⁾。一方、渦Bについては、その存在が隙間比の小さい場合には不明瞭であったが、可視化結果は明確にその存在を示していた。このような下流円柱表面を取り囲んで流下する渦Bの下流円柱背後における挙動は今のところ不明である。

間隙比が $s/d=0.2$ になると、上述の時計回りの渦Aは2つの時計回りの渦とその中間位置での反時計回りの渦へと分岐する。少なくとも、このうちの最下流位置にあ

る最大スケールをもつ時計回りの渦(主渦)が首飾渦として下流円柱を取り囲むようにして流下する⁽³⁾⁽⁶⁾⁽⁸⁾。残り2つの渦と渦Bの生成後の挙動は不明である。以上の結果より、上流円柱の片側面に4個の渦が存在するので、全体として8個の渦が形成されている。Fig.2のようにこの8渦系の首飾渦構造は間隙比が $s/d=1.0$ まで観察されるが、 $s/d=0.8$ 以上になると主渦の大きさが急速に拡大して揺れ始める。この首飾渦系(渦数)の変化を Fig.3に示す。渦パターンは $s/d=1.5$ になるとカルマン渦のように交互に上流円柱から離脱するのが観察された。

(a) $s/d_1=0.1$

(b) $s/d_1=0.2$

(c) $s/d_1=0.5$

(d) $s/d_1=1.0$

Fig.2 Flow Pattern in the Case of $d_2/d_1=1.0$

Fig.3 Necklace Vortex System

3.2 異径2円柱の場合

Fig.4(a),(b)は、間隙比 $s/d_1=0.5$ で直径比 $d_2/d_1=1.5$ および 0.67 の場合を示す。2円柱直径が等しい場合に比べ、Fig.4(a)の下流円柱が大きい場合には間隙部で主渦が上下に大きく揺動し、Fig.4(b)の下流円柱が小さい場合には大きな揺動は見られないものの渦パターンが不明瞭になっている。さらに間隙比が大きくなると対になっている主渦が上流円柱の背面から交互に離脱するようになる。このように主渦が明瞭に交互に離脱するものをカルマン渦とすると、首飾渦が形成される間隙比の範囲は、Fig.3 から分かるように直径比が $d_2/d_1=0.67$ (△印)、 1.0 (●印) および 1.5 (▽印) の場合におよそそれぞれ $s/d_1=0.83$ 、 1.0 および 1.25 であった。

(a) $d_2/d_1=1.5$

(b) $d_2/d_1=0.67$

Fig.4 Flow Pattern in the Case of $s/d_1=0.5$

参考文献

- 1) 山田：可視化情報, Vol.19, Suppl. No.2 (1999), 47-48.
- 2) 山田ら：機講論, No.845-1 (1984), 85-87.
- 3) 山田ら：機講論, No.898-3 (1989), 107-108.
- 4) 馬淵ら：機論 B, 55-516 (1989), 2441-2449.
- 5) Fox, T.A. : J. Fluids Eng., ASME, Vol.113 (1991), 45-50.
- 6) Bae, H.M.・白樫ら：機論 B, 58-551 (1992), 2093-2099.
- 7) 山田ら：機講論, No.038-2 (2003), 111-112.