

PIVによる管路内の縦渦の可視化

福山大学工学部 正員 ○梅田眞三郎

福山大学大学院 長谷川盛三

神辺町役場

園尾昌洋

1. まえがき

菱形角柱群流路内の渦の連結振動に伴って自励振動を起すフリップ・フロップ流れ¹⁾については、環境関連問題などの各種の流体工学的应用開発研究²⁾が進められつつある。

本研究では、六列型の菱形角柱群流路内に発現するフリップ・フロップ流れの分流領域に発現する縦渦構造を明らかにするために、二次元粒子画像流速測定法(PIV)を用いて交差流れを含むフリップ・フロップ流れの可視化計測実験を行った。

2. 実験方法

実験装置の概要を Fig.1 に示すように、菱形角柱群管路の試験区間の上・下流側に水槽を設け、ポンプでもって水を循環させる形で実験を行った。PIVでの下流側からの可視化計測を行う場合は、下流側に 80mm の長さの逆 L 字形補助管路を試験区間に連結した。管路の幅 b と厚さ d は、それぞれ 200mm と 20mm とし、管

路底以外はすべて透明の亚克力樹脂板で製作した。

試験区間に並べた菱形角柱については、その頂角を 30° とし、短・長軸長さがそれぞれ 20mm と 74.6mm になっている。菱形の高さは管路厚さと同じ 20mm である。その菱形角柱群の第一列目では管路横断方向に 4 個と半個ずつ、第二列目では 5 個並べ、その順に下流側に向かって合計六列並べている。また、PIVにおける下流側からのレーザー光の照射時には、菱形角柱によって計測領域が邪魔にならないようにするために、Fig.1(c)に示すような最下流側の中央にある一つの菱形角柱を取りはずせるようになっている。その前方の黒ぬりつぶしで示す第五列目の分流領域を可視化計測した。その計測対象断面は管路厚さ方向の中央位置とした。

なお、PIVにおける可視化計測条件については、紙面の都合で発表時に説明を行う。

3. 実験結果と考察

流れ方向に菱形角柱列を三列以上²⁾並べると、下流端からの流出する噴流には左右へのスイッチング現象があらわれ、フリップ・フロップ流れがみられる。今回の六列型角柱群管路の場合にも、その流路内及び末端噴流にフリップ・フロップ流れが発現していることを可視化することができた。その菱形角柱群管路の第五列目の中央付近の菱形に挟まれる分流領域において、レーザーシート光を下流側及び上方からそれぞれ照射した場合の上方及び下流側からの PIV による可視化結果では、それぞれの断面での流速ベクトルには渦の形成を想像することができるベクトルがあらわれている。その結果の一例として Fig.2(a)と(b)に分流領域での上方から見た場合の流速分布図と渦度図をそれぞれ示す。Fig.2(a)では、分流領域の左側に逆向きの流速ベクトルがあらわれ、その付近に渦の形成を想像することができる。Fig.2(b)には流速ベクトルの回転方向を裏付けるような渦度分布が示されている。

その他のフリップ・フロップ流れが発現しているときの PIV による流速ベクトル結果を見てみると、上

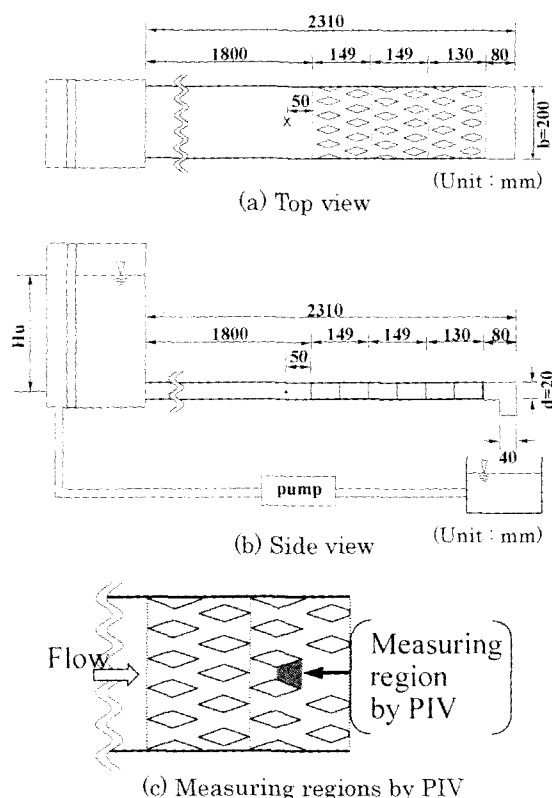


Fig.1 Schematic of experimental setup in diamond-shaped cylinder bundles

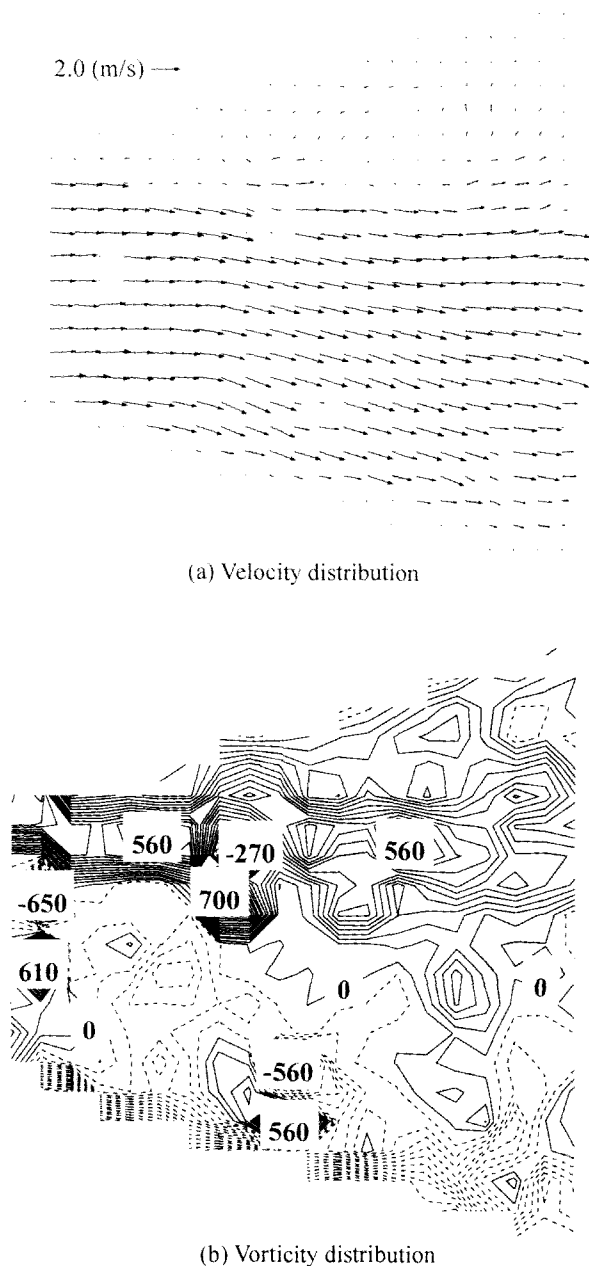


Fig.2 Velocity and vorticity distributions in divergent region

方及び下流側から見た場合の流速ベクトルから推定できる渦の形成位置が左右のいずれかに最も近づいたときの画像フレームを選定することができる。それらの画像フレームに示されている上方から見た場合の流速ベクトルを Fig.3(a)に示し、その A-A 断面位置に相当する下流側から見た場合の流速ベクトルを(b)に示した。今回の P I V は二次元計測であるが、それらの二つの図を重ね合わせてみた場合には、流れを三次元的な形で表示することができていると考えられる。この図では流れ方向の左側に渦を形成し、主流は右側に位置している。(b)に示される下流側から見た図に向かって右側には、渦の形成を示していると考えられる流速ベクトルが鮮明にあらわれている。

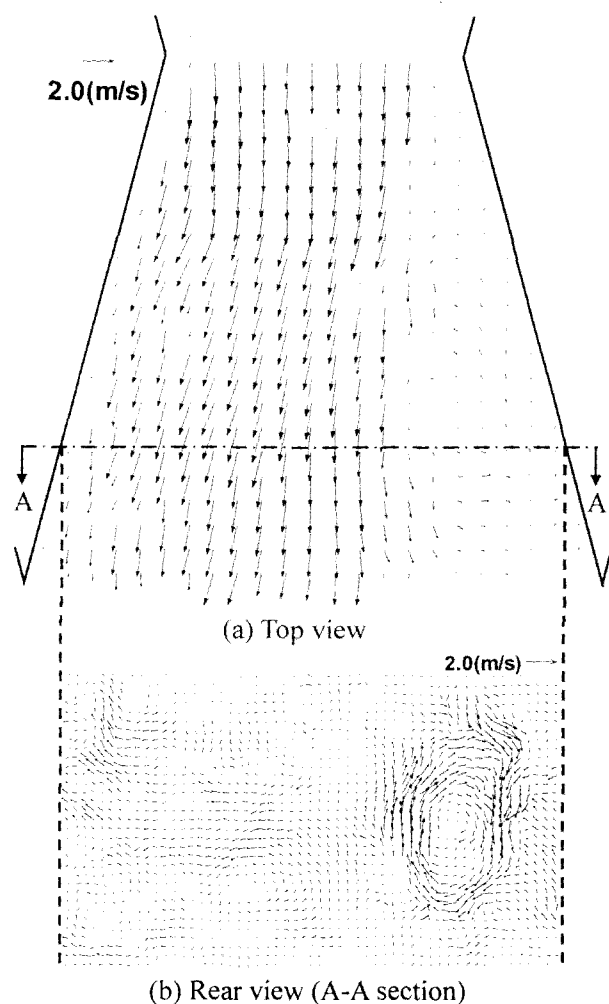


Fig.3 Velocity distributions in a flip-flop flow at certain instant ($Re=40,180$)

4. 結論

フリップ・フロップ流れが発現した菱形角柱群流路内の分流領域の流れを P I V を用いて可視化計測を行った結果、フリップ・フロップ流れの分流領域における流速分布を三次的に表示することができ、主流の剥離に伴う二次流に縦渦が発現していることを明らかにすることができた。

なお、本研究の一部は、日本学術振興会(文部科学省)科学研究費補助金 (No. 14550166) を受けて実施したものであり、ここに感謝の意を表する。

<参考文献>

- 1) 梅田眞三郎, Wen-Jei Yang: ネットワーク管路における流況特性, 可視化情報, Vol.16, No.61, pp.28-36, 1995
- 2) 特許 No.2841173 号: 流体の噴出方向の振動発生管路体と、これを利用した装置, 1998
- 3) Umeda, S., Characteristics of Intersecting Flow in Multiple Diamond-Shaped Islands, Journal of Flow Visualization and Image Processing, Vol.8, pp.165-176, 2001