菱形角柱群管路内でのポケット部による流れの影響

Effects of Wall Concavity on Flip-Flop Flows from Diamond-Shaped Cylinder Bundle

○正員 梅田眞三郎 (福山大・工) 飯嶋和明, 新村浩一 (三機工業) Wen-Jei Yang (Univ. of Michigan)

Shinzaburo UMEDA, Fukuyama University, Fukuyama, Hiroshima, 729-0292 Japan
Kazuaki IJIMA and Kouichi SHINMURA, Sanki Engineering Corp. Ltd.
Wen-Jei YANG, Univ. of Michigan

The promotion of jet-stream diffusion may enhance the efficiency of mechanical performance in various industrial devices such as fluid machinery and combustion equipments. Both active and passive means were applied for the control of jet streams. Our previous studies disclosed that diamond-shaped cylinder bundles produce a self-excited oscillating jet-stream flow field having multiple uniform flow-rate groups. The present visualization work deals with effects of wall concavity on flip-flop flows in a diamond-shaped cylinder bundle. It is disclosed in the efflux jet streak-lines that characteristics of flip-flop flows are different in cases of the diamond-shaped cylinder bundle without and with wall concavity, respectively.

Key Words: Flip-flop flow, Diamond-shaped cylinder bundle with wall concavity, Flow visualization, Suction effect, Jet-stream diffusion

1. まえがき

流体機器や燃焼装置などの各種工業用機器においては、噴流拡散を促進させることにより、機器性能の効率を向上させる場合が見られる。既報⁽¹⁾においては、交差流れを主流とする菱形角柱群管路内にポケット部を設け、そこに吸引作用を発現させ、縦渦を伴う自励振動噴流のフリップ・フロップ流れの変化を調べてきたが、本報告では、その結果の一部の紹介とともに、ポケット部の形を変えた場合の追加実験結果を述べる。紙面の制限から発表時に紹介する部分もある。

2. 実験方法

前年度までに菱形角柱群管路内でのポケット部の有無による管路内及びその流出噴流の流れの可視化実験を行ってきたが、今回はポケット部の形状を変化させた場合の流出噴流について、PIV計測などによる可視化実験を行った。流体として水と空気を用いた。

既に実験に用いてきたポケット部を有する菱形角柱群管路図を図1に示す。その管路名として、以下ではWCLの記号を用いる。今回は、このポケット部のくり貫き部分の壁面寄りの半分程度を埋める形 (図3における斜線部) にし、ポケット部を浅くした場合の管路 (記号: WCS) の流れの変化も調べた。ポケット部が無い場合には、それらのくり貫きの部分のすべてが埋められた形、すなわちポケット無しの管路 (記号: NC) となっている。

流体として水と空気を用いた実験方法の詳細は既報⁽¹⁾に示しているので、ここでは省略する。今回の実験結果写真に關係する計測対象断面の概略図についてのみ図2に示した。すなわち、 $y=0$ で $x=65$ と 75mm の两点を中心として斜め方向からの鉛直断面において、水平方向に 60mm 、鉛直方向に 25mm にわたった範囲の下にPIV計測を行った。なおこの断面については、計測時にトレーサとしての煙の流れ方向とカメラ及びレーザー光の位置関係を考慮しなければならないので、図にも示しているが、その断面は y 方向に -30° 振った斜め方向になった。

Fig. 1 Schematic of diamond-shaped cylinder bundle with wall concavity

Fig. 2 Measuring sections from rear view in an oblique direction in PIV

3. 実験結果と考察

3.1 ポケット部まわりの流れの可視化結果

管路の上流側からハイボラス・ポリマー粒子を投入し、デジタルカメラによる菱形角柱群管路上面からの流跡撮影を行った。それらの結果の一例を図3に示した。この例については、ポケット領域を浅くした場合であるWCSにおける4列目の左壁寄りの流れの可視化結果である。3列目の菱形角柱の剥離領域に渦の形成が想像できる流跡がはっきりと見られ、流れが左方向に向いたフリップ・フロップ流れの発現が想像できる。ポケット部にかすかながら渦の旋回流跡も確認できた。

Fig. 3 Visualization of path lines around a left side wall ($t=t_1$) from top view in the diamond-shaped cylinder bundle with wall concavity (WCS, $Re_{max}=7,700$)

3.2 流出噴流場での流れの変化

下流側の斜め方向からの流出噴流の鉛直断面における流れの可視化結果を図4(a)～(c)に示す。これらの図は、流出噴流のある瞬間の画像であり、PIVでのトレーサである煙と解析から得られたベクトルのそれぞれを同時に示している。煙の流れ方向に直接カメラを据えることが難しく、斜め方向の鉛直断面における結果であるが、すべての連続画像からはポケット部の有無に関係なく、自励振動噴流のフリップ・フロップ流れの発現を確認することができている。瞬時の画像を示す(b)や(c)においても、ベクトルと煙の動きからフリップ・フロップ流れのような左右への振動が示されているのが理解できる。特に、(a)や(c)の(i)に示される画像結果では、中央部の付近にはっきりとした分かれ目が見られ、フリップ・フロップ流れの発現を証明していると考えられる。

最後に、ポケット部の有無による流出噴流の水平断面における流れの違いを比較するために、PIV計測を実施した。計測領域は、 $x-y$ 断面における $z=0$ の水平中央断面での $y=\pm 30$ に囲われた $x=10$ から100mmの範囲で行った。流れの横断方向の平均流速 V に関しての平均 dV/dy の変化率を調べた。レイノルズ数に対してのその変化を図5に示した。ポケット部が無い場合のNCに対してのポケット部を有する場合のWCL及びWCSにおける流れの変化が異なっていることを明らかにすることができた。

以上のように水空気における流れの可視化結果やPIVでの計測解析結果からも、ポケット部を有する場合の菱形角柱群管路からの流出噴流場における流れの変化が大きく現れることを明らかにすることができた。

4. 結論

流体として水と空気を用いた可視化計測実験から菱形角柱群管路内でのポケット部の有無及びポケット部の形状の違いによる流れの変化を調べた。その結果、菱形角柱群管路内の左右の側壁側に設けたポケット部内には、渦の旋回による吸引作用が発生し、その流出噴流流脈では、ポケット部の形状によっても、フリップ・フロップ流れに変化が生じ、左右への噴流の分散が大きく現れることが明らかとなった。

最後に本研究の一部は、科学研究費補助金(No. 22560180)を受けて実施したものであり、ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

(1)梅田他, 菱形角柱群管路内でのポケット部の有無による流れの変化, 日本機械学会論文集(B編), 75巻760号, pp.2464-2471, 2009-12

Scale: 15.0 m/s →

(a) Efflux plane of vertical section ($x=65$) from the bundle with wall concavity (Time $t=t_1$)

Scale: 15.0 m/s →

(i) $t=t_2$

(ii) $t=t_2+2dt$

(b) Efflux plane of vertical section ($x=75$) from the bundle without wall concavity (Time $t=t_2 \sim t=t_2+2dt$)

(i) $t=t_3$

(ii) $t=t_3+dt$

(c) Efflux plane of vertical section ($x=75$) from the bundle with wall concavity (Time $t=t_3 \sim t=t_3+dt$)

Fig. 4 Flow patterns at certain instances in vertical section from an oblique direction ($dt=67/1000$ sec.)

Fig. 5 Change of average dV/dy versus Re_{max}