

菱形角柱群管路からの流出噴流の可視化計測

福山大学工学部 正会員 ○梅田 眞三郎
 福山大学大学院 谷口 輝
 福山大学大学院 長谷川 盛三

1. まえがき

本研究では、環境保護の適用に向けた液膜噴流の安定化を目的とする基礎的研究として、水平に置かれた管路の上壁面と菱形角柱群との間に隙間を作り、そこを流れる薄膜噴流と菱形物体まわりの流路の交差噴流が共存した場合の角柱群下流端からの流出噴流の特性を流れの可視化実験により調べた。

2. 実験方法

流れ方向に 3 列及び 5 列の菱形物体を並べた角柱群上に隙間を有する管路をアクリル樹脂板で製作した。その実験装置の概要を図-1 に示す。今回は、菱形角柱の高さ h を 8mm に統一し、菱形の頂角 θ が 30° と 60° のものを選んだ。角柱群上の隙間 δ を 4, 6, 8 及び 12mm に変化させ、管路水深 d は 12, 14, 16 及び 20mm となる。

上流側水槽のヘッド H_u を変えて管路内及び管路下流側噴流の可視化を試みた。流れの可視化にあたっては、二次元レーザー流速計 (LDV) を用いた流速測定及びアルゴンレーザーシート光とウラニンによる流脈の可視化やハイポラス・ポリマー粒子による注入トレーサ法を用いた可視化も行った。LDV を用いた流速の測定にあたっては、角柱群の最後列の菱形角柱より下流側にも管路を付設し、図-1 に示す計測領域で行った。その水平断面の管路水深方向の位置は底から 8mm のところで、菱形角柱群流路間を流れる交差噴流とその角柱群と管路上壁面に挟まれた部分から流出する薄膜噴流の界面を測定断面に選んだ。LDV の計測後に図-1 に示すカットラインで管路を切断し、下流端からの流出噴流の流脈の可視化を行った。

なお、流れの解析結果を整理するにあたっての今回の Re 数については、代表長さとして管路水路 d を、代表流速には下流端流量 Q を管路の上流側助走区間の断面積 $A=w \times d$ で割って得られる平均流速 U_0 をそれぞれ選んだ。

3. 実験結果と考察

ハイポラス・ポリマー粒子を用いて交差噴流と薄膜噴流が共存する菱形角柱群管路内の流れの可視化を行った。この場合のトレーサ粒子による流跡線の可視化にあたっては、管路水深の小さい管路の方が角柱まわりの流れの可視化が容易であることから、管路水深が 12mm のものを選んだ。それらの結果の一例を図-2 に示す。

いずれの角柱群管路内の流れにおいても、図-2 に示す結果と同様に、管路の上流側及び菱形物体の上の部分に示される流跡線は、ほとんど直線的に流れている。それに対して菱形物体間での流跡線は、X 字形の交差流れの形を示し、菱形物体背後には渦を形成しているような流跡線がみられる。

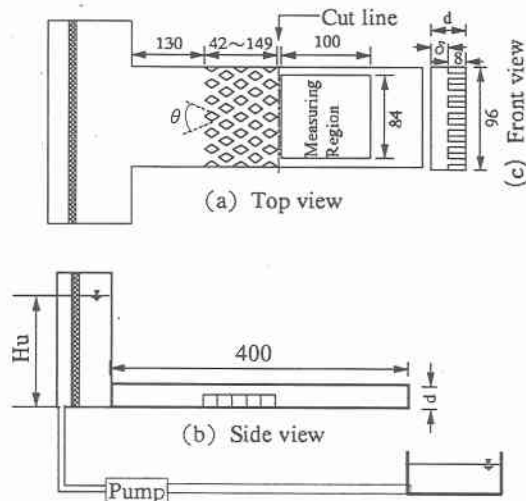


Fig.1 A schematic of experimental setup

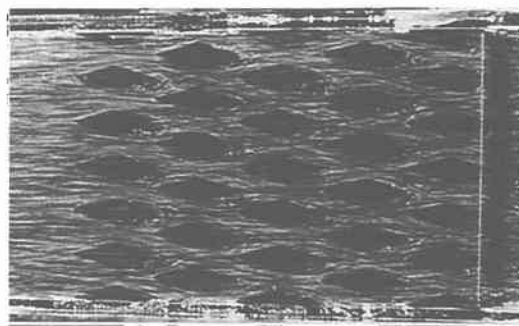


Fig.2 Flow patterns in duct with diamond-island cylinders of Type 30-512 for $Re=9,400$

次に、管路内に蛍光染料を注入し、レーザシート光を角柱群下流端から流出する交差噴流と薄膜噴流の界面付近に照射し、それらの二相流を形成する平面噴流の流脈の可視化を行った。それらの結果の一例を図-3に示す。可視化写真のシャッタースピードは1/500で撮影したものである。白黒写真の図面上で白い雲のような塊に見える部分は、蛍光染料が発光したところである。

図-3に示す5列菱形の30°の場合の噴流の流脈については、白い雲のような塊の部分が千鳥状にあらわれている。写真を省略した管路水深が14mmの場合には、雲のような塊の部分が横方向につながり、その隙間に位置する黒い部分が横の方向に列状となっているのがみられる。そのため雲のような塊の部分がつながっているようにみえる。

その他に、図-1に示す管路下流側の計測領域の二つの噴流界面において、LDVによって流速及びその変動を計測した。流れの横断方向の計測線上での平均レイノルズ応力 $-\overline{u'v'}/U_0^2$ の変化の二列を図-4と5に示す。

まず図を省略した30°の菱形の場合の結果については、3列で管路水深が最も小さい12mmの場合では、角柱群背後の位置になる計測領域の上流側付近のレイノルズ応力の変化がジグザグの形で示され、角柱群からの流出噴流が左右へはつきりと変動していることが想像できる。しかも計測領域の中央部のその変動は、下流側付近まで広がり、隣接する測定線上でのレイノルズ応力の変化がよく似ている。

次に、図-4に示す5列の場合の結果をみると、管路水深が12mmの場合では、3列の場合の結果とよく似た変化を示し、流れの左側の領域に上流側から下流側までの部分にわたって隣接する測定線上でのレイノルズ応力の変化がよく似た変化があらわれている。すなわち、レイノルズ応力の変化が計測領域の下流側にまで広がっており、角柱群流路の流れの影響を強く受けていると思われる。図-5に示す管路水深を大きくした場合には、部分的にレイノルズ応力の変化がやや大きくあらわれるところもみられるが、水深が大きくなるにつれてレイノルズ応力の変化も小さくなっている。

最後に図を省略した60°の菱形の場合の結果については、レイノルズ応力の値が30°の場合に比べ倍以上に大きくなり、特に5列の場合には計測領域の中央部付近まで大きな値となっている。

4. 結論

3列及び5列の菱形角柱群管路における交差噴流と薄膜噴流の界面付近の流れの可視化を行った結果、二層噴流の界面付近の流脈には波紋があらわれ、管路水深が小さい方のものには菱形に近いしま紋様が千鳥状にあらわれることが明らかとなった。また、その付近の流れの流速変動は、菱形角柱群の菱形角度や配列数及び管路水深によって異なることも明らかとなった。

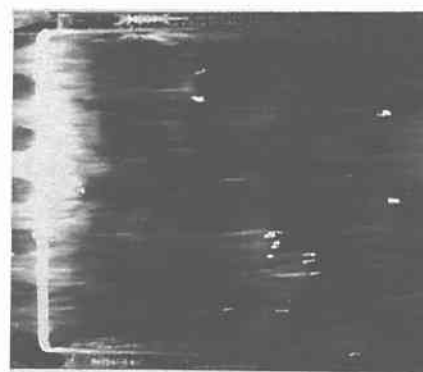


Fig.3 Flow patterns of plane jet from duct of Type 30-512 for Re=15,520

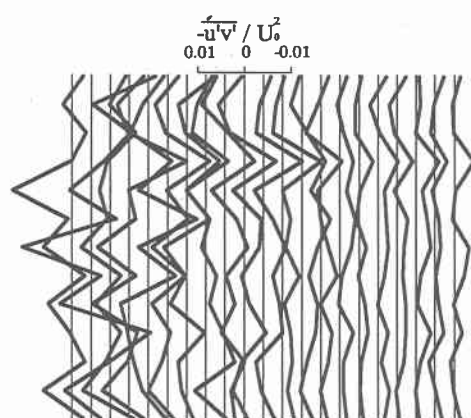


Fig.4 Reynolds stress distribution in Type 30-512 for Re=15,500

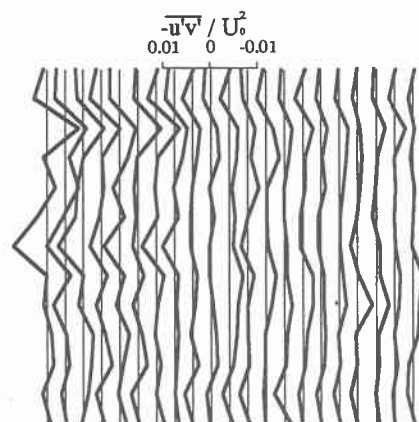


Fig.5 Reynolds stress distribution in Type 30-520 for Re=23,300