合・分流角度の異なる交差管内の流れの可視化 に関する研究*

梅田眞三郎**, Wen-Jei YANG***

Flow Visualization in Two Intersecting Ducts with Different Confluent and Branching Angles

Shinzaburo UMEDA and Wen-Jei YANG

ABSTRACT

Authors have disclosed the mechanics and correlations of the flow phenomena in two intersecting ducts with the same angles of confluent and branching flows. In this study, experiments in two intersecting ducts with different confluent and branching angles are performed to investigate the vortex formation in the intersecting ducts. Also it investigates the flow rates in the left and right ducts when changing the condition of the upper water levels. The flow pattern in the intersecting ducts is visualized by the particle tracing method using ion exchange resin. The distribution in the intersecting region is measured by the LDV method. The flow characteristics are clarified in the intersecting ducts with different confluent and branching angles. It is also disclosed that the fluid control in the intersecting ducts with the confluent angle of 60° and the branching angle of 30° is easier than those with other angles.

Key words : Flow visualization, Intersecting ducts with different confluent and branching angles, Vortex formation

1. まえがき

合流と分流が連続しているX字型の交差管内では、交差部前後の断面変化と流れの衝突及び分流との関係で複雑な流況を示し、大変興味ある現象をわれわれに提供してくれている。既に筆者らは、 30° 、 60° 及び 90° の合・分流角度が同じ交差管内での流れの可視化により流況特性の一部を明らかにしてきた。それぞれの3つの交差角での流況については、まず交差角が 30° の場合には、交差部での圧力と流速の変化に伴うラム効果の発現及びエネルギー供給点の存在^{1)~3)}が顕著に現れることが特徴的である。また交差部内のせん断層の振動の分散⁴⁾が大きいことも特徴として挙げられる。それに対して交差角が 60° の場合には、交差部での圧力

の変化が他の交差角に比べ小さく、交差部背後に生じる剥離渦の形成に関係した興味ある流量特性³⁾を示すことが特色となっている。一方、交差角が 90° の場合には、 60° とは逆に交差部での圧力の上昇³⁾や流れの変化に伴う剥離渦の大きさの変化などによる左右の流量差⁵⁾が顕著に現れるという特徴を示している。

このように交差角の違いにより交差管内の流況も大きく変化していることから、さらに研究を進展させるために、合・分流角度を変化させた場合の交差管内の流れの可視化を試みた。既の下流側を堰上げる形での、すなわち下流側で流速を少し減じる形での合・分流角度の異なる交差管内の剥離渦の可視化結果⁶⁾を得ているが、今回は下流端を開放の形として、交差角や上流側水位の違いによる交差管内の流況の変化を調べた。既に左右下流端流量測定結果の一部を報告⁷⁾済みであるが、イオン交換樹脂を用いた注入トレーサ法による可

*原稿受付 1995年12月13日

**正会員 福山大学工学部

***正会員 ミシガン大学工学部

視化写真結果と二次元レーザ流速計による交差部内の流速分布測定結果を新たに付け加えて考察を示した。

2. 実験方法

既報⁶⁾の実験に用いた交差管と同じ $3 \times 3 \text{ cm}^2$ の正方形断面の交差管を用い、下流端を開放する形で実験を行った。その実験装置の概要をFig. 1に示す。ここでの左右は、図に示すように上流側から下流側に向かっての中央縦断位置で区別している。上流側水位については、上流側水槽での右側水位 H_r と左側水位 H_l とが同じ場合とそうでない場合とで種々に水位を変化させた。それぞれに対して、交差角を 30° 、 60° 及び 90° の3つの交差角の組み合わせで、合・分流角度 θ_c と θ_b が同じものの3通りと、合・分流角度が異なるものの6通りの場合の合計9通りで実験を行った。上流側水位の変化による実験ケースをTable-1に示した。なお、交差管は見方によっては、交差部上・下流側に余分の管がついている形状をしている。このような形状特性による流況の変化⁸⁾を把握するために、上流側管路の左側上流端に栓をして水の供給を止めた場合の実験も行った。

次に、交差部周辺の流況の可視化にあたっては、イオン交換樹脂のハイポラスポリマ⁹⁾による注

入トレーサ法を用いた。また左右下流端流量の測定を行い、上流端条件や交差角の違いによる流量変化を調べた。それらの結果から、合流角度が 60° で分流角度が 30° の場合の交差管は大変興味ある流量特性を示すことがわかったので、その交差管の交差部での流速分布の測定を2次元レーザ流速計を用いて行った。

なお、流量の変化を比較するために、交差管と同じ正方形断面で、管路長が60cmの透明アクリル樹脂板による直管を用いて、各上流側水位に対する流量の測定も行った。

3. 実験結果と考察

3.1 交差部周辺の流況

既報⁶⁾は、下流端を堰上げる形でその水位 $H_2 = 2.5 \text{ cm}$ と一定に保って実験を行ったが、今回は下流端を開放の形とした。それらの全体の流況を比較するとよく似たところがあること、既に考察結果の一部⁷⁾を示していること及び紙面の都合などの理由により、合・分流角度が異なる場合の流況について、既報⁷⁾の考察に今回の異なる点を付け加えた形で以下に簡単に説明を示した。

(1) $\theta_c = 30^\circ$ と $\theta_b = 60^\circ$ の場合：上流側での管路の流れが速いが、交差部を過ぎてからの分流角度が 60° と広がるため、剥離渦の形成がみられる。上流側水位が対称の場合には、水位の上昇に対してはほとんど剥離渦の形の変化はみられない。一方、

Fig. 1 Schematic of experimental setup

Table 1 Test runs in case of Type-X

Run	H_l	H_r	Run	H_l	H_r
1	8.0	8.0	12	11.0	15.0
2	11.0	11.0	13	11.0	19.0
3	15.0	15.0	14	11.0	29.0
4	19.0	19.0	15	11.0	40.5
5	29.0	29.0	16	15.0	19.0
6	40.5	40.5	17	15.0	29.0
7	8.0	11.0	18	15.0	40.5
8	8.0	15.0	19	19.0	29.0
9	8.0	19.0	20	19.0	40.5
10	8.0	29.0	21	29.0	40.5
11	8.0	40.5	Unit : cm		

片方の左側上流端を閉じた場合には、水位の上昇に伴って左側下流側への流れ込む量が多くなり、剥離渦の形が小さくなっている。

(2) $\theta_c = 30^\circ$ と $\theta_b = 90^\circ$ の場合：前述の(1)の場合と比べ、交差部下流側の流向が交差角の影響を受けて、外壁側へ向いている。また上流端を閉じた場合の左の下流側には、前述の場合と違って、小さいながらも剥離渦がはっきりとみられる。

(3) $\theta_c = 60^\circ$ と $\theta_b = 30^\circ$ の場合：交差管全体での流れが非常に滑らかに感じられる。交差部背後にできる剥離渦については、対称水位の場合を比較すると、既報⁶⁾に示す前回の下流端を堰上げた場合と今回の場合とでわずかながら異なるところもみられる。すなわち対称水位の場合に、前回では交差部背後にできる剥離渦がほぼ対称的に現れていたが、**Photo. 1**に示すように今回の場合には非対称性を示している。また非対称水位の場合には、水位の高い管路からの流れが水位の低い管路へ流れ込み、**Photo. 2**に示すように前回と同様、今回もその下流側にはほとんど渦はみられない。一方、片方の上流端を閉じた場合には、いずれの水位に対してもほとんどがその下流側管路へ流れ込み、閉じた方の管路の交差部手前に渦を形成しているのが特徴的である。特に今回の場合には、**Photo. 3**に示す左の下流側管路の内壁側に白の太線が見られるように、完全に片方の下流側では空気を巻き込む流れとなる。

以上のような流況を示すことから、この $60^\circ \rightarrow 30^\circ$ の合・分流角度を有する交差管による流量配分や制御が容易と思われる。

(4) $\theta_c = 60^\circ$ と $\theta_b = 90^\circ$ の場合：交差部後半での遠心力の影響が大きく現れ、剥離渦の長さが前述の(1)のものに比べ短くなっている。また剥離渦の形は、(1)の場合とよく似ている。

(5) $\theta_c = 90^\circ$ と $\theta_b = 30^\circ$ の場合：上流側水位が対称の場合には、(3)の場合とほぼ同様の剥離渦が生じている。しかしながら非対称水位差が大きい場合には、前回と同様今回も水位の高い管路の流れが水位の低い上流側管路に流れ込んでいく逆流という大変興味ある現象がみられた。この原因としては、遠心力の影響を受け、内壁側の流れが交差部中央でのエッジ部に当たることによるものと思

われる。

(6) $\theta_c = 90^\circ$ と $\theta_b = 60^\circ$ の場合：分流角を広げたことにより、前述のような特異な流れはみられずに、(3)の場合と非常によく似た流況を示している。ただし、流れの速さは、(3)の場合の方が速くなっている。

その他に $60^\circ \rightarrow 90^\circ$ が $30^\circ \rightarrow 60^\circ$ の場合に、また $90^\circ \rightarrow 60^\circ$ が $60^\circ \rightarrow 30^\circ$ の場合において、いずれも合・分流角度の差が 30° ということも影響し、比較的似た流況

Photo. 1 Flow pattern ($\theta_c = 60^\circ$, $\theta_b = 30^\circ$, $H_l = H_r = 40.5\text{cm}$)

Photo. 2 Flow pattern ($\theta_c = 60^\circ$, $\theta_b = 30^\circ$, $H_l = 11.0\text{cm}$, $H_r = 40.5\text{cm}$)

Photo. 3 Flow pattern ($\theta_c = 60^\circ$, $\theta_b = 30^\circ$, H_l : close, $H_r = 40.5\text{cm}$)

を示している。

3.2 交差管内の流量特性

上流側水位や交差角の違いにより両下流端流量が異なっている。それらの比較検討にあたっては、前述の直線管路における下流端流量 Q_0 を基準流量として以下の解析に用いた。なお、基準流量からみた場合の上流側水位の違いや Re 数に対する左右下流端流量の変化については、既に報告⁷⁾しているが、再度今回もその一部の図を示し、 Re 数に対する下流端流量の変化についての考察結果を示す。ここでの Re 数に關係する諸量については、それぞれの交差管の交差部の中央断面での流体が接する周辺長である潤辺を求め、断面積を潤辺で割って得られる径深を4倍した値 hr を代表長さとし、両下流端流量の合計を交差部中央断面積で割った流速 V_c を代表流速とした。

3.2.1 上流側水位比に対する

左右下流端流量比の変化

上流側水位の違いによる左右下流端流量の変化を調べた。それらの結果をFig. 2.1からFig. 2.3に示す。図の表示にあたっての対称水位の場合の結果については、水位の低い順で重ならない程度の間隔を開けて、 $Hl/Hr=1.0$ から右側の位置にプロットした。

まず合・分流角度が同じ場合には、水位比 Hl/Hr に対する流量比 Ql/Qr の変化は、交差角によって異なっている。交差角が 30° の場合は、水位差が大きくなるにつれ流量比は減少しているのに対して、交差角が 90° の場合は逆に増加している。一方、交差角が 60° の場合には、ほぼ1.0付近の値となっている。これは、鉛直交差管による流量特性と同様、 60° の場合には交差部背後にできる剥離渦の關係⁵⁾で、上流側水位が非対称になっても両下流端流量がほぼ同じとなっていることによるものである。また、 $60^\circ \rightarrow 90^\circ$ の場合も上流側水位に対して左右の流量比の変化も小さく、ほとんどが0.95~1.1の間の値となっている。

その他の $30^\circ \rightarrow 60^\circ$ と $60^\circ \rightarrow 30^\circ$ や $30^\circ \rightarrow 90^\circ$ においては、前述の $30^\circ \rightarrow 30^\circ$ の変化と同様、水位比の減少に対して流量比が小さくなっている。結局、これらの非対称水位の場合には、上流側水位の高い右側の管路からの流れは、下流側ではかなりそのまま

右側へと流れ出ている形となっている。一方、 $90^\circ \rightarrow 30^\circ$ や $90^\circ \rightarrow 60^\circ$ の場合には、上流側水位の高い方から下流側の低い方の管路へと流れ込んでいる形となっている。特に、 $90^\circ \rightarrow 30^\circ$ の左右の水位差が大きくなると、片方への流れ込みが大きくなり、下流端から空気を巻き込む場合が生じた。そのため流量が不安定となり、流量比の値を図に表示する

Fig. 2.1 Correlation of Ql/Qr versus Hl/Hr ($30^\circ \rightarrow 30^\circ$, $60^\circ \rightarrow 60^\circ$ and $90^\circ \rightarrow 90^\circ$)

Fig. 2.2 Correlation of Ql/Qr versus Hl/Hr ($30^\circ \rightarrow 60^\circ$, $60^\circ \rightarrow 30^\circ$, $60^\circ \rightarrow 90^\circ$ and $90^\circ \rightarrow 60^\circ$)

Fig. 2.3 Correlation of Ql/Qr versus Hl/Hr ($30^\circ \rightarrow 90^\circ$ and $90^\circ \rightarrow 30^\circ$)

ことができなかった。

3.2.2 Re 数に対する左右下流端流量の変化

Re 数に対する左右それぞれの下流端流量比 Ql/Q_0 と Qr/Q_0 の変化の数例を Fig. 3.1 から Fig. 3.4 に示した。これらの結果では、当然ながら上流側の水位に対しての流量比の算定には、対称及び非対称ともにそれらの水位に応じた基準流量 Q_0 を選んでいる。

Fig. 3.1 に示す合・分流角度が同じ 30° の場合の結果では、上流側水位の高い右側の流量比 Qr/Q_0 の方が Ql/Q_0 より大きく、1.0 に近い値を示している。これは、既報⁶⁾でも報告してきたように、交差角が 30° の場合には上流側水位が対称でも流れが非対称性を示しやすくなるためによるものである。しかし左の上流側水位が高くなった Re 数の

大きい場合には、左右の流量比の差がほとんどなくなっている。

次に、Fig. 3.2 に示す合・分流角度が同じ 60° の場合には、上流側水位が対称のものに対しては Qr/Q_0 と Ql/Q_0 がほぼ 0.75 前後の値を示しているが、非対称水位の場合には上流側水位差が大きくなるにつれて左右の流量比の差も大きくなっている。図を省略している 90° の場合も非対称水位に対して同様の結果が得られている。

一方、合・分流角度が異なる $30^\circ \rightarrow 60^\circ$ の結果を示す Fig. 3.3 では、非対称水位の場合の左右の流量比の差が他の場合に比べ最も小さくなっている。前述の 60° や 90° の上流側水位が非対称の場合には、上流側の水位の高い方から下流側の水位の低い方への流れ込みにより、左側流量比が大きくなって

Fig. 3.1 Correlation of Ql/Q_0 or Qr/Q_0 versus Re number ($30^\circ \rightarrow 30^\circ$)

Fig. 3.3 Correlation of Ql/Q_0 or Qr/Q_0 versus Re number ($30^\circ \rightarrow 60^\circ$)

Fig. 3.2 Correlation of Ql/Q_0 or Qr/Q_0 versus Re number ($60^\circ \rightarrow 60^\circ$)

Fig. 3.4 Correlation of Ql/Q_0 or Qr/Q_0 versus Re number ($60^\circ \rightarrow 30^\circ$)

いたのに対して、この $30^\circ \rightarrow 60^\circ$ の場合には、片方への流れ込みがほとんどなく、左右の上流側水位に比例した形で下流側流量比 Q_r/Q_o と Q_l/Q_o がそれぞれ変化していると思われる。

Fig. 3.4の合・分流角度が異なる $60^\circ \rightarrow 30^\circ$ の場合については、上流側水位と Re 数によって左右の流量比の差にわずかながら変化がみられる。すなわち、上流側水位が対称の場合には、 Re 数が小さい方に流量比の差がみられるが、 Re 数が大きくなると流量比の差がほとんどなくなっている。また非対称水位に対しては、 Re 数が小さいときとは逆に、 Q_l/Q_o の流量比の方が Q_r/Q_o より大きくなっている。このように $60^\circ \rightarrow 30^\circ$ の交差管路では、合・分流角度が同じ 30° や 60° の場合の交差管路の流況を合わせた形のものを示していると思われる。

その他の図を省略した $90^\circ \rightarrow 30^\circ$ や $90^\circ \rightarrow 60^\circ$ の非対称水位の場合には、左右の流量比の差がかなり大きくなっている。なお、 $90^\circ \rightarrow 30^\circ$ の場合には、上流側の左右水位差が大きくなると、交差部下流側付近から空気が混入して左右の流量が大きく異なった。その他の $30^\circ \rightarrow 90^\circ$ や $60^\circ \rightarrow 90^\circ$ については、前述の合流角度が 90° の場合ほどは大きくないが、左右流量比の違いがみられる。

3.2.3 Re 数に対する両下流端合計流量の変化

左右の両下流端流量 Q_l と Q_r の合計流量 Q_t が Re 数に対してどのように変化しているかを調べた。この場合、左右の上流側水位に対する直線管路における基準流量 $Q_{o,l}$ と $Q_{o,r}$ の和で割った流量比 $Q_t/(Q_{o,l}+Q_{o,r})$ を求め、 Re 数に対する変化を調べた。それらの結果の二例をFig. 4.1とFig. 4.2に示す。

まず、Fig. 4.1に示す合・分流角度が同じ 30° の場合の結果では、 Re 数の増加に対して流量比 $Q_t/(Q_{o,l}+Q_{o,r})$ は1.0に向かって増大している。しかし 60° や 90° の場合には、 Re 数に対する変化や流量比の値も 30° に比べ小さく、 90° の場合が最も小さくなっている。Fig. 4.2に示す $60^\circ \rightarrow 30^\circ$ や $30^\circ \rightarrow 90^\circ$ (図を省略) の非対称水位の場合の結果は、前述の $30^\circ \rightarrow 30^\circ$ と同様、 Re 数の増加に対して流量比も増大している。また $60^\circ \rightarrow 30^\circ$ の場合の流量比の値は、同じ Re 数に対して $30^\circ \rightarrow 30^\circ$ の場合に続いて大きくなっている。一方、 $90^\circ \rightarrow 30^\circ$ (図を省略) の非

対称水位の場合には、水位差が大きくなるにつれて Re 数は増加しているが、流量比は逆に減少している。これは、水位差が大きくなるにつれて、前述のようにそのまま交差部下流側付近に空気が混入するためによるものと思われる。その他のFig. 4.2の $30^\circ \rightarrow 60^\circ$ と図を省略している $60^\circ \rightarrow 90^\circ$ や $90^\circ \rightarrow 60^\circ$ の結果については、 Re 数に対する流量比の変化は $60^\circ \rightarrow 60^\circ$ や $90^\circ \rightarrow 90^\circ$ と同様小さくなっている。また、 $60^\circ \rightarrow 90^\circ$ 及び $90^\circ \rightarrow 60^\circ$ の流量比の値は、Fig. 4.1に示す $90^\circ \rightarrow 90^\circ$ の場合よりも全体的に大きくなっている。

以上のような Re 数に対する両下流端流量の変化でも、前節の左右下流端流量比の結果と同様に、交差部での流れの変化を推定することができる。また、基準流量に対する下流端流量比の値につい

Fig. 4.1 Correlation of $Q_t/(Q_{o,l}+Q_{o,r})$ versus Re number ($30^\circ \rightarrow 30^\circ$, $60^\circ \rightarrow 60^\circ$ and $90^\circ \rightarrow 90^\circ$)

Fig. 4.2 Correlation of $Q_t/(Q_{o,l}+Q_{o,r})$ versus Re number ($30^\circ \rightarrow 60^\circ$ and $60^\circ \rightarrow 30^\circ$)

ては、合流角の大きい 90° に関係するものは0.7以下になっており、交差管形状による抵抗の影響が大きいことがわかる。

3.3 交差部での流速分布

交差管内の交差部は、合流する交差部上流側では横断面が漸縮し、交差部中央断面が最も小さくなり、分流する交差部下流側では漸拡となる横断面形状を持っている。このような漸縮から漸拡する断面が連続しているため、大変複雑な流況を示している。既にFig. 5に示すような断面No.0からNo.8までの各断面の流速分布の測定により主流の流況把握と二次流の発生状況の推定結果^{10)~12)}が得られている。後で示す今回の結果と比較のためにそれらの結果の二例をFig. 6とFig. 7に示す。

合・分流角度が異なる $60^\circ \rightarrow 30^\circ$ の交差管は、前述の流量特性結果から合・分流角度が同じ 30° 及び 60° のそれぞれの交差管の流況特性を合わせ持っていることなどから興味ある合・分流角度を有していると考えられるので、さらに交差部での流況を把握するために二次元LDVにより流速分布の測定を試みた。

Fig. 5に示すそれぞれの断面にて縦・横7点ずつの合計49点の測点を設け、断面に垂直な方向と断面に平行な方向の二次元流速をLDVにより測定した。それらの結果の二例をFig. 8とFig. 9に示す。それぞれのケースでの9断面で得られた最大流速値で各点の流速を無次元化し、等流速分布図で示した。それらのStation No.0からNo.8までの等流速分布図は、断面を上流側から下流側に向かった流下方向にみて等流速分布図を描いている。上側に並ぶ図が左側管路での断面の等流速分布図で、下側には右側管路のものを、中央に位置するものは交差部中央断面のものをそれぞれ示した。流れの方向は図に向かって左から右となっている。

上流側水位が対称の場合の結果を示すFig. 8では、上・下流側ともに外壁側の流れが速くなっている。交差部中央より上流側断面では、鉛直方向の流れの変化が小さく、ほとんどの流れが流下方向で、一部は左右の壁へ方向に向かう二次元的な流速分布を示している。しかし下流側の一部の断面、特にNo.7の断面では等流速分布図に渦の形が現れ、その部分の流速が小さくなり、三次元

Fig. 5 Station numbers in the intersecting region

Fig. 6 Equi-velocity distribution at each station for $\theta_c = \theta_b = 30^\circ$, $Hr = 40.5$, $H_1 = 11.0$ and $H_2 = 2.5 \text{ cm}$ ¹¹⁾

Fig. 7 Equi-velocity distribution at each station for $\theta_c = \theta_b = 60^\circ$, $Hr = 40.5$, $H_1 = 11.0$ and $H_2 = 2.5 \text{ cm}$ ¹¹⁾

Fig. 8 Equi-velocity distribution at each station for $\theta_c=60^\circ$, $\theta_b=30^\circ$, $H_r=H_l=40.5\text{cm}$

Fig. 9 Equi-velocity distribution at each station for $\theta_c=60^\circ$, $\theta_b=30^\circ$, $H_r=40.5$ and $H_l=11.0\text{cm}$

的な流速分布を示している。これは断面間での流速の変化に三次元性がみられ、二次流の発生をはっきりと想像することができる。Photo. 1の可視化写真で、交差部背後にわずかに剥離渦がみられるのも、この流速分布に関係しているものと思われる。図を省略した上流側水位の低い $H_r=H_l=11.0\text{cm}$ の場合も同様の等流速分布を示している。

次に、Fig. 9に示す上流側水位を非対称にした場合の結果では、上流側水位の低い左側管路でのNo.4断面にて流速の速い主流の位置が外壁側から内側の方へ移り、交差部中央から下流側に向かってははっきりと流れの三次元性がみられる。特に、

右側のNo.7断面での等流速分布図での値の差が大きくあらわれている。

Fig. 6とFig. 7に示す合・分流角度が同じである 30° と 60° の場合の結果と比較してみると、今回の $60^\circ \rightarrow 30^\circ$ の場合の上流側の等流速分布図は、Fig. 8に示す上流側水位が対称の場合には $30^\circ \rightarrow 30^\circ$ と同様に二次元的な流速分布を示している。一方、Fig. 9に示す上流側水位が非対称の場合には、Fig. 6とFig. 9の上流側等流速分布図の形がよく似ているように、水位の高い右の上流側管路では二次元的で、左の管路では三次元的な流況を示す非対称な等流速分布となっている。

それに対して下流側の等流速分布図は、Fig. 8にみられるような上流側水位が対称でも等流速分布図に非対称性があらわれ、三次元的流れとなっている。さらに、Fig. 9に示す非対称水位に対しては、Fig. 7によく似た三次元的な流況を示す等流速分布図となっている。

結局、合・分流角度が異なる $60^\circ \rightarrow 30^\circ$ の交差管については、流況特性からみると上流側は交差角が 30° の場合で、下流側は交差角が 60° の場合の流れとなっていると思われる。すなわち、交差形状とは逆に、上流側は交差角が 30° のような鋭角的な流況を示し、交差部を過ぎてからは流量制御等に大変興味ある交差角と考えられる 60° の場合の流れに似た流況を示していると思われる。Photo. 2や3での可視化写真結果でも述べたように、今回の合・分流角度が異なる $60^\circ \rightarrow 30^\circ$ の交差管は、上流側条件との関係により興味ある流量配分や制御が可能であると思われる。

なお、Fig. 6と7における下流端条件が今回のものと多少異なるが、以上の比較の範囲内ではほとんどその影響はみられなかった。

4. 結 論

注入トレーサ法や下流端流量測定及び二次元レーザ流速計などによって合・分流角度の異なる交差管内の流れの可視化を試みた結果、次のような結論を得ることができた。

- (1) 交差角の違いによる交差部背後に生じる剥離渦の位置と大きさなどの変化を明らかにした。

- (2) 合・分流角度と上流側水位及び及び Re 数の違いによる下流端流量の変化特性を明らかにした。
- (3) 合・分流角度が $60^\circ \rightarrow 30^\circ$ の交差管は、上流側は 30° 、下流側は 60° のそれぞれの交差角の場合の流れとなっていることから、交差形状とは逆の流況特性を示すことが明らかになり、流量配分や制御に興味ある合・分流角度を有していると思われる。

参考文献

- 1) 梅田眞三郎, Wen-Jei YANG : 交差管内の流れの可視化—交差部内の運動特性—, 可視化情報, 13-Suppl. No.1 (1993), 131-134
- 2) Umeda, S., Yang, W.-J. and Tanaka, T. : Mechanics and Correlations of Flow Phenomena in Intersecting Ducts, Experiments in Fluids, Vol.17, No.5 (1994), 323-329
- 3) 梅田眞三郎, Wen-Jei YANG : 交差管内の流れの可視化と計測, 流れの計測, Vol.11, No.15 (1993), 107-119
- 4) 梅田眞三郎, Wen-Jei YANG : 糸を用いた交差管内の流れの可視化, 可視化情報, Vol.15, No.58 (1995), 26-31
- 5) 梅田眞三郎, Wen-Jei YANG : 鉛直交差管内の流れの可視化—抵抗と流量特性—, 可視化情報, Vol.15, No.59 (1995), 40-45
- 6) 梅田眞三郎, Wen-Jei YANG : 交差管内の流れの可視化—剥離渦の変化—, 可視化情報, 14-Suppl. No.1 (1994), 155-158
- 7) 梅田眞三郎, Wen-Jei YANG : 交差管内の流れの可視化—流量特性—, 可視化情報, 15-Suppl. No.1 (1995), 97-100
- 8) 梅田眞三郎, Wen-Jei YANG : 鉛直交差管内の流れの可視化—吸引特性—, 可視化情報, 14-Suppl. No.2 (1994), 141-144
- 9) 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 (1996), 28-36
- 10) 梅田眞三郎, Wen-Jei YANG : 交差管内の流れの可視化—2次流—, 可視化情報, 14-Suppl. No.1 (1994), 151-154
- 11) 梅田眞三郎, Wen-Jei YANG : 断面変化に伴う交差管内の流れの可視化, 流れと計測, Vol.12, No.16 (1995), 33-38
- 12) Umeda, S. and Yang, W.-J. : Flow Visualization in Intersecting Ducts Using Laser Doppler Velocimetry, Flow Visualization VII (edited by J. Crowder), Begell House, pp.354-358, 1995