

交差管内の乱流特性

福山大学工学部 正会員 梅田眞三郎
徳永技建工業 賀村 光広

1. まえがき

ネットワーク管路内¹⁾には、合流と分流が連続しているX字型の交差流れが存在し、その流れと物体まわり形成される渦の挙動とによって複雑な流れがみられる。既に筆者ら²⁾は、合・分流角度が同じ場合やそれぞれが異なる場合の流況特性の一部を明らかにしてきた。しかしながら、流れと流れが衝突するせん断層付近の流れと合流後に形成される剥離に伴う渦との関係などについては、未だ十分には解明されていない。

本研究では、二次元レーザ流速計（LDV）を用いて合・分流が連続しているX字型交差流れにおけるせん断層付近の流れの可視化計測を試みた。

2. 実験方法

既報²⁾の実験に用いた交差管と同じ $3.0 \times 3.0 \text{ cm}^2$ 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。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の対称及び非対称水位とした。それぞれに対して、交差角 θ_c と θ_b を 30° と 60° の交差角の組み合わせた場合の合計4種類とした。それらの4種類に関して、 $30^\circ \rightarrow 30^\circ$ 、 $30^\circ \rightarrow 60^\circ$ 、 $60^\circ \rightarrow 30^\circ$ 及び $60^\circ \rightarrow 60^\circ$ の記号を以下の説明で用いる。左右の上流側の交差管が合流する部分から下流側の分流する前までの交差部を細かくメッシュに切り、その格子点でLDVにより流速測定を行った。なお今回は、合流部断面位置より1cm上流側の左右管路断面の中央位置の一点での流速もLDVにより測定した。それぞれ左右の平均流速から代表流速 U_o を求めた。レイノルズ数 Re は、代表長さを管路断面の一边 a とする $Re = U_o \cdot a / \nu$ とした。合・分流角度の違いなどを比較するために、 Re 数を 54,000～62,000 の範囲内となるような上流側水位の設定を行った。いずれの流速も水深方向の中央断面位置で測定した。

3. 実験結果と考察

<流速分布>：交差部の流速分布の結果については、紙面の都合で Fig.2 に一例のみを示し、以下に簡単に考察を述べる。

まず $30^\circ \rightarrow 30^\circ$ の結果では、合流部分での場所的な加速度変化が小さく、滑らかな流れがそのまま分流部分に伝わっている。交差部背後の左側管路の外壁側にわずかながら渦の形成が考えられる流速分布を示している。一方、上流側水槽の水位が非対称の場合には、左側管路の外壁側にはっきりとした渦の形成が考えられる流速分布となっている。分流角度を 60° に上げた $30^\circ \rightarrow 60^\circ$ では、合流部分の流れは前述の 30° のものとほとんど同じであるが、分流部分の流れが大きく変化している。すなわち、交差部背後の左右管路の外壁側にはっきりとした渦の形成を示す流速分布となっている。

逆に、 $60^\circ \rightarrow 30^\circ$ とした場合（Fig.2参照）には、合流部分の流速は小さくなっている。しかし分流部分では、

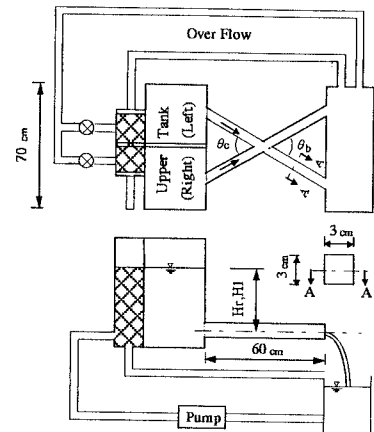


Fig.1 Schematic of experimental setup

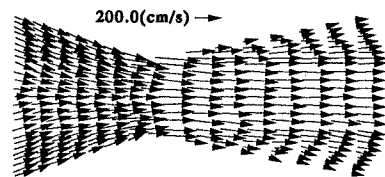


Fig.2 Velocity distribution in intersecting ducts for $\theta_c = 60^\circ$, $\theta_b = 30^\circ$ and $H_r = H_l = 31.5 \text{ cm}$

キーワード：交差流れ、乱流、LDV

〒729-02 福山市学園町一番地三蔵、TEL.0849-36-2111、FAX.0849-36-2023

30° → 30° の場合と同様に、ほとんど渦の形成がみられない流速分布となっている。ただし、交差部背後の左右の外壁側の流速は、30° → 30° の結果と比べると小さくなっている。

最後に、60° → 60° では、いずれの上流側水位の場合も分流部分の左右の外壁側に渦を形成するような逆流域がみられ、それぞれの流速分布の違いは非常に小さくなっている。

<乱流特性>：流速変動 u' と v' に関して、乱れ強さ $\sqrt{u'^2}/U_0$ 及び $\sqrt{v'^2}/U_0$ の等乱れ強さの分布図を求めた。 u' に関する乱れ強さの方が v' に比べると大きくなっているが、全体的な変化はほとんど同じとなっている。

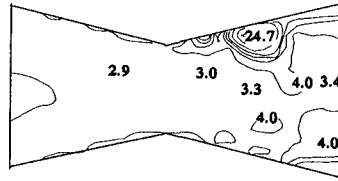


Fig.3 Equi-intensity of turbulence $\sqrt{u'^2}/U_0$ for $\theta_c = \theta_b = 30^\circ$ and $H_r = H_l = 29\text{cm}$

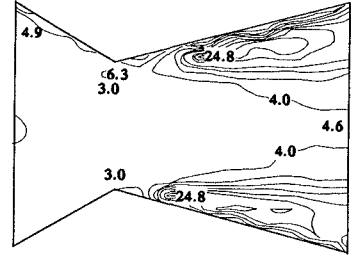


Fig.4 Equi-intensity of turbulence $\sqrt{u'^2}/U_0$ for $\theta_c = 60^\circ$, $\theta_b = 30^\circ$ and $H_r = H_l = 31.5\text{cm}$

u' に関する結果の二例を Fig.3 と 4 に示す。またレイノルズ応力 $-u'v'/U_0^2$ の結果の二例を Fig.5 と 6 に示す。以下に簡単に考察結果を述べる。

まず、30° → 30° の場合 (Fig.3参照) では、その他の交差角のものと比較すると交差部全体にわたって乱れ強さが小さくなっている点が特徴的である。

30° → 60° の場合には、分流部分の左右の外壁側に大きな乱れ強さがあらわれ、この付近に渦が形成されることが十分に考えられる。交差角度での違いを比較すると、60° → 30° の場合 (Fig.4参照) の方が、全体的に乱れ強さが小さくなっている点に注目すべきと思われる。

次に、60° → 60° では、いずれの場合も全体的な乱れ強さ分布が非常によく似ている。

一方、レイノルズ応力の変化については、全体を比較すると、30° → 30° での上流側水位が対称の場合におけるレイノルズ応力の変化が非常に小さく (Fig.5参照)、速度変動による運動量の変化が最も小さくなっていると思われる。それに対して、上流側水位を非対称にした場合には、分流部分の左の外壁側のレイノルズ応力の変化が大きくあらわれ、速度変動による運動量の増加が大きくなっていると考えられる。

30° → 60° や 60° → 30° のような合・分流角度が異なる場合については、60° → 30° の場合 (Fig.6参照) の方が、分流部分のレイノルズ応力の変化が小さくなっている。ただし、前述の30° → 30° の場合と比べると、レイノルズ応力の変化が左右の外壁側にもあらわれ、速度変動による運動量の増加は、やや大きくなっている。

その他の60° → 60° の場合には、レイノルズ応力の変化は、前述までの乱れ強さの結果と同様に、上流側水位に関係なく、ほとんど差がみられない。

4. 結論

X字型交差管内の流れについてLDVを用いた可視化を試みた結果、合・分流角度や上流側の左右の水位の違いにより交差部周辺の流れが異なること、すなわち分流部での剥離に伴う渦の形成や乱れ特性が異なることを明らかにすることができた。これらの交差流れを制御機器に応用すると興味ある結果が得られると思われる。

- <参考文献>：1) 梅田、W-J. 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)
2) 梅田、W-J. YANG：合・分流角度の異なる交差管内の流れの可視化、可視化情報、Vol.16、No.62(1996)

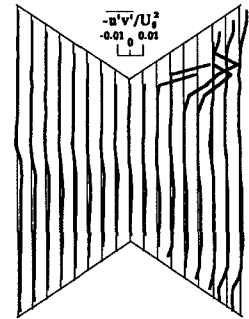


Fig.5 Change of Reynolds stress $-u'v'/U_0^2$ for $\theta_c = \theta_b = 30^\circ$ and $H_r = H_l = 29\text{cm}$

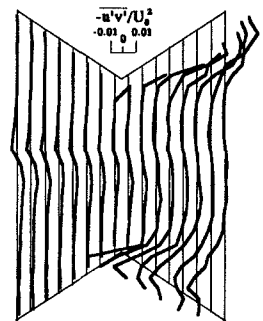


Fig.6 Change of Reynolds stress $-u'v'/U_0^2$ for $\theta_c = 60^\circ$, $\theta_b = 30^\circ$ and $H_r = H_l = 40\text{cm}$