

## II-PS 8 交差管内の流況特性

福山大学工学部 正会員 梅田 眞三郎  
 ミシガン大学 Wen-Jei Yang  
 竹中土木 長嶋 隆 行

## 1. まえがき

自然科学の分野では、各種の流れのネットワーク内に交差する部分が存在する。交差部では、管径や交差角などの部材条件と流量や圧力変化などの水理条件とによって複雑な流況を示し、その特性把握が求められている。筆者ら<sup>1), 2), 3)</sup>は、新しい実験として交差管内の流れの可視化を試みてきた。

本研究では、種々の可視化手法に新しい流線の可視化手法を加え、交差管内の流況把握を試みた。

## 2. 理論式

交差管内で曲がりや断面変化などによる各種の損失を考える。管路内の1～(n+1)断面でベルヌーイの定理を適用し、損失係数の $\zeta_i$ や $\xi_i$ 、圧力降下 $\Delta P_i$ 、流速係数 $\alpha_i$ 及び全水頭差 $\Delta P_t$ とによってあらわされる新しいパラメータを以下のように定義する。なお、管路内の上流側での平均流速をVとする。

$$K_c = \sum_{i=1}^{n+1} (\Delta P_i / \alpha_i) / \Delta P_t = K_z / K_q - (K_v - n) / K_q, \quad \Delta P_t = \sum_{i=1}^{n+1} \Delta P_i = \sum_{i=1}^{n+1} \xi_i V^2 / 2g,$$

$$K_z = \sum_{i=1}^{n+1} \zeta_i = \sum_{i=1}^{n+1} \{ \Delta P_i / (V_i^2 / 2g) \} + K_v - n, \quad K_q = \sum_{i=1}^{n+1} \xi_i = \Delta P_t / (V^2 / 2g),$$

$$K_v = \sum_{i=2}^{n+1} (h_{i-1} / h_i), \quad h_i = V_i^2 / 2g, \quad \xi_i = \alpha_i \zeta_i, \quad \alpha_i = (V_i / V)^2$$

## 3. 実験方法

交差管の両側にヘッドタンクを設けた循環水路にて実験を行なった。今回は、両ヘッドタンクに挟まれた区間長を30cmと統一し、交差角 $\theta$ を30°、60°及び90°と変化させ、各交差角に対して上流側タンクの水位調節による4種類の実験を試みた。レーザーによる流速測定(LDV)を考え、アクリル樹脂板を用いた1.5cm角の正方形断面の対称の交差管を用いた。LDVを用いて各点の流速を、また管路の底に小さな穴をあけ、ピエゾメータを設けて圧力の変化を測定した。交差管内の流線把握のために注入トレーサ法を適用した。トレーサとして片栗粉に黒色の着色液を混ぜて固めたものを細かく砕いた粒子を上流側流入口に投入した。

## 4. 実験結果と考察

注入トレーサ法により得られた流線の可視化写真結果の一例を写真-1に示す。上流側管路の中央と外壁側の中間位置を通る流線(No. 1)は、交差部中央を過ぎてからは下流側の中央位置を通っていている。また上流側管路の中央を通る流線(No. 2)は、遠心力などの影響を受け交差部でふくれ、下流側管路では内壁側に寄ったところを通っている。一方、上流側の管路の内壁側を経路とする流線(No. 3)の場合は、交差部及び下流側ではそのまま内壁側を通っていている。

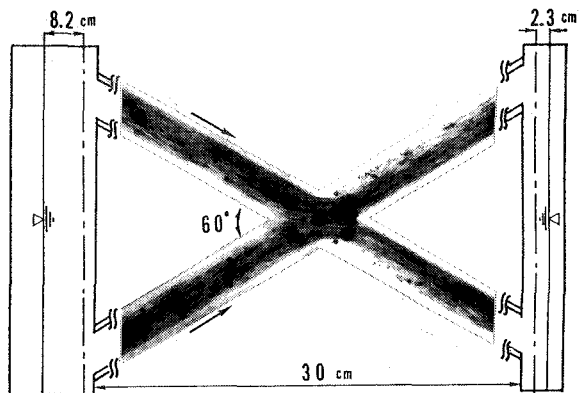


写真-1 流線の可視化写真 ( $\theta = 60^\circ$ 、Run2の場合)

交差角の違いや上流側水位上昇に対して、交差部中央を過ぎた外壁側に形成される渦の形が異なっていることがわかる。ただし $30^\circ$ の場合には、その変化が小さい。また交差角や上流側水位の違いによっては、交差部中央を過ぎてからの流線が多少異なるようである。

LDVによる流速測定やピエゾメータによる圧力水頭の測定結果については、発表時に行なう。

交差管における新しい無次元パラメータである抵抗係数  $K_c$  の  $Re$  数に対する変化を示したのが、図-1～3である。流線と交差角によって  $K_c$  の値が変化し、 $Re$  数に対しては交差角ごとに変化が異なっている。交差角が $30^\circ$ の場合には、今回の  $Re$  数の範囲では、 $Run-2$  の  $Re$  数が  $10^4$  付近でピークとなる変化を示し、 $K_c$  の値も他の交差角に比べ小さい値となっている。交差角が $60^\circ$ の場合には、 $Re$  数に対して  $K_c$  は最も変化が小さい。交差角が $90^\circ$ の場合には  $K_c$  の値が最も大きくなり、各流線ともに損失水頭が減少している  $Run-3$  の場合に多少変化がみられる。しかし  $Re$  数に対しての変化は、 $30^\circ$  の場合程には大きくない。この $90^\circ$ の流線No. 2の場合には、 $K_c$  の値が1.0に近いものとなっている。

以上のように無次元パラメータ  $K_c$  は、交差管内の平均流速に対して各点での流速変化や圧力降下及び損失水頭のそれぞれの変化を同時に表わし、交差管内の流れへの抵抗特性を示していると思われる。

## 5. 結論

非圧縮性流体の定常流れに対する交差管内の流れの特性を解明するために、流れの可視化実験を試みてきた。その結果、注入トレーサ法により交差管内での流線や渦の発生領域を明らかにすることができた。また、流速や圧力の測定からの新しいパラメータ  $K_c$  によって交差管内での流れへの抵抗特性を把握することができ、交差管内の流況特性を明らかにすることができた。なお、本概要集に掲載できなかった可視化実験結果については、ポスターセッションの機会が与えられれば発表する予定である。

## <参考文献>

- 1) 梅田眞三郎、尾島勝、W-J Yang：交差管内の流れの可視化（第1報）、可視化情報、Vol.12, Suppl. No.1, 1992.
- 2) Yang, W.-J., Zhang, N. and Umeda, S.: Thermal and Hydrodynamic Behavior in Flow Networks, Journal of Thermophysics and Heat Transfer(in print), 1993.
- 3) Umeda, S. and Yang, W.-J.: Mechanics of Fluid Flow in Intersecting Ducts, Experiments in Fluid (投稿中)

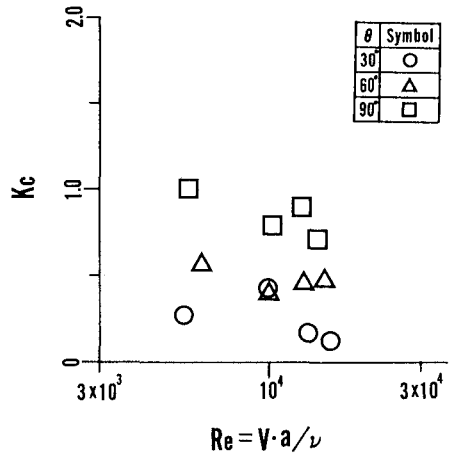


図-1  $Re$  数と  $K_c$  との関係（流線No.1）

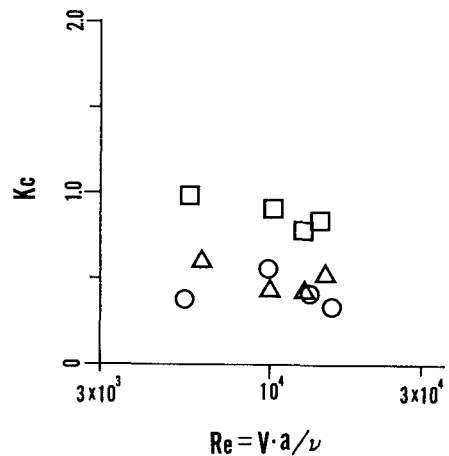


図-2  $Re$  数と  $K_c$  との関係（流線No.2）

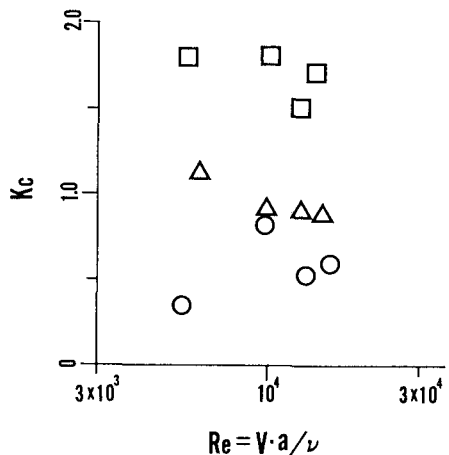


図-3  $Re$  数と  $K_c$  との関係（流線No.3）