

交差管内のせん断層付近の流れ

福山大学工学部 正 員 梅田 眞三郎
 ミシガン大学 Wen-Jei Yang

1. まえがき

交差管内の流れには、上流側左右からの流れが交差部で衝突するために、交差部での流れを分離する壁が存在する。その壁を形成するせん断層付近の流れは、交差角や上流側の水位などの条件により複雑な挙動¹⁾、²⁾を示している。本研究では、そのせん断層の振動特性などを把握するための可視化実験を試みた。

2. 実験方法

交差管の断面積が $3 \times 3 \text{ cm}^2$ の正方形断面で、交差長が60cmの交差管を水平に設置し、上流側水位を種々に変化させて実験を行った。交差角は 30° 、 60° 及び 90° と変化させた。今回は下流側水位 $H_2 = 2.5 \text{ cm}$ と一定にし、上流側水位を左右で対称の4種類及び非対称の6種類の合計10ケースを選んだ。レーザ流速計(LDV)による上流側管路での平均流速を代表流速とし、正方形の一边 a を代表長さとする Re 数が $9.1 \times 10^3 \sim 5.8 \times 10^4$ の範囲内で実験を行った。

交差部でのせん断層の振動を調べるために、太さ0.25mmの糸を針につけて、交差部上流端近くの底にあけた小さな穴より挿入した。糸の長さは、交差部の長さが交差角により異なるので、それに応じて変化させた。交差管路の上面よりCCDカメラにて糸の動きを撮影し、画像処理器で一コマ(1/30秒)ごとの糸の変化を読み取り、約6～7秒間のデータを基に振動解析を試みた。

3. 実験結果と考察

交差部でのせん断層は、ラム効果の発生による圧力変化や遠心力の影響などにより複雑な振動を示す。その振動を解析するために、交差部中央縦断線上に立てた糸の振動の測定を行った。それぞれの糸の下流端の位置を画像処理により読み取り、その最大値による正規化から振幅比 $\eta_i / \eta_{\max}$ を求めた。なお振幅の中心は、交差部縦断線上とし、交差部の右側への振動を正とし、左側へは負とした。

それぞれの糸の振動の中心がどのようなところに位置しているのかを調べるために、上流側水位比 H_1 / H_r に対しての $\eta_i / \eta_{\max}$ の平均値 η_a の変化を図-1に示した。対称水位の場合には、交差角が 60° や 90° の η_a が零近くの値になっている。また非対称水位に対しては、 H_1 / H_r の減少とともに糸が水位の低い左側へ片寄るため、 η_a は小さくなっている。特に 90° の場合片寄りが大きく、 η_a の値が小さくなっている。一方、交差角が 30° の場合には、対称及び非対称水位に対しての η_a にはバラツキがみられる。これは流線の可視化²⁾でみられたように、剝離渦の発生位置の不安定さに関係していると思われる。

次に、平均値 η_a から振幅比 $\eta_i / \eta_{\max}$ のバラツキを調べるため分散を求めた。その結果を図-2に示す。全体的には、交差角が大きくなるにつれて分散が小さくなっている。また上流側水位差による分散の値の変化はあまり大きくない。しかしながら交差角が 60° や 90° の場合には、対称水位のものと非対称水位のものとの差が少しみられる。これは、非対称水位の場合、一方へ大きく片寄り、外壁側の影響を受けて振動が抑制されているためと思われる。

交差部の長さは交差角により異なるので、それぞれの糸の振動での左右の最も片寄ったときの中央縦断線上からの角度を求めた。すなわち、左右に振動している広がり角度 β の最大のものを求め、上流側水位比に対する変化を図-3に示した。対称水位に対しては、交差角が大きくなるにつれて、また水位の上昇に対しても広がり角度が大きくなっている。しかしながら、非対称水位の水位差が大きい場合には、逆に交差角が小さい方の広がり角が大きくなっている。上流側水位の変化に対しての 90° の場合の広がり角は、対称及び非対称で大きく異なっている。また 60° の場合には、対称及び非対称水位の差が小さいときの広がり角

はあまり差がないが、水位差が大きくなると急激に広がり角が小さくなっている。一方、 30° の場合には、 $H_r=H_l=11.0$ cmの最も水位の低い場合を除くと、全体的に広がり角度は大きいが、水位の変化に対しての広がり角の差が比較的小さくなっている。

4. 結論

新しい試みである糸による交差部内の流れの可視化実験結果から交差角に対する糸の振動をまとめると、交差角が 30° の場合には、振動の中心が不安定で広がり角度も大きくなっている。それに対して 60° の場合には、上流側水位の変化に応じて振動の中心位置が片方により、分散も小さくなっている。また水位差が大きいときには広がり角度も急激に小さくなり、片方に安定した状態での振動特性を示している。一方、 90° の対称水位の場合には、糸が交差部中央付近で振動し、大きな広がり角度となっている。また非対称水位になった場合には、大きく片方へ寄って、しかも広がり角度や振幅の分散が小さくなっている。

以上のような糸の振動特性から交差部でのせん断層付近の流れを明らかにすることができ、これによって交差角に対する下流側への流量配分特性を推定することができると思われる。

<参考文献>

- 1) Yang, W.-J., Zhang, N. and Umeda, S.: Thermal and Hydrodynamic Behavior in Flow Networks, Jour. of Thermophysics and Heat Transfer, Vol.7, No.4(1993), 734-736
- 2) Umeda, S. and Yang, W.-J.: Flow Visualization Methods in Intersecting Ducts, Jour. of Flow Visualization and Image Processing, Vol.1, No.3(1993), 159-170

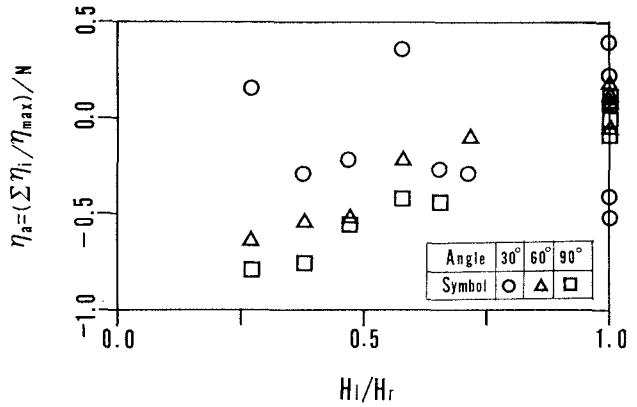


Fig.1 Mean normalized flow oscillation versus H_l/H_r .

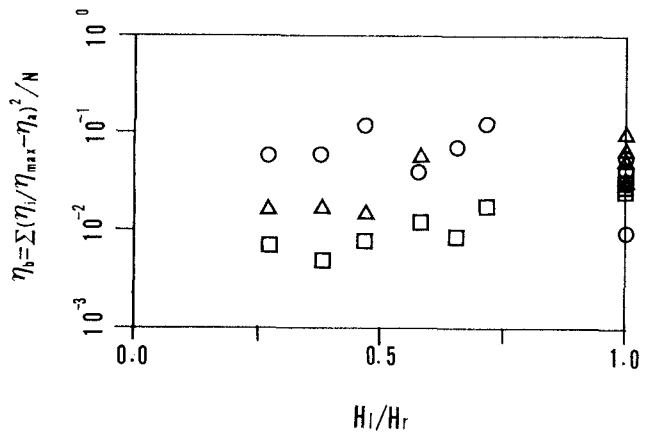


Fig.2 Dispersion of normalized flow oscillation versus H_l/H_r .

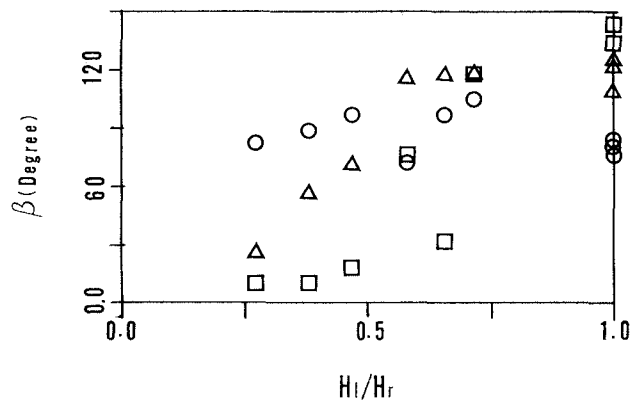


Fig.3 Dispersion angle of flow oscillation versus H_l/H_r .