

角柱群管路内の流れの可視化

福山大学工学部 正会員○梅田眞三郎
福山大学大学院 学生員 神原英知
(株) サンキット 坂西俊一

1. まえがき

本研究では、矩形及び菱形の角柱を並べたネットワーク角柱群内における角柱列背後の流れの把握を目的に、注入トレーサ法や流れの中におかれた糸の振動などの流況の可視化実験を行った。さらに、二次元レーザ流速計(LDV)による流速変動計測や下流端流量と上・下流側のピエゾ水頭測定から管路内の流れの抵抗特性も調べた。

2. 実験方法

実験装置の概要をFig.1に示す。今回実験に用いた角柱群は、Type-1からType-3までは、幅 $w=10\text{mm}$ で長さ $l_c=17.3\text{mm}$ の矩形角柱を用い、直列配列と角柱位置の異なる千鳥配列とした。これらの角柱は、Fig.1の平面図に角柱間の拡大を示しているように、その4つの頂角を結ぶ交線の角度(対角交差角)の小さい方が 60° となっている。また角柱間隔 l_g は、前後の角柱の4つの頂角を結ぶ交線の角度が 30° となっている。なお、この間隔の領域をスポットと名づけ、以下の説明に用いる。Type-4は、Type-3と同じ千鳥配列とし、流れ方向の物体の先端部分の角度が 60° となる菱形角柱を用いた。Type-5では、物体の下流側の先端部分が 30° の鋭角となる菱形角柱を用いた。

5種類の角柱群に対して、上流側水槽水位 H_u を種々に変化させて実験を行った。 Re 数の代表流速には管路の平均流速 U_0 を、代表長さには角柱の幅 w をそれぞれ選んだ。

まず、ハイポラス・ポリマー粒子を用いた注入トレーサ法による流跡線の可視化や角柱まわりに糸をつけて流れの振動の可視化を行い、流況の把握を試みた。次に、LDVを用いて各点の流速及びその変動を計測した。紙面の都合で流速変動の結果については省略する。さらに、各Typeの角柱群より上流側及び下流側のそれぞれの管路横断方向の中央位置にてピエゾメータによる圧力測定を行った。

3. 実験結果と考察

注入トレーサ法及び角柱まわりに糸をつけて流況を可視化した結果の一例をFig.2に示す。この矩形角柱のType-1では、角柱まわりの流跡線や角柱につけられた糸が大きく乱れ、複雑な流況を示している。特に、第3列目及び第4列目の角柱間の糸の振動が激しくなっているのが実験時にも観察することができた。千鳥配列としたType-2からType-3に至っては、Type-1に比べ角柱まわりの流跡線に乱れが少なくなり、Type-3でははっきりとしたX字型の交差流れがあらわれている。特に、Type-3では、角柱まわりの剥離領域が第2列目以後ほとんど同じ大きさとなっている。

菱形角柱としたType-4とType-5では、X字型の交差流れの合・分流角度がType-3のものに比べそれぞれ小さくなり、大変滑らかな流れとなっている。Type-4では、角柱背後の後流域の大きさがType-3のものより大きくなっている。それに対してType-5での後流域は、偏平なものとなっているのが特徴的である。

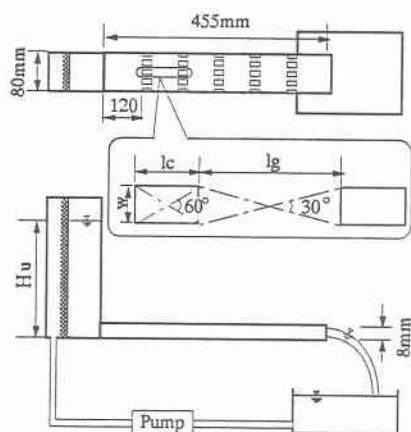


Fig.1 Schematic of experimental setup

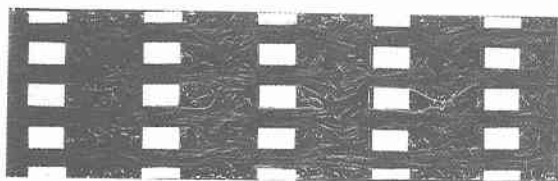


Fig.2 Flow pattern for Type-1
($Re=9,300$, $s=1/125$, $F=2.8$)

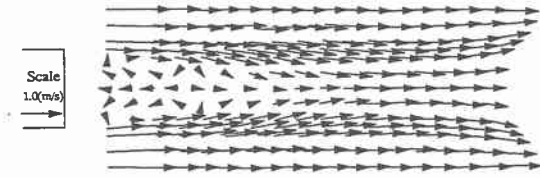


Fig.3 Velocity distribution in fourth spot for Type-1(Re=9,100)

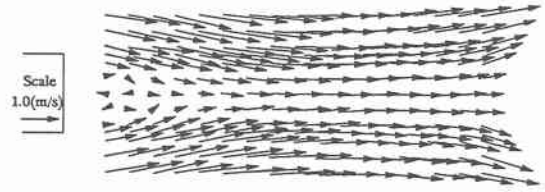


Fig.4 Velocity distribution in fourth spot for Type-3(Re=9,100)

なお、糸の振動については、実験時の観察結果によると、Type-1での糸が変則的な動きを示していたのに対して、Type-2~Type-5まではいずれもほぼ規則的な左右への変動を示していた。

L DVを用いてそれぞれのTypeの各スポットにおいて、平均流速を計測した結果のなかから最下流側の第4スポットの流速分布結果の二例をFig.3と4に示す。またそれぞれの平均渦度分布をFig.5と6に示す。それらから各スポットでの渦の領域の大きさや流れの回転状況を理解することができる。

次に、各Typeの配列形状の違いによる流路抵抗特性を明らかにするために、管路の上・下流側における圧力測定結果と下流端流量による平均流速 U_0 から全圧力損失係数 C_p を求めた。そのRe数に対する変化をFig.7に示す。

図から明らかなように、それぞれのTypeでの圧力損失の違いがあらわれている。Type-5の場合の全圧力損失係数 C_p が最も小さく、しかもRe数の変化に対してもほぼ一定となっている。続いて、同じ菱形角柱群のType-4の場合の係数も小さくなっているが、7,000程度までRe数の変化に対しては C_p が急激に減少し、それ以後のRe数の増加に対しては C_p が一定となっている。一方、矩形角柱群のType-1~Type-3の結果は、同一のRe数に対して菱形のものよりさらに C_p が大きくなり、Type-1及びType-2が最も大きくなっている。

4. 結論

注入トレーサ法による流跡線と糸による後流域の振動のそれぞれの可視化及びL DVを用いた流速測定により、矩形と菱形角柱群内の渦の形成領域や流路抵抗特性を明らかにした。

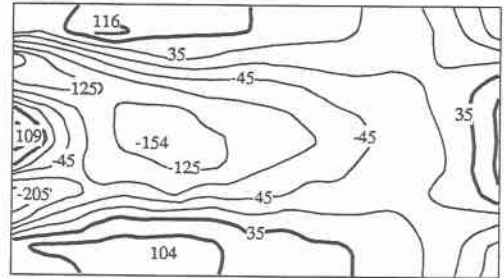


Fig.5 Iso-vorticity distribution in fourth spot for Type-1(Re=9,100)

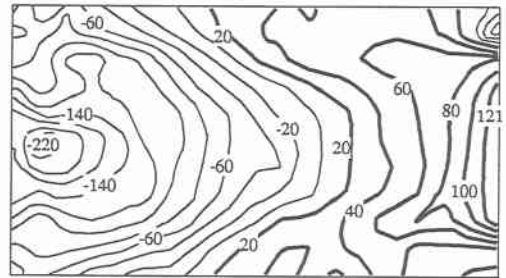


Fig.6 Iso-vorticity distribution in fourth spot for Type-3(Re=9,100)

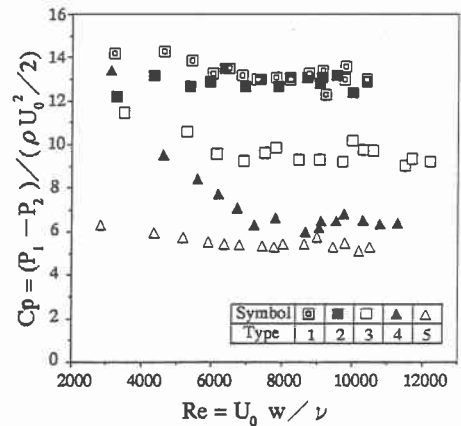


Fig.7 Change of pressure loss C_p versus Re