

角柱列間の後流の可視化

福山大学工学部
(株)ウォーター・エンジニアリング
(株)姫野組

正会員○梅田眞三郎
赤井 正義
川人 栄志

1. まえがき

流れの中におかれた物体の背後には、物体からの流れの剝離に伴う渦などが発生する後流域が存在する。主流と物体形状に関係する後流によって角柱列まわりの流れは、大変複雑な流況を示し、それらの流動状況は未だ十分解明されていない。

本研究では、角柱列背後の流れの把握を目的に、流れ方向に角柱を3個並べた場合の角柱間の後流の可視化実験を試みた。

2. 実験方法

幅 25mm、厚さ 8mmの矩形管水路に長さ l、幅 w、厚さ d= 8mmの角柱を3個並べ、Fig.1 に示すような循環水路にて実験を行った。今回は、第1列目の角柱先端位置を上流側水槽から 150mmに統一し、幅も w= 10mmとし、長さ l と角柱背後の流れ方向間隔 X を種々に変化させた。そのため矩形管水路の長さは、335~420mmの範囲となっている。今回用いた角柱の長さや間隔を Table 1 にまとめて示す。その表での Type 名及び X の長さは、対角交差角 θ に関係している。特に、Type 30-3 や 30-5 の角柱長さ l については、物体の対角交差角もそれぞれ 60° と 30° となるような長さ l としている。

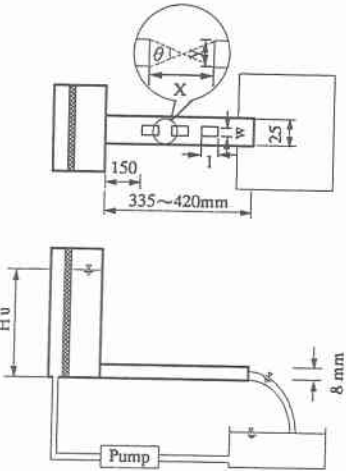


Fig.1 Schematic of experimental setup

以上のような角柱や上流側水槽水位 Hu の違いによって角柱列背後の流れがどのように変化するかを調べた。流れの可視化にあたっては、まずハイポラス・ポリマ粒子を用いた注入トレーサ法により流線の可視化を試みた。同時に、角柱に糸をまきつけ、その振動により流れの変動状況の可視化も行った。

次に、LDVにより流速測定を行った。その他に下流端流量を測定し、それを管路の断面積 $A=2.5\times0.8\text{cm}^2$ で割って得られる平均流速 U。を求めた。代表流速を U。とし、角柱の幅 w を代表長さとして Re 数を算定した。

Table 1 Kinds of rectangular cylinders

Type		30-1	30-2	30-3	30-4	30-5	40	45	50	60-1	60-2	60-3
Rectangle	Depth d=8mm	Length l (mm)										
	Width w=10mm											
Length of gap (Y=10.0mm)	X(mm)	37.3	37.3	37.3	37.3	37.3	27.5	24.1	21.4	17.3	17.3	17.3
	$\theta=2\times\tan^{-1}(Y/X)$	30°	30°	30°	30°	30°	40°	45°	50°	60°	60°	60°

3. 実験結果と考察

注入トレーサ法及び糸を用いて角柱背後の後流域の流線及び流れの振動の可視化を試みた。紙面の都合でそれらの結果の数例を Photo.1~3 に示し、その他は発表時に示す。

後流域での対角交差角が 30° となる Type 30-1 から 30-5 では、Re 数が小さいときには、左右からのトレーサが後流域の下流側にわずかに入り込む程度で、左右の流れの交差はほとんどみられない。しかし Re 数が大きくなった場合には、糸の振動からも明らかなように、左右の流れは大きく交差している。また、第1列目と第2列目背後の糸の交差状況を比較すると、第2列目の交差位置の方が角柱からの距離が短くなっている場合が多くみられる。特に、Type 30-3 から 30-5 のような角柱長さ l が長くなった場合に第1列目と第

2列目との差がはっきりとあらわれ、第2列目の交差位置の方が角柱からの距離が短くなっている。一方、Type 60-1から 60-3 の場合の結果については、角柱背後での渦の形成が不明瞭で角柱の左右の流れがその後へと流れ込む場合が少なく、ほとんどまっすぐに下流側へ流れている。ただし糸の振動については、その先端部分が Re 数の増加とともに細かく振動するのが実験で観察することができた。

その他の Type 40 から 50 までの角柱背後の対角交差角が 30° より大きく 60° より小さい場合については、Type 40 と 45 の一部の流況は対角交差角が 30° 型 Type に、また Type 50 については 60° 型のものによく似ている。

一方、角柱背後の領域における計測格子点上で LDV により平均流速を求めた。それらの結果の二例を Fig.2 と 3 に示す。

対角交差角が 30° と 40° のものについては、いずれも角柱背後に渦を形成する形の流速分布を示し、下流側の渦の領域が上流域に比べ小さくなっているのがわかる。またそれぞれの計測領域での下流側の左右の流速ベクトルが外壁側に向かっている。特に、Type 30-1や 30-4での上・下流領域では共にベクトルの向きが大きく外壁側に向かっている。

その他の Type については、下流側領域の方だけがはっきりと外壁側に向かうベクトルを示している。

一方、対角交差角が 60° の場合の結果については、上・下流側領域共に後流域より外の左右のベクトルはほとんどまっすぐに下流側に向かっている。また後流域内でのベクトルは、流れ方向とは逆向きのものがあらわれているが、それぞれの流速差が小さく、明確な渦を形成するような流速分布は示していないと思われる。

4. 結論

注入トレーサ法による流線と糸による後流域の振動のそれぞれの可視化及び LDV を用いた流速測定により角柱列背後の流れを調べた。その結果、対角交差角の違いにより角柱背後の渦の形成など流況が大きく異なることが明らかとなった。すなわち、対角交差角が 60° のような大きな角度の場合、角柱背後には明瞭な渦は形成されず、逆に対角交差角が小さい 30° の場合には角柱背後に顕著な渦があらわれ、後流域での左右からの流れの交差振動に関係する流れの変動を理解することができた。



Photo.1 Visualization of streamline for Type 30-1($Re=9,085$)



Photo.2 Visualization of streamline for Type 30-3($Re=437$)



Photo.3 Visualization of streamline for Type 30-3($Re=7,843$)



Photo.4 Visualization of streamline for Type 60-2($Re=11,242$)

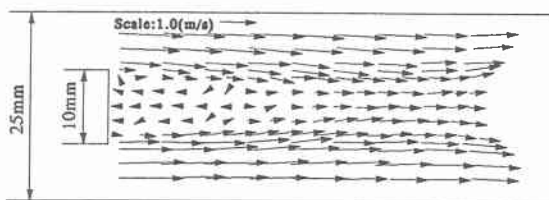


Fig.2 Velocity distribution in upper region for Type 30-3

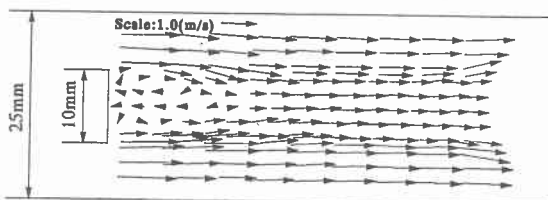


Fig.3 Velocity distribution in lower region for Type 30-3