

交差流れの流速変動特性

サンキット環境開発（株） 正会員 ○坂西 俊 一
福山大学工学部 正会員 梅田 眞三郎
福山大学大学院 谷口 輝

1. まえがき

本研究では、菱形角柱群管路内に見られる X 字形の交差流れの特性を明らかにするために、二次元レーザ流速計 (LDV) を用いて流速測定を行い、菱形角柱列数や流路断面の違いによる角柱背後の流速変動特性の解析を行った。

2. 実験方法

菱形角柱群の菱形の頂角を 30° とした 5 種類の管路を合成樹脂板で製作した。それらの 5 種類について、流れの横断方向に隣接する菱形の最も狭い部分の幅 w や菱形の高さでもある管路水深 d 及び角柱群管路長 L をまとめて表-1 に示す。流路断面の大きい Type 0 において、菱形角柱列数の違いによって角柱背後の流れがどのように異なっているかを LDV を用いて調べた。その角柱群管路を設けた場合の実験装置の概要を図-1 に示す。このタイプでは、図-1 の黒塗りつぶしの菱形の背後に網点で示す部分を LDV の計測領域とし、この計測領域より上流側の菱形の列数を変化させて計測領域に設けた格子点での流速の違いを調べた。

残りの 4 種類の菱形角柱群の最後列での流れの振動を調べるために、LDV による流速変動の時系列データを求めた。それぞれの管路末端での流量 Q を測定し、管路横断方向に並ぶ菱形の流路部分の断面積 A で割って菱形の隙間での最大流速 U_{max} を求めた。また、同じ隙間の水力直径 h_D を求めた。それらの U_{max} と h_D を用いて Re 数を求めた。なお、Type 1 から 4 までの管路の水力直径はいずれも同じとなっている。

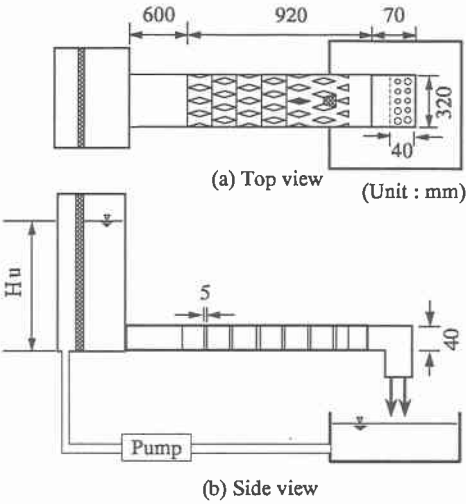


図-1 実験装置の概要図

表-1 菱形角柱群管路の種類

Type	Width	Depth	Length of cylinder bundles
0	20	40	920
1	6	8	112
2	6	12	112 (without pockets)
3	6	12	112 (with pockets)
4	8	8	149

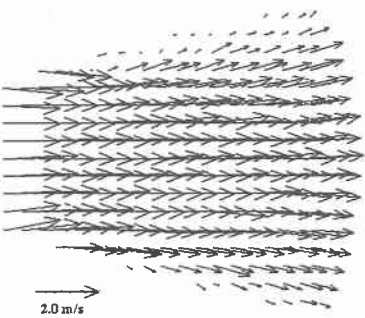


図-2.1 流速分布
(Type 0、1 列菱形)

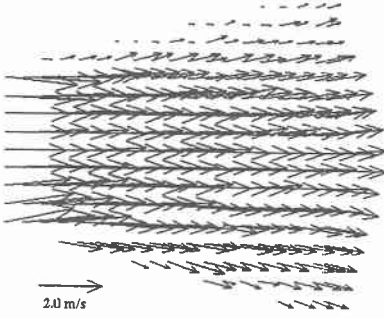


図-2.2 流速分布
(Type 0、5 列菱形)

3. 実験結果と考察

角柱群管路での角柱列数の違いによって計測領域での流速の変化を調べた。それらのなかから計測領域より上流側に1列及び5列の菱形角柱列を並べた場合の流速分布及び平均レイノルズ応力の変化を図-2.1と2.2及び3.1と3.2に示す。図-2.1の左側部分での数箇所の流速ベクトルは、下流側への向きとは逆になっているものがあられ、渦を形成していることがはっきりと想像できるような流速分布を示している。しかしながら、図-2.2に示す第5列目の結果では、ほとんどの流速ベクトルが下流側に向き、第1列目のような非対称な渦の形成はみられなくなっている。

次に、図-3.1と3.2に示す平均レイノルズ応力の分布図も前述の流速分布図と同様に、角柱列数の違いによって左右菱形物体に近い部分のレイノルズ応力の変化が異なっている。特に、左側の領域におけるレイノルズ応力の変化については、列数が増えることによってレイノルズ応力線の変化が小さくなり、滑らかなものになるとともに、ほぼ左右対称的な応力分布を示していると思われる。

最後に、Type 1から4までの流れ方向に5列の菱形が並んだ角柱群管路の最後列の後流において、その v 方向の流速変動の時系列データからパワースペクトルを求め、得られた卓越周波数からストローハル数 $St = f \cdot h_D / U_{max}$ と Re 数との関係を調べた結果、図-4のようになった。いずれの Type でも、 Re 数が8,000前後までは St 数が減少し、それ以上の Re 数に対しては0.006前後のほぼ一定の値となっている。

4. 結論

菱形角柱群管路における角柱列数や流路断面の違いによる角柱背後の流れをLDVによって調べた。その結果、菱形角柱群管路内では、上流側の角柱背後に発生した渦などによる非対称な乱れが、流下とともに交差流れのせん断層の振動により流路の左右へ分散され、最下流側ではほぼ左右対称的な流速変動の分布を示すことが明らかとなった。また、その振動特性もカルマン渦列振動のような他の後流振動に比べて振動周期が長いことを明らかにすることができた。

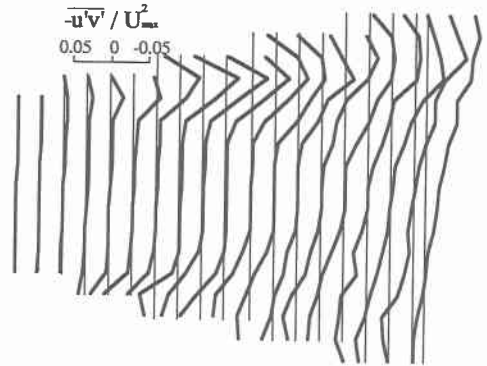


図-3.1 レイノルズ応力の変化
(Type 0, 1列菱形)

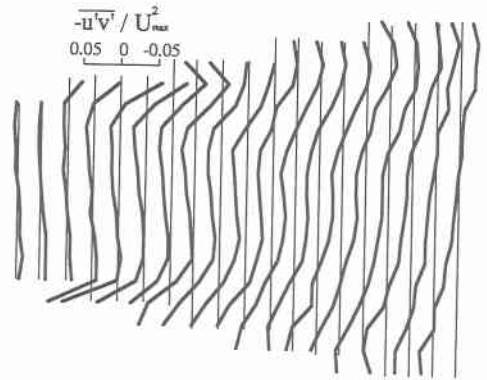


図-3.2 レイノルズ応力の変化
(Type 0, 5列菱形)

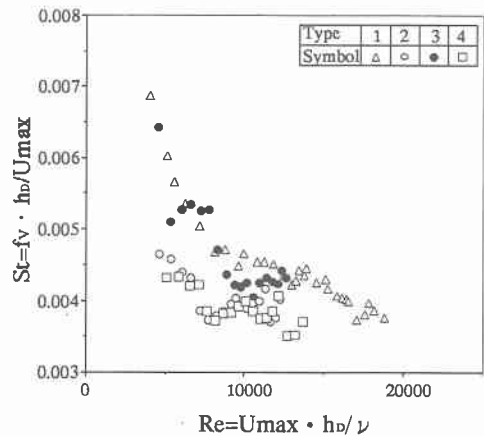


図-4 St 数と Re 数との関係