

千鳥配列の円管群流路内のスペクトル特性

西部技術コンサルタント 正会員 花澤 潤
 福山大学工学部 正会員 梅田眞三郎

1. まえがき

直列及び千鳥配列の円管群内の流れについては、数多くの研究成果が得られている。それらのほとんどは、単一円柱を基本として流れの把握を試みている。しかしながら千鳥配列の場合には、円管背後に形成される渦と主流が複雑に関係した流れとなっている。

本研究では、円管径に比べて管路水深の小さい千鳥配列の円管群流路内の流れ¹⁾における交差流れに着目して、流れの変動による周波数分析の解析を行った。

2. 実験方法

千鳥配列の円管群内での流れの変化を調べるために、Table 1 に示すような配列の異なる6種類の円管群を製作した。それぞれのタイプ名にみられる 30、45 及び 60 の数字は、円管の中心（円管の隙間の中心）を結ぶ交差線の角度を表している。各円管群に対して管路水深を 8mm とし、上流側の水位 H_u を種々に変化させて実験を行った。その実験装置の概要を Fig. 1 に示す。図中の No. 5 の×印の測定点にて二次元レーザ流速計（LDV）による流速測定を行った。

3. 実験結果と考察

LDV による流速測定結果の v 方向（流れに直角方向）の変動成分からスペクトル解析を行った。自己相関係数及び周波数に対する正規化されたパワースペクトルの変化の結果の数例を Fig. 2 及び Fig. 3 と 4 に示す。Fig. 2 に示す自己相関に周期的な変動が現れている。また Fig. 3 には、ある周波数に対してパワースペクトルがピークとなる卓越周波数 f_v の存在がみられることから、Type 30-1 での流れには、はっきりとした周期特性が現れているといえる。このような周期特性が現れるのは、カルマン渦列による振動が主流である交差流れにはっきりと影響を及ぼしているためと思われる。その他の Type では、卓越周波数が現れている場合もみられるが、隣接する別の周波数のパワースペクトルも大きな値を示し（Fig. 4 参照）、ノイズ的な変動成分の影響を受けたパワースペクトルを示している。

各 Type でのパワースペクトルから得られた卓越周波数の Re 数に対する変化を Fig. 5 に示す。Type 30-1、30-2 及び 60-1 では、 Re 数の増加に対しては、はっきりと卓越周波数が增大している。それに対して Type 30-3 や 45-1 などでは、 Re 数の変化に対して卓越周波数は増大傾向にはあるが、変動もみられる。その変動の理由としては、円管まわりには円管背後に形成される後流渦を拘束する形で交差流れが現れているため、

Table 1 Types of cylinder bundles

		(Unit:mm)					
Type		30-1	30-2	30-3	45-1	60-1	60-2
Diameter:D		18	25	32	18	18	25
Length:L		426	436	447	276	266	266
Test section	Width:w	200	200	200	200	200	200
	Number of tube banks:n	25	20	25	33	25	25
Aspect ratio:Y/X		0.54	0.54	0.54	0.81	1.16	1.16

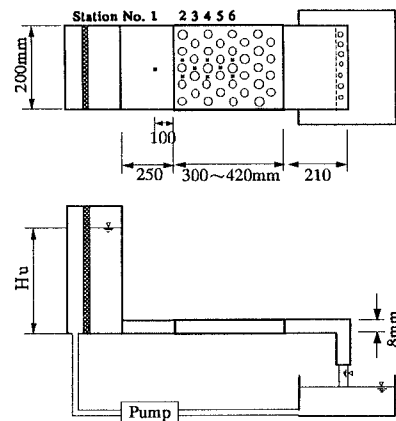


Fig.1 Schematic of experimental setup

キーワード：円管群、千鳥配列、交差流れ、パワースペクトル、卓越周波数

〒729-02 福山市学園町1番地、TEL. 0849-36-2111、FAX. 0849-36-2023

すなわちカルマン渦列と交差流れによるそれぞれの振動を同時にとらえているためによるものと思われる。それぞれの振動をとらえたパワースペクトルには、前述のようなノイズ的な変動成分の影響があらわれ、明瞭な周期特性が現れなかったと思われる。

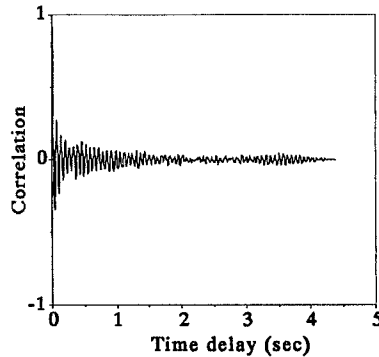


Fig.2 Auto-correlation in cylinder bundles for Type 30-1

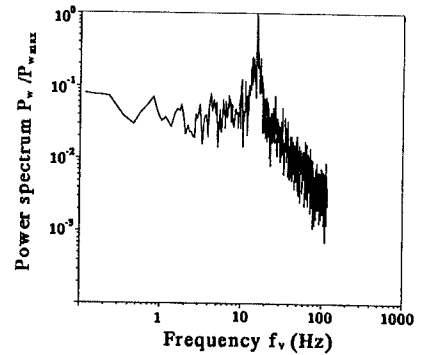


Fig.3 Power spectrum in cylinder bundles for Type 30-1

次に、Re 数と卓越周波数との関係が比較的明確に現れている Type 30-1、30-2 及び 60-1 の場合について、卓越周波数 f_v を代表周期とする Strouhal 数 $St = f_v \cdot h_D / U_{max}$ の Re 数に対する変化を調べた。

h_D は、対角方向の円管間隔の水力直径を、 U_{max} は円管の間隙での流速をそれぞれ表す。その結果を Fig.8 に示すように、いずれの St 数も Re 数の変化に対してほぼ一定となっている。

4. 結論

円管群内での LDV による流速測定からその変動の周波数分析を行った結果、円管群の配列条件による主流の交差流れと円管背後に形成される渦との関係から円管群内でのスペクトル特性も異なることが明らかとなった。特に今回の場合には、円管の間隔 X と Y の大きい配列条件での Re 数に対する St 数の変化がほぼ一定となることが明らかとなった。逆に円管間隔が密な配列条件では、交差流れとカルマン渦列との振動の混合によりパワースペクトルに顕著な卓越周波数が現れ難いことがわかった。

なお、本研究を進めるにあたって「財団法人中国電力技術研究財団」及び「ウエスコ土木技術振興基金」による研究助成を得た。ここに記して謝意を表す。

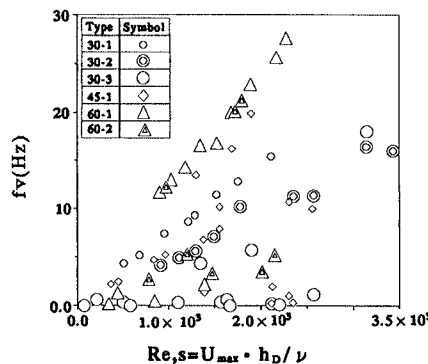


Fig.5 Change of optimum frequency f_v versus Re,s

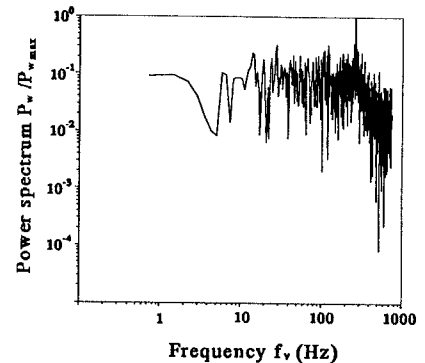


Fig.4 Power spectrum in cylinder bundles for Type 60-1

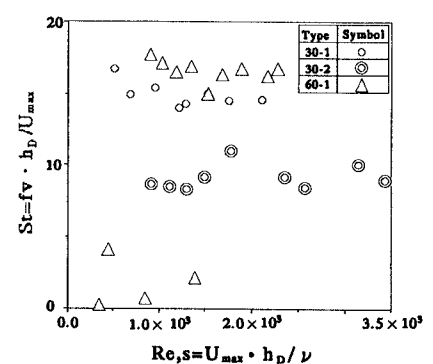


Fig.6 Change of Strouhal number St versus Re,s

<参考文献>

- 1) 梅田眞三郎、Wen-Jei Yang、花澤潤：千鳥配列の円管群流路内の流れの可視化、可視化情報、Vol. 16、Suppl. No. 2(1996)、pp. 155-160