

1. はじめに 水深の浅い急勾配水路において、Fr 数がほぼ2を越えると自発的に発生する転波列を伴うことはよく知られている。しかしながら、この明確に出現する転波列の特性については、その発生や特徴についてほとんど知られていないのが現状である。そこで、昨年の土木学会年講¹⁾では、転波列流れの発生の起源を知るべく、転波列が発生していない条件下でのいわば人工的な転波列の発生を試みた。適当な条件下では、流れに転波列の種ともいうべきものを蒔けば転波列が発生することが判り、その特徴が水路幅と平均水深を用いたストローハル数型で集約されることが示された。今回は転波列が発生している状況下で、同様の実験条件で円筒板を設置した場合についての結果を報告する。

2. 実験条件

実験は、幅 20cm、長さ 5 m のアクリル製可変勾配水路を用い、水路勾配は 1/6 から 1/15 の勾配で、それぞれの勾配で 3 流量を設定し、各流量についてそれぞれ水路上流部から 50 cm 下流の水路センターの位置に、直径 1, 2, 3, 4, 5 cm の厚さ 4cm の塩ビ製円筒板を設置して、2001 年の年講で転波列の人工的な発生を試みた表-1 の実験条件とほぼ同様の実験を行った。水深の測定は超音波式水位計、周期の測定は主として目視観測で行った。実験は各流量について 5 つの円筒板を設置した実験を行い、合計 81 ケースについて行った。

ここにフルード数は $Fr = U / \sqrt{ghm}$ 、レイノルズ数 $Re = Uhm / \nu$ 、 $U = Q / (bhm)$ 。

3. 転波列の発生状況

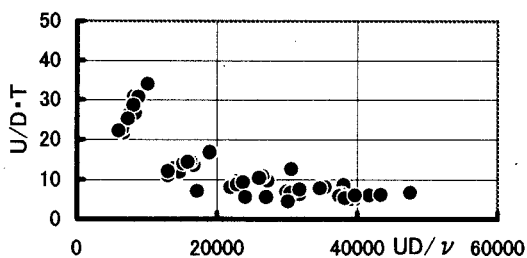
すべての実験条件において、転波列が発生している流れに円筒板を設置した。その結果転波列の存在が確認でき、筆者がこれまで実験してきた転波列流れと同様の流れが観測された。以下にこの転波列流れについての周期特性に関する結果を示す。

4. 転波列周期とレイノルズ数

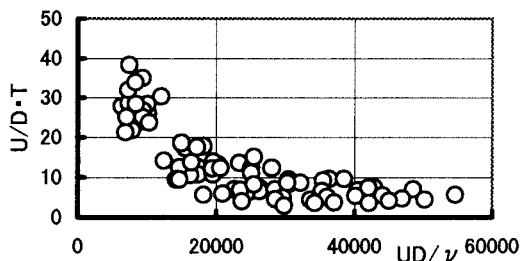
円筒を設置した流れの周期の整理には、まず円筒背後の渦の発生周波数に関わるストローハル数 St とレイノルズ数 Re との関わりが想起される。まずこの関係を示したのが 図-1、2 である。図-1 は転波列の発生していない状況下で円筒板を設置した結果、図-2 は転波列の存在する流れに円筒板を設置したものである。以下左側の図が転波列を人工的に発生させた結果であり、右側の図は、転波列の存在している流れに円筒板を設置したものである。図-1、2 は縦軸に円筒直径 D を用いた無次元周期、横軸は D を用いたレイノルズ数で示してある。ともに D の増大に伴いある程度集約されていくように見受けられる。これは無次元周期が、円筒径 D のスケールではなくもう少しおおきなスケールで示されることを暗示している。そこで、D の上限として水路幅 B を用いて無次元周期とレイノルズ数の関係を示したのが図-3、4 である。図-3 では、転波列の周期が水路幅 B と粘性に依存していることを示唆しているが、図-4 は非常にばらついており、かろうじて傾向のみが示されている。これは、もともとの転波列と強制的に造られた転波列が相互に影響を受けたためと考えられる。

表-1 実験条件

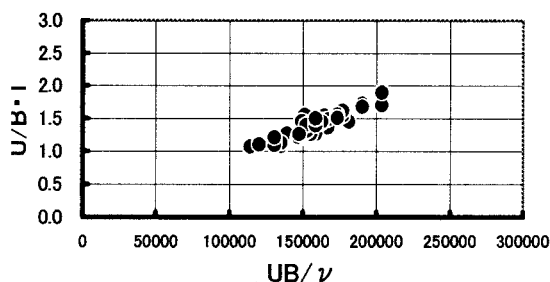
水路勾配 S	流量 Q(cm³/s)	平均水深 hm(cm)	フルード数 Fr	レイノルズ数 Re
0.1686	1050	0.35	7.8	3800
0.1686	668	0.275	7.4	2300
0.1686	617	0.28	6.7	2100
0.1166	807	0.38	5.5	3200
0.1166	653	0.38	4.5	2600
0.1166	582	0.35	4.5	2300
0.06653	1124	0.5	5.1	4400
0.06653	992	0.48	4.8	3900
0.06653	807	0.43	4.6	3200
0.06653	582	0.38	4.0	2300



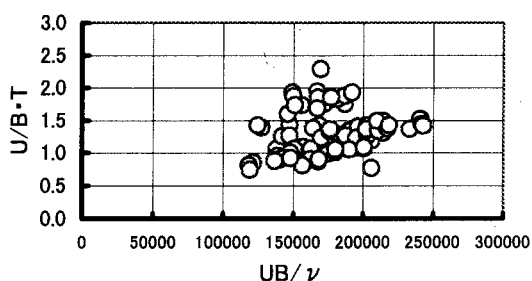
図－１ 円筒径を用いた無次元周期



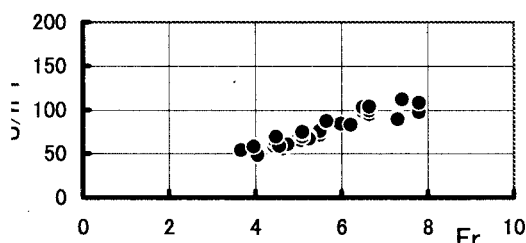
図－２ 円筒径を用いた無次元周期



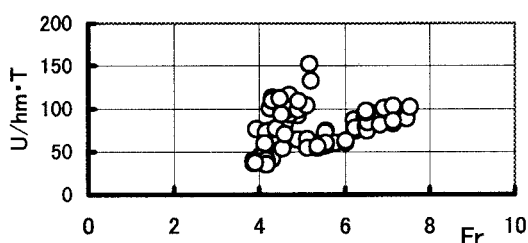
図－３ 水路幅を用いた無次元周期



図－４ 水路幅を用いた無次元周期



図－５ 水深を用いた無次元周期



図－６ 水深を用いた無次元周期

5. 転波列周期とフルード数

図－５は縦軸に速度勾配を無次元化したもの、横軸にフルード数を取っている。図－５は、転波列流れの速度勾配を用いた無次元周期とフルード数の強い関係が示されている。円筒径 D や水路幅 B とは異なり、ここでは平均水深を用いているため、流れを説明する因子のスケールと次元が全く異なっている。にもかかわらず転波列の周期をよく説明していると言わざるをえない。そして図－６は、転波列周期が２系統に分裂している。これは図－５で示されている無次元周期を一方の軸にしているようである。この結果からは、元々由来の周期と円筒板による周期の２系統の転波列流れの存在が推察される。

6. まとめ

転波列の発生に関して、円筒板を設置した実験結果から、転波列流れの周期特性は ①円筒径 D と水路幅 B を用いたストローハル数型とレイノルズ数が重要なパラメータであることが判る。②平均水深を用いた無次元周期とフルード数との関係から、これらもまた重要なパラメータであることが示される。これは、転波列の発生には３次元性が大きく関わっていることが推察され、その結果形成された転波列は、２次的に流下していく流れであることが考えられる。また周期は円筒板由来と元々由来の周期の２系統が出現することが推察された。今後さらに詳細な実験検討をしていきたい。

(参考文献) 1) 宮島：転波列流れの周期特性に関する実験的検討，土木学会第 56 回年講（第Ⅱ部門），2001.