

転波列の発生周期に関する実験的検討

大阪産業大学工学部 正員 宮島昌弘

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を越えると自動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、'01年の土木学会年講¹⁾および'02年の支部年講²⁾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-ハル数型で集約されること、また周期は1種類でないことが示された。今回は水路内に円筒板を設置した場合と水路幅を変化させた場合の結果について報告する。

2.実験条件

実験は、幅20cm、長さ5mの亚克力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50cm下流の水路センタ-の位置に、直径1,2,3,4,5cmの厚さ4cmの塩ビ製円筒板を設置して、また水路幅を5から20cmまで7種類変化させて、表-1の実験条件をベースに実験を行った。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では計81ケースについて行った。また幅変化は計60ケースについて行った。

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

3.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-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。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 の大きな場合は、 D のスケ-ルではなくもう少しおおきなスケ-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が、'02年の関西支部年講で示され、水路幅が周期に大きく影響を与えていることが推察された。そこで図-3は、実際に水路幅 B を変化させて、水路幅を用いた無次元周期とレイノルズ数の関係を示したものである。興味深いことに図-2と同様のパターンが示されている。いわば D と B の相似性・同等性を暗示させるものとなっている。図-2と図-3を混在させると図-4になる。この図は、つまり水路幅の変化に対応したものになっていると考えられる。これは、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おり、転波列発生初期には、水路幅方向を含む3次元性の影響が顕著であることが考えられる。

表-1 基本的な実験条件

水路勾配 S	流量 Q(cm³/s)	平均水深 hm(cm)	フル- 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

転波列，薄層流，急勾配水路，超高速流

〒574-8530 大阪府大東市中垣内 3-1-1

TEL : 072-875-3001, FAX : 072-875-5044

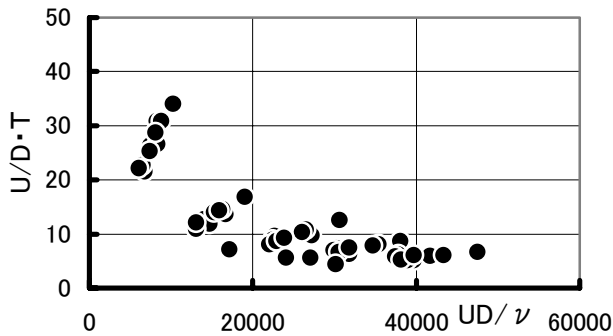


図 - 1 円筒径を用いた無次元周期

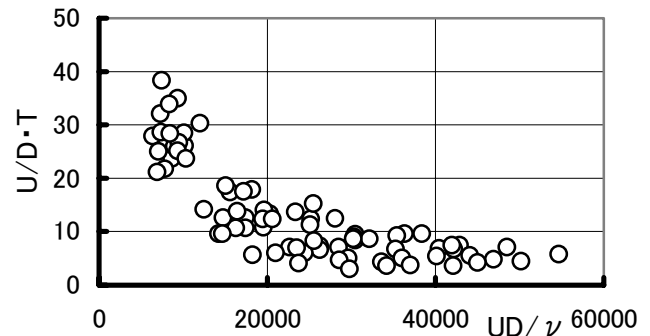


図 - 2 円筒径を用いた無次元周期

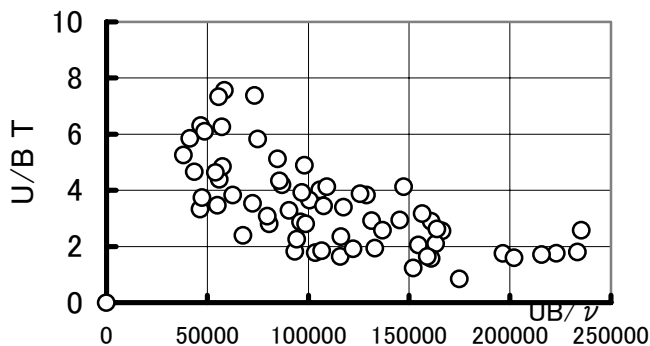


図 - 3 水路幅を用いた無次元周期

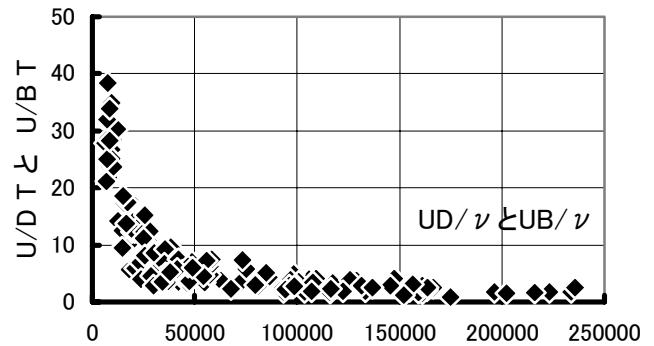


図 - 4 円筒径と幅を用いた無次元周期

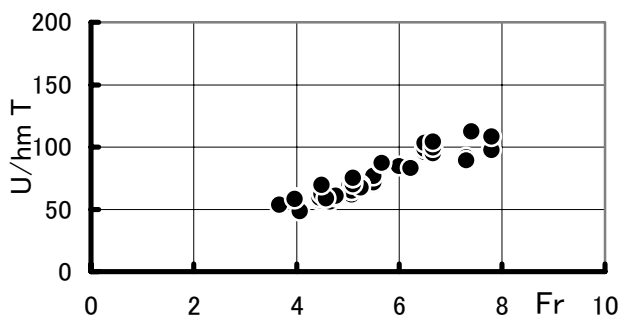


図 - 5 水深を用いた無次元周期

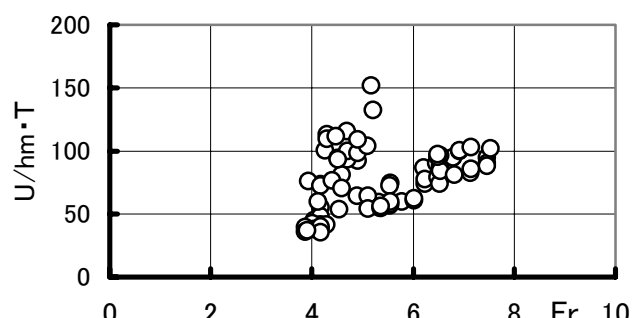


図 - 6 水深を用いた無次元周期

4. 転波列周期とフル - ド数 図 - 5 は、人工的に発生させた転波列を縦軸に速度勾配を無次元化したもの、横軸にフル - ド数を取って示している。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 - 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無次元周期をよく説明している。これは、転波列流れの2次元性を示しているものと考えられる。そして図 - 6 では、転波列の無次元周期が2系統に分裂していることが示されている。この結果からは、水路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。

5. まとめ (1) 転波列流れの周期を支配する大きな因子は水路幅 B であると考えられる。(2) また同時に転波列流れは2次元性を強く主張している。(3) 転波列の周期には、少なくとも円筒板由来と水路由来の周期の2系統が出現することが推察される。

(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，2001。

2) 宮島：転波列流れの発生に関する実験的検討，土木学会関西支部年講，2002。