

転波列流れの速度勾配に関する実験的検討

大阪産業大学大学院工学研究科
大阪産業大学工学部

学生員 ○滝野 雄一
正会員 宮島 昌弘

1. 目的

転波列流れの特性に関してはまだまだ不明瞭な点が多い。転波列の水理学的特性については、岩垣・岩佐¹⁾が論述しているが、発生、発達、終息に関わる条件や内部構造については、明確にわかっていないのが現状である。しかし最近では、滝野・宮島²⁾が転波列の波高について着目し、転波列の波高がフルード数とレイノルズ数に支配されている実験結果を示している。急勾配で水深が浅く高速で流下する場合に発生する転波列流れに関しては、流れを支配する因子として速度勾配がかなり重要であると推定されることから、本研究では、流れの速度勾配に関わる波高や転波列フロント前後の水深比について検討する。

2. 実験方法

実験は、幅20cm、長さ5mの亚克力製可変勾配水路を用い、水位の測定は超音波式水位計を用いて計測した。計測地点は、上流端から3.7mの地点とした。実験範囲を表-1に示す。実験水路の勾配は1/6、1/10、1/15、1/50の4勾配を設定し、各水路勾配0.2~1.2(l/s)の約10流量で計測した。1/6、1/10、1/15については水温変化に応じてそれぞれ4回計測した。ここでは水路勾配1/6における実験条件の一例を表-2に示す。ここにフルード数： $Fr=U_m/\sqrt{gh_m}$ 、 g ：重力加速度、 $U_m=Q/(Bh_m)$ 、レイノルズ数： $Re=U_m h_m/\nu$ 、 h_m ：平均水深、 B ：水路幅、 ν ：動粘性係数である。

3. 実験結果と考察

水位計から得られた結果をもとに、波高を平均水深で無次元化した波高水深比(H/h_m)と速度勾配(U_m/h_m)で整理した結果を図-1に示す。図-1は縦軸に無次元波高(H/h_m)、横軸に速度勾配(U_m/h_m)を用いて整理したものである。平均的には1/50の勾配で速度勾配90程度、1/15で速度勾配160程度、1/10で速度勾配220程度、1/6で速度勾配310程度となっているように、かなり速度勾配が大きい流れであると言える。また、この図から実験範囲においては、速度勾配が50程度以上で転波列が発生すると推定される。平成19年度関西支部年講で示したが、レイノルズ数に伴って波高が変化していくことがわかっているので、ここでは図-1の中からレイノルズ数2000程度のものを抽出し、図-2に示す。この図からも速度勾配の増大に伴い無次元波高が増大していく傾向が示されている。次に、転波列のフロント前後での水深比に着目し、速度勾配との関係を示したのが図-3である。縦軸にフロント前後での水深比(h_{max}/h_{min})、横軸に速度勾配を用いて整理している。ここでは、レイノルズ数4000程度のものを抽出して示している。この図から、速度勾配

急勾配水路、薄層流、転波列、段波

〒574-8530 大阪府大東市中垣内3-1-1 大阪産業大学工学部 TEL 072-875-3001

表-1 実験条件の範囲

水路勾配	流量 (l/s)	Fr 数	Re 数	波高 (cm)
1/6	0.2	1.5	750	0.08
?	?	?	?	?
1/50	1.2	6.8	7000	0.55

表-2 水路勾配1/6での実験条件

水路勾配	流量 (l/s)	Fr 数	Re 数	波高 (cm)	平均水深 (cm)
勾配 1/5.95	0.312	4.89	1778	0.29	0.22
	0.435	5.63	2479	0.30	0.25
	0.528	5.50	3008	0.32	0.29
	0.608	5.60	3464	0.32	0.31
	0.707	5.76	4028	0.33	0.34
	0.816	6.06	4650	0.37	0.36
	0.934	6.27	5322	0.35	0.38
	0.996	6.41	5675	0.28	0.39
	1.112	6.51	6336	0.33	0.42
	1.235	6.38	7037	0.30	0.46

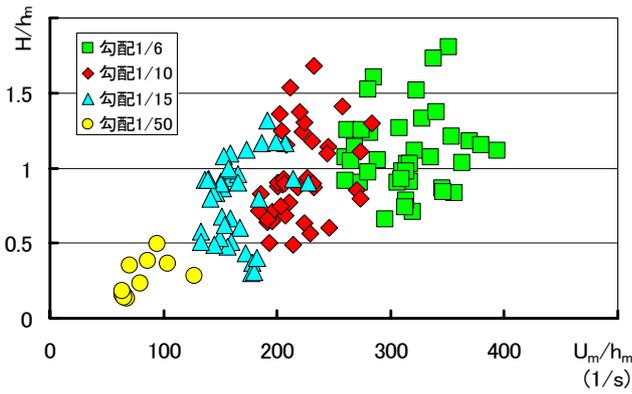


図-1 速度勾配と波高水深比

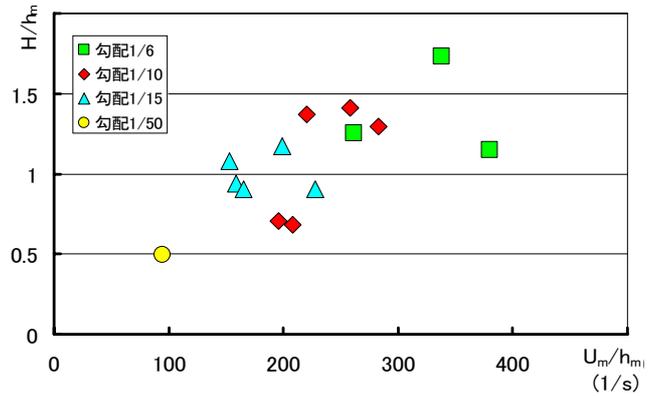


図-2 レイノルズ数 2000 程度の速度勾配と波高水深比

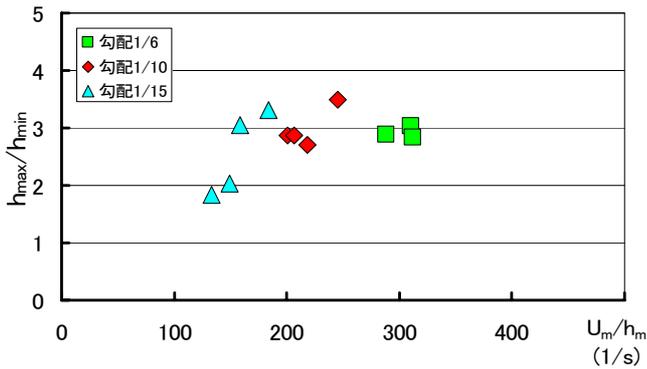


図-3 レイノルズ数 4000 程度の速度勾配と水深比

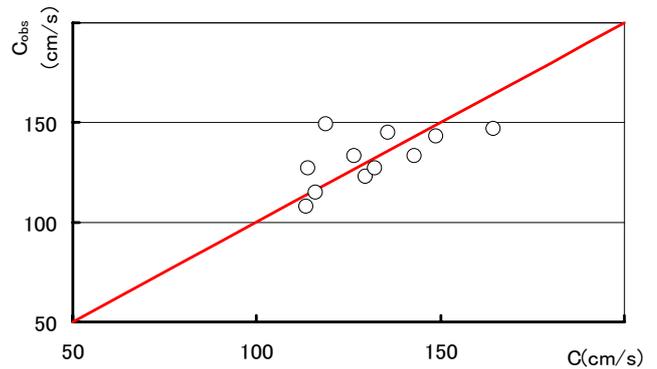


図-4 観測波速と段波の波速

の増加に伴いフロント前後の水深比の値が大きくなるが、水深比が増大し続けずに 3 程度で抑制されているように思われる。このことから、ある程度の速度勾配で、形成される波高に限界があることが推定される。転波列のフロント前後の水深比は開水路を伝播する段波を想起させることから、実験で観測された波速 C_{obs} と、段波の進行波速を求めると、

$$C = U_2 + \sqrt{\{g(h_1 + h_2)h_1\}/2h_2} \text{-----(1)}$$

で示される波速 C の関係を示したのが図-4 である。ここに、 h_1 :最大水深、 h_2 :最小水深である。ここでは U_2 に平均流速 U_m を用いた。観測波速と(1)式の値にばらつきはあるがほぼ一致しており、転波列の進行は平均流速上を伝播する段波としての取り扱いが可能であることが確認できた³⁾。

4. 結論

本研究では、転波列流れの速度勾配に伴う波高と転波列前後の水深比について実験的に検討した。その結果、

1. 無次元波高は速度勾配の増大とともに増大する。
2. 速度勾配が 50 程度から転波列が発生すると考えられる。
3. 転波列のフロント前後の水深比は、速度勾配の増大に伴い増加する傾向を示すが、ある程度の値に抑えられることが推定される。

このように、転波列流れを特徴付ける支配因子として、流れの速度勾配が重要であることがわかった。

今後さらに詳細な検討を加えたい。

参考文献

- 1) 岩垣・岩佐：“転波列の水理学的特性について 一薄層流に関する研究，第 7 報一”，土木学会誌，第 40 巻，第 1 号，pp.5-12. 1955.
- 2) 滝野・宮島：“転波列流れの波高特性に関する実験的検討”，平成 19 年度関西支部年講 2007.5. 投稿中
- 3) 室田・宮島：“超高速流の内部構造に関する実験的研究(主として平均流と波動特性について)”，土木学会水工学論文集，第 37 巻，pp.563-568. 1993.2.