

II - 63

非対称振動流の乱流遷移に関する実験的研究

東北大学大学院 学生員 ○川村 育男
 東北大学工学部 正会員 山路 弘人
 東北大学工学部 正会員 アーマド・サナ
 東北大学工学部 正会員 田中 仁

1. はじめに

波浪における流速場や底面せん断力を知ることは、地形変化、土砂移動などの算定のために非常に重要である。そこで、現在までに波動境界層に関する研究は数多くなされてきたが、そのほとんどは正弦振動流を対称としたものである。しかし、浅海域においては波動の非線形が卓越してくるために、このように簡略化されたものでは現象を十分に再現できない。

そこで、本研究では田中ら¹⁾により提案された非対称振動流装置を作製し、実験を行い非対称振動流下における諸水理量の検討を行った。

2. 実験装置及び方法

図-1 に実験装置の概略図を示す。田中らによって考案された非対称振動流発生装置と風洞を連結させることにより内部の空気を振動させる。振動流発生装置のモーターの速度を変えることにより振動流のレイノルズ数を変化させることができる。流速測定は風洞中央の亚克力部（長さ50cm、幅20cm、高さ10cm）の中央部において、壁面から管路中央まで24点についてレーザードップラー流速計を用いて行った。サンプリング間隔は10msで、50波のデータを取りアンサンブル平均して1周期内の速度分布を得た。

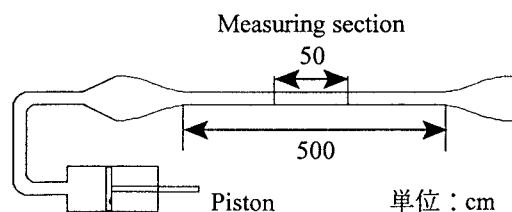


図-1 実験装置

実験は異なるレイノルズ数について3ケース行ったが、流速波形の非対称度 $A_s (= U_c / (U_c + U_t))$ は0.68とし一定に保った。ここで U_c 、 U_t はそれぞれ峰位相及び谷位相での流速の最大値である。

現在のところ非線形波動下における乱流遷移限界を判定するためのレイノルズ数は提案されていないので、灘岡ら²⁾にならない、波の峰位相と谷位相を正弦振動の半

分とみなし、波の峰位相、谷位相それぞれに対して次式に示すように $R_{\delta c}$ 、 $R_{\delta t}$ の二つのレイノルズ数を求めた。

$$\text{峰位相: } R_{\delta c} = U_c \sqrt{2t_c \nu / \pi} / \nu$$

$$\text{谷位相: } R_{\delta t} = U_t \sqrt{2t_t \nu / \pi} / \nu$$

Case 1 においては $R_{\delta c}=344$ 、 $R_{\delta t}=138$ であり、振動周期 $T=4.47(s)$ である。また、Case 2では $R_{\delta c}=510$ 、 $R_{\delta t}=284$ 、 $T=2.14(s)$ 、Case 3では $R_{\delta c}=560$ 、 $R_{\delta t}=310$ 、 $T=1.71(s)$ である。ここで t_c 、 t_t はそれぞれ峰と谷の継続時間である。Hino et al.³⁾によれば正弦振動流の乱流遷移レイノルズ数は $R_\delta=550$ であるから、Case 1は完全な層流下での実験であると言える。

3. 実験結果

3.1. 流速分布

図-2(a), (b), (c)にそれぞれCase 1, Case 2, Case 3の時の流速分布を示す。図において曲線は層流解¹⁾を表し、マークは実験結果を示している。図-2(a)より実験結果と層流振動流下での厳密解は良い一致を示していることが分かる。また図-2(b), 図-2(c)においても厳密解と実験結果は良好な一致を示していることから、完全に乱流には遷移していないと思われる。

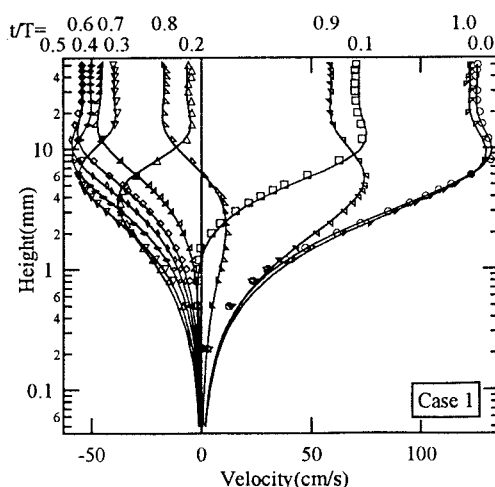


図-2(a) Case 1の流速分布

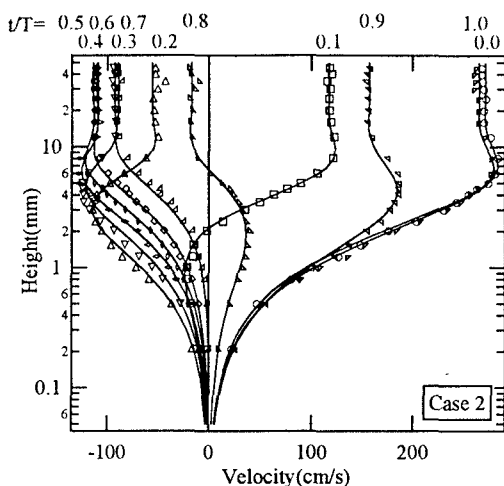


図-2(b) Case 2 の流速分布

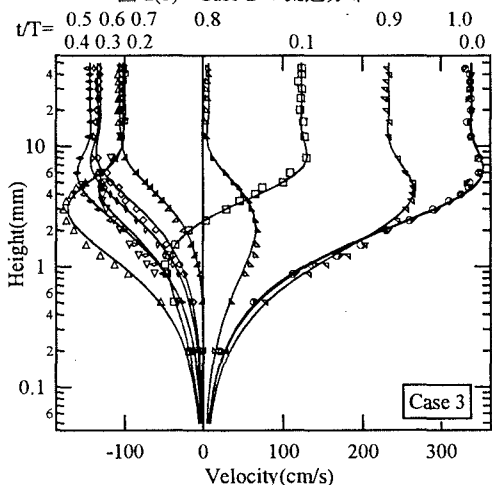


図-2(c) Case 3 の時の流速分布

3.2 乱れ強度分布

図-3(a), (b)にそれぞれ Case 2, Case 3 の乱れ強度分布を示す。前述のように Case 1 でのレイノルズ数は十分に小さいため有意な乱れは見られなかった。レイノルズ数が増加するにしたがい図-3(a), 図-3(b)に見られるように乱れ強度は壁面近傍で増加していくことが分かる。

また、図-3(a), 図-3(b)において、図-2(b), 図-2(c)に示した流速の減速に対応して乱れ強度は壁面近傍から発生していることが確認される。ただし、図-2に見られるように層流の流速分布を完全に破壊するほどの運動量輸送を伴ってはいない。Case 3 で $Re_c = 560$ であるので、限界レイノルズ数はこれよりも高いものと考えられる。

4. おわりに

本研究では非対称振動流の実験を行ったが、異なる3つのレイノルズ数について流速分布、乱れ強度が求められた。流速分布に関しては層流から乱流への遷移は確認されなかったが、乱れ強度がレイノルズ数の増加と共に増加していくことが確認された。今後、より広範囲にわたるレイノルズ数について実験を行うとともに摩擦係数、位相のずれ等の観点からも遷移現象を調べる予定である。

参考文献

- 1) 田中仁・山路弘人・アーマド・サナ・首藤伸夫：クノイド波を模擬する非対称振動流発生装置の提案とその基本的特性の検討，土木学会論文集，1997。（投稿中）
- 2) 灘岡和夫・八木 宏・二瓶泰雄・野本康介：非対称振動流の乱流構造特性について，海岸工学論文集，第41巻，pp.141-145, 1994.
- 3) Hino, M., Sawamoto, M. and Takasu, S.: Experiments on transition to turbulence in an oscillatory pipe flow, J. Fluid Mech., Vol. 75, part 2, pp.193-207, 1976.

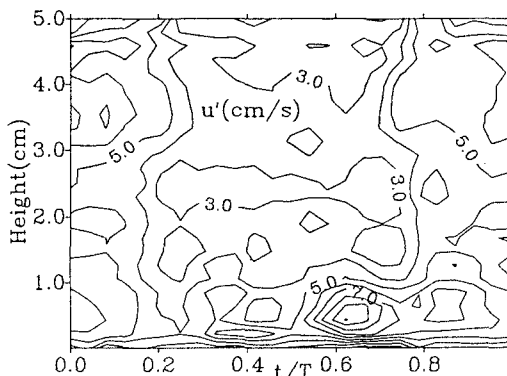


図-3(a) Case 2 の乱れ強度

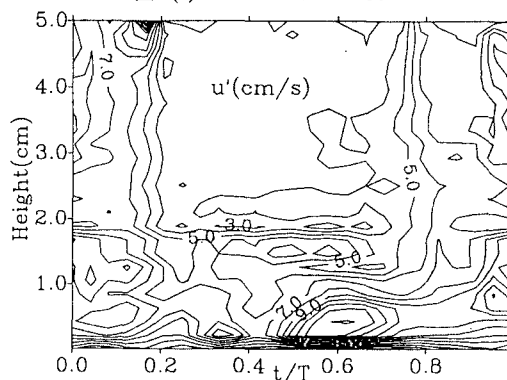


図-3(b) Case 3 の乱れ強度