

一方向流を伴う振動流の実験

東北大学工学部 学生員 ○佐藤 輔
東北大学大学院 学生員 田中 仁
東北大学工学部 正会員 首藤 伸夫

1. はじめに 先に著者ら¹⁾は液流水共存場における摩擦係数に関するモデルを提案した。しかし、従来液流水共存場に関する実験は極めて少ない。今回、モデルの検証をし、さらにモデル改良への手がかりを得るために、風洞を用いた実験を行なったので、ここに報告する。

2. 実験装置、及び方法 装置は全長が6m×10cm×15cmの矩形断面を有するアクリル製の風洞である。上流端にピストンを取り付け、正弦的な運動により、風洞内に振動流を発生させる。また、一方向流を発生させるためにRun1では開閉弁を取り付けたが、流速波形が正弦的ではなかった。Run2では一定流量空気吸引装置を設置して良好な結果が得られた。振動流の振幅、周期は可変である。流速測定には定温式熱線流速計(I型,X型)を使用した。風洞中央部において上部、あるいは側面より、センサーを挿入し、底面近く測定地点が密になるように配置した。流速計出力電圧はピストンに取り付けた変位計出力電圧とともに、磁気テープに記録する。これをAD変換して大型計算機でデータ処理を行なった。乱れは各位相毎のアサンブル平均からのズレで定義した。位相は変位計出力電圧のゼロアップクロス点から、次のゼロアップクロス点までを1波とみなして決定した。なお、サンプリング間隔は10msecである。表1に実験の諸条件を記した。ただし、表中のレイノルズ数は次式で定義される、

$$Re_c = \frac{(U_c + \frac{1}{2}U_w)c}{\nu} \quad (1)$$

	Run 1	Run 2
ピストン振幅(cm)	16	12
周期T(s)	1.78	1.39
Re_c	1.23×10^6	1.82×10^6
測定項目	I型	I,X型

表1. 実験条件

即ち、代表流速、長さ、断面中央における粒子の最大速度、振幅を用いている。
なお、日野ら²⁾によれば、振動流に対する乱流への遷移レイノルズ数は、 $Re_c = 1.5 \times 10^5$ であり、Run1,2はいずれも乱流域にあることが推定できる。

3. 実験結果 Run1では、I型プローブを用い、主流方向の平均流速、乱れ強度のみを測定した。図1, 2は平均流速の経時変化である。本来、熱線流速計から得られる流速値は常に正值であるが、波形を見れば負値になる位相区間が推定できる。図に示した値は、この様に負側に折り返したデータを更に調和分解し、定常成分と基本周波数成分のみを取り出した結果である。位相は断面中央付近の流速が最大になる時刻を $\omega t = 0$ として定めた。壁面近傍では、中央付近に比べ位相が進んでおり、振動流に特有の先走り現象が認められる。位相差は、底面において約 10.5° あり、理論による位相のズレ 10.3° とほぼ一致する。0および π より始まる減速位相では、加速位相に比べ2対数則に従う領域が広がる。0および π 以後に発生する爆発的な乱れにより、鉛直方向に運動量が輸送されるためであろう。

図中の実線は理論値である。理論では、渦動粘性係数を不変としており、再層流化の影響は全く含まれていない。また、底面近くではホットワイヤーの熱が奪われ、過大の流速を示すことが従来から指摘されている。しかし、全体的な傾向は一致している。

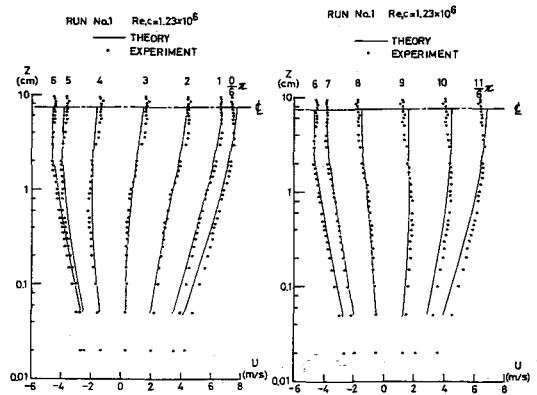


図1. 平均流速

図2. 平均流速

図3は乱れ強度 $\sqrt{u'^2}$ の分布である。 $\omega t = 0$, 及び元より始まる減速期に、爆発的に乱れが発生し、徐々に上方に拡散し、減衰している。減速期の乱れは高周波の乱れであり、純粋な振動流において観測されたことと一致している。ただし、順流時と逆流時では乱れの発生、拡散の過程に大きな差異が見られる。これは一方向流を伴うために圧力勾配の値が、順流時・逆流時で異なり、バースティングの発生周期、間隔に差異が生じるものと考えられる。

Run 2は、Run 1に比べてレイノルズ数が約1.5倍になっている。また、この場合には、I型で主流方向の流速を測り、後にX型プローブで鉛直方向流速も測定した。図4,5はRun 1と同様の方法で求めた平均流速である。最大流速はRun 1よりも大きい。また、Run 1では調和分解すると、第1モードの振幅に対する第2モードの振幅の比は $\frac{1}{8} \sim \frac{1}{4}$ であったが、Run 2では数%にすぎなかった。

図6は乱れ強度分布図である。減速期に乱れが発生、拡散し、加速期までに減衰するといった乱れの時間的变化はRun 1と同様であるが、最大流速が大きいためにより大きな乱れが発生している。

図7,8はX型センサーで測定した底面から0.5 cmおよび2.0 cmの高さにおけるレイノルズ応力である。レイノルズ応力は、減速期に急激に増加

し、加速期前から減少して0に近づく。図6と対応させて見ると、有効なレイノルズ応力は、減速期のバースティングの発生に大いに関連があり、また、加速時には再層流化によりほとんど発生しなくなると考えられる。図中の破線は流速分布に対する則をあらわすため求めたせん断力である。一方、実線は理論値である。上記の三者は経時変化の傾向は一致するものの、値としては異なる。

今後、上述してきたような間欠的に発生する乱れの影響を考慮したモデルを検討していきたい。

実験装置の製作にあたり、また、実験に際してご協力をいただいた山梨技官に謝意を表す。

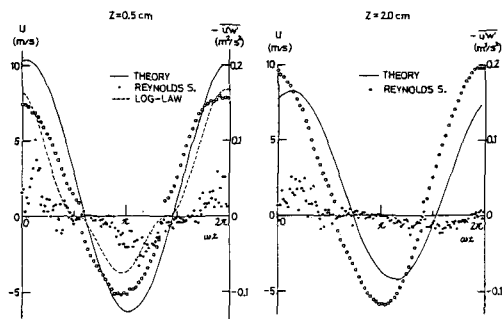


図7. せん断力

図8. せん断力

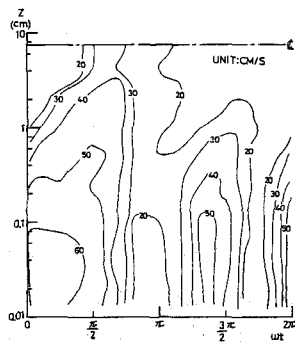


図3. 乱れ強度

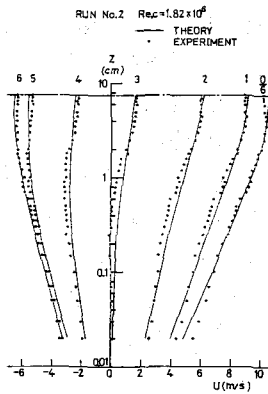


図4. 平均流速

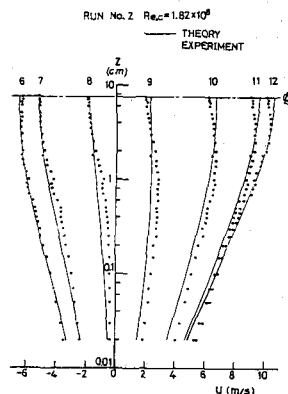


図5. 平均流速

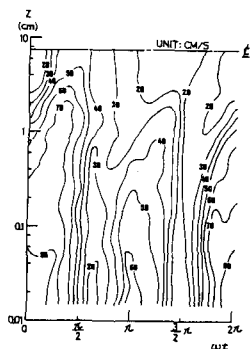


図6. 乱れ強度

なお、この研究は文部省科学研究費(代表者 東工大 日野教授)によっておこなわれた。

参考文献

- 1) 田中 首藤 (1980, 海岸工学講演会)
「波・流れ共存時の底面摩擦に関する実験」
- 2) 日野ら (1980)
「交番振動流における乱れの発生とエネルギー輸送機構」