

大阪産業大学工学部 正 員 室田 明
 大阪産業大学工学部 正 員 ○宮島 昌弘
 大阪産業大学大学院 学生員 津田 宏

1. はじめに

これまでの転波列を伴う流れについての実測・検討の結果より、転波の波速と流体粒子速度がほぼ等しく、見かけ上対数則平均流速分布に近似した流れのように思われることや流れを特徴づける2ないし3つの領域が存在するらしいこと、などが示されてきた。^{1), 2)} そこで、本研究ではこうした特性がどのような内部状態の結果であるのかを考察するため、水位変動と主流速とが強くマッチングしていること³⁾を用いて水位変動と流速変動を整理し、水深規模に関する平均的な流速・流速変動分布について、若干の知見が得られたのでこれを報告する。

2. 実験方法と条件

実験は、長さ5m、幅20cmの亚克力製可変勾配水路を用い、測定位置は、水路の上流端より3.9m下流とした。測定位置は水深方向に4点、水面変動は超音波水位計を、流速及び流速変動はレーザー・ドップラ流速計を用いて測定した。データの取り込みは10msで1000点程度とした。なお、実験条件を図-1、表-1に示す。

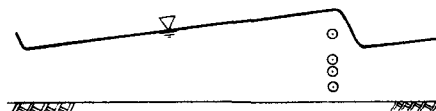


図-1 実験測定位置

3. 実験結果と検討

(1) 平均的な乱れ特性

図-2は、実験で得られた平均的な乱れ強さについて示したものである。縦軸に乱れ強度 ($U_s = \sqrt{gh_0 S}$ で無次元化したもの)、横軸に平均水深 h_0 で無次元化した z/h_0 をとっている。図中の曲線は楠津の普遍関数表示である。この図より、若干乱れ強さの値は大きい、概略的には z/h_0 の増大に伴い、乱れ強度が減少するという、通常の開水路乱れ特性分布に類似した傾向が示されているように思われる。これらがどういう内部的变化を伴っているかを知るために、ここでは以下の2つの設定位置で得られた水位変動と流速についての整理結果を述べていくことにする。

(2) 水位変化と主流流速 (水路床から2.0mmの位置)

図-3は、水位と流速のいわば生データを示してある。縦軸は流速、横軸は変化する水位である。水位が増大するに伴い流速も大きくなる傾向が比較的顕著に示されている。ここでは、平均流速 $U_0(t)$ を水深 $h(t)$ のべき関数として与え、図中に示す。よく見ると流速変動幅が水位により異なった傾向を示しているようである。

表-1 実験条件

勾配 S	流量 Q (l/s)	平均水深 h ₀ (mm)	フルード数 Fr	レイノルズ数 Re
1/21.1	0.809	4.6	4.1	3600
水路床からの 測定位置 z (mm)				
1.0mm, 2.0mm, 2.8mm, 4.5mm				
最大水深: h _{max} =6.5mm, 最小水深: h _{min} =2.6mm				

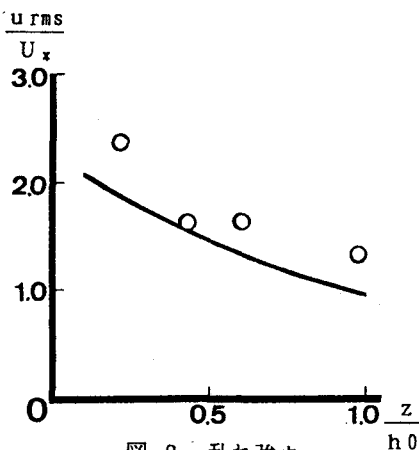


図-2 乱れ強さ

(3) 水深変化と乱れ (水路床から2.0mmの位置)

図-4は、縦軸に図-3に示された $U_0(t)$ と測定流速 u の偏差 u' の絶対値を $U_0(t)$ で無次元化したもの、横軸には変動水深 $h(t)$ を測定位置 z で無次元化したものを示している。一見して特徴的なデータ散布形状が示されている。三角型あるいは正規分布型とも言える分布型である。ここで最小水深・平均水深・最大水深から配慮して3つの領域に区分してみる。それぞれの領域での乱れ傾向に比較的確かな相違が見られることが判る。そこで各々で設定した仮想領域での相対乱れ強度を計算してみると、最小水位では7.8%, 平均水位で9.9%, 最大水位レベルでは9.0%程度となっている。これは、水深が非常に小さい場での水深と流速の変動が大きく寄与しているためと考えられる。つまりレイノルズ数 Re の変化である。ここでのケースでは、代表流速として $U_0(t)$ を用いると $(U_0(t) \cdot h(t) / \nu)$ がそれぞれの領域で2200, 3600, 4800程度となっており、 Re 数の効果が大きく効いてくるため、最小水深近傍以下での乱れは抑制され、平均水深レベルでは活発な乱れが発達しており、最大水深領域において、比較的大きな乱れが発生していると考えられる。ここに ν は動粘性係数である。

(4) 水路床から4.5mmの位置での水位変化・流速・乱れ

図-5は図-3と同じグラフ軸で示したものである。この地点では水位・流速の関係が前述のものと若干趣を異にしており、下に凸の傾向が現れている。これは流れが水路床面の影響から離脱していることを窺わせるもので、さらに検討したいと考えている。ここではとりあえず平均流速 $U_0(t)$ を、水深を用いたexponential型でフィットさせた。そしてこれを用いて乱れの傾向を示したのが図-6である。縦軸、横軸は図-4と同じである。散布図を見る限り一様な乱流場が示されているように見受けられる。相対乱れ強度は6.0%程度である。

4. 結語

以上、本研究では、転波列を伴う流れの水位・流速・流速変動について水深規模に関する流速・流速変動についての特徴的な分布特性の一端が明らかにされたと思う。今後、さらに詳細な実験を行い水位・流速変動に関しもう少し一般的な検討を行っていきたいと考えている。

(参考文献)

- 1) 室田明, 宮島昌弘: "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)" 水工学論文集, 第37巻, PP.563~568, 1993
- 2) 室田, 宮島, 津田: "超高速流の内部構造に関する実験的研究 (主として流速分布について)" 土木学会平成5年度関西支部年講, II-56, 1993
- 3) 室田, 宮島, 津田: "超高速流の内部構造に関する実験的研究 (主に水位変動と流速について)" 土木学会第48回年講, II-297, 1993

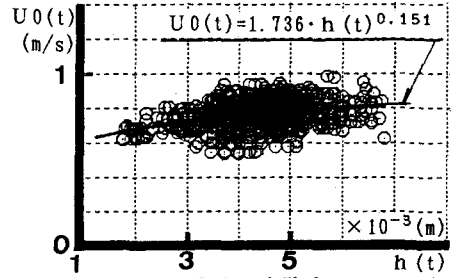


図-3 水位と流速 (水路床より2.0mm)

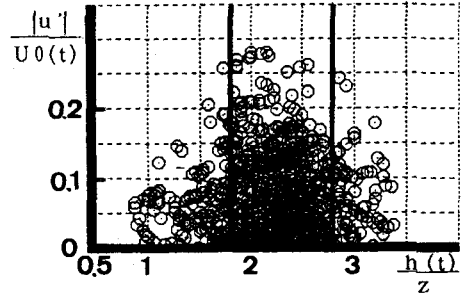


図-4 水位と乱れ強さ (水路床より2.0mm)

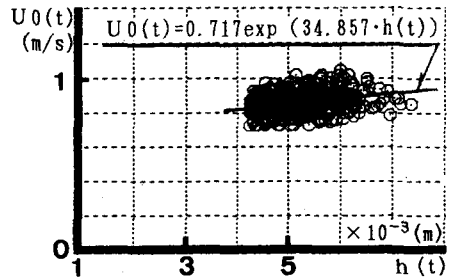


図-5 水位と流速 (水路床より4.5mm)

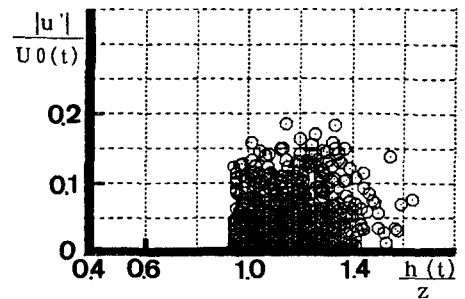


図-6 水位と乱れ強さ (水路床より4.5mm)