A116

転波列流れの流速挙動について

滝野 雄一[○] (大阪産業大学大学院), 宮島 昌弘 (大阪産業大学)

水谷 夏樹 (大阪産業大学)

Behavior of the velocity field on roll-wave flow

Yuichi TAKINO and Masahiro MIYAJIMA and Natsuki MIZUTANI

ABSTRACT

The characteristic of roll-wave flow, which is a flow with high Froude number which appears on the steep slope, is hardly known at present. In laboratory experiment, it was difficult to measure the flow profile which is a thin sheet flow having the characteristic of a wave and a flow.

In this study we measured the velocity field of the roll-wave flow using PIV technique. We also investigated the behaviors of the velocity field in each region separated into five parts of one wave length. As a result, the relationship between velocity field and the water depth in each part was clarified. It also appeared that the velocity profile is grater than a log-law profile at every region.

Keywords: steep slope channel, thin sheet flow, Roll-wave flow, PIV, surge

1. はじめに

急勾配水路上でフルード数が2を超える流れは、自動的に転波列流れを伴うことは良く知られている。この転波列流れは、災害の視点から洪水や土石流、あるいはその周期的な流れは、景観的な視点から議論されることがしばしばある。しかし実験計測が難しく、内部構造やメカニズムについて未解明な部分が多く、具体的な水理学的特徴と言えるものほとんど知られていない。そこで本研究では、PIVを用いて転波列流れの流速の瞬間特性についての検討を行い、転波列流れの基礎的な知見を得ることを目標とした。ここでは、転波列流れを水位に応じた5つの領域に区分し、それぞれの領域での瞬間流速分布挙動を紹介する。転波列流れのPIVを用いた実験結果については宮島、滝野ら¹⁾がフロント前後の部分、中央部分の流速挙動について検討している。今回は、同様の実験条件でこの中央部分をさらに詳しく検討した。

2. 実験条件と方法

実験には、Fig. 1に示す幅20cm、長さ5mの亚克力製可変勾配水路を用い、水深の測定には超音波水位計、流速場の計測にはアルゴンイオンレーザを用いたPIVにより行った。計測地点は上流から3.5m地点で水路壁面から3cmとした。ここでは、Table 1に示すように水路勾配を約1/10、流量を0.7(l/s)とした場合について示す。

ここにフルード数: $Fr = U / \sqrt{gh_m}$, レイノルズ数: $Re = Uh_m / \nu$, $U = Q / (Bh_m)$, g : 重力加速度, h_m : 平均水深, B : 水路幅, ν : 動粘性係数である。

Table 1 Experimental condition

水路勾配	流量 (l/s)	Fr 数	Re 数
1/9.59	0.702	4.1	3700
平均水深 (cm)	最大水深 (cm)	最小水深 (cm)	波高 (cm)
0.42	0.62	0.21	0.41

Fig. 1 Channel equipment

3. 転波列流れの概要

高速カメラ (1000FPS) による撮影画像の例として転波列流れのフロント部分の画像を Photo. 1 に示す。このように転波列は、流れの中に明確な波動性を有しており、内部の速度場は水深に応じて変化することが予測できる。

撮影された画像から PIV を用いて測定した瞬間流速の例を Fig. 2 に示す。ここに u 流下方向成分の流速, z 水路床底からの距離である。この図で示されているように、この転波列のフロント部の流速は約 120~130cm/s であり、水深が約 0.6cm である。

Photo. 1 Sample image of roll-wave front

Fig. 2 Velocity profile of roll-wave front

4. 領域区分について

今回の 5 つの領域区分は、転波列の流れは模式的に水面が Fig. 3 に示すような形になることから、水位に応じた領域区分を行っている。断面 1 は最小水深部を代表する断面、断面 2 は最大水深部を代表する断面。断面 3, 4, 5 は最大水深から最小水深へと変化していく中間部分を代表する断面である。これらの領域を代表する断面の瞬間流速について整理した結果を検討する。

5. 瞬間流速分布の検討

本研究では、各領域を代表する断面での瞬間流速の大きさを、平均水深を用いた仮想対数則分布と比較することで各断面での瞬間流速の大小を比較した。Fig. 4 は各断面の瞬間流速と平均水深を用いて整理した仮想対数則分布を示してある。ここでの流速データは連続 5 画像の平均値を示している。また、用いた仮想対数則流速式は $u/U^* = 5.6 \log(U^* Z / \nu) + 5.3 \dots (1)$

である。ここに $U^* = \sqrt{gh_m I}$, g : 重力加速度, h_m : 平均水深, I : 水路勾配, Z : 水路底からの距離である。

この実験条件では、得られたデータが少ない断面があるが、仮想対数則に比べて水深が最も小さい断面 1 では 20%程度速く、水深が最も大きい断面 2 とそれに続く断面 3 では 40%程度速い、断面 4 では 20%程度速く、断面 5 ではほぼ同様の流速であることが判った。このことか

Fig. 3 Section of five regions

Fig. 4 Velocity distributions

ら、水深が最も大きい断面 2 から断面 5 にかけて水深が小さくなるに伴って瞬間流速も小さくなっていることが示される。しかし、最小水深である断面 1 では、この傾向とは異なって流速が断面 5 よりも大きい結果が示されている。これは、転波列フロントによる何らかの影響が寄与しているものと推察される。また、断面 2 および断面 3 に代表されるように瞬間流速が仮想対数則と比較して 40%程度速いことは、フロントが段波を形成しているためだと考えられる。

6. 結論

実験観測の結果、転波列流れの瞬間流速分布について
①各断面の瞬間流速の結果から最大水深部、中間部分および最小水深部にかけて徐々に瞬間流速が小さくなっていくことが判った。ただ、フロント前面部の最小水深断面 1 については、その傾向から外れている。
②各断面それぞれの瞬間流速が仮想対数則に比べて速い。

今後、転波列の平均場などについても整理し、明確な特性を示したい。

参考文献

- 1) 宮島, 滝野, 宝田, 水谷: “PIV を用いた転波列流れの瞬間流速挙動の検討” 第 61 回土木学会年次学術講演会 (2006. 9) 投稿中