

第II部門

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)

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

著者らはこれまで、転波列を伴う薄層流の水深特性や波速・流速分布特性等について測定・検討を行い、いくつかの知見を得た。¹⁾ それらを一言でいえば、『急勾配水路を流下する転波列を伴う流れの特性は、波動主体がkinematic waveであり、フロントはsurgeを形成して伝播していく波である。』と考えられる。と言える。本研究では、転波列を伴う流れの平均流速分布について、さらに詳細に測定・検討を行った結果、流れの内部構造を認識する上で特徴的な知見が得られたので、それについて報告する。

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使用し測定位置は水路上流端より3.75m下流とした。測定は流れの水深方向に実験の可能な限り水路底付近から(底から1.0~1.5mm程度から)波の上端付近まで0.5mmピッチで測定した。水面変動は超音波水位計を、流速及び流速変動は一次元レーザー・ドップラ流速計を用いて測定した。なお、実験条件を表-1に示す。

表-1 実験条件

勾配 S	流量 Q (l/s)	平均水深 h0 (mm)	フルード数 Fr	レイノルズ数 Re
1/6.54	1.009	3.9	6.5	4500
1/10.1	1.012	4.6	5.1	4500
1/16.0	1.085	5.2	4.7	5100
1/20.5	1.068	6.5	3.3	4800
1/24.5	1.065	6.2	3.5	3800

3. 実験結果と検討

(1) 転波列の平均流速分布

図-1に実験で得られたすべてのデータの平均流速分布を示す。縦軸は、平均水深で無次元化した z/h_0 を、横軸は底から h_0 点での平均流速値 u_{h_0} で無次元化してある。ここに、 $\bar{u}$ は各水深における実測平均流速、 z は水路底からの距離(流速測定位置)、 h_0 は転波列の最大水深 h_{max} と最小水深 h_{min} の平均である。この図より、全体としては、平均流速分布はほぼ対数則分布に近似した流れであると考えられるが、若干 $z/h_0 < 1.0$ の流れが $z/h_0 = 1.0$ 以上の流れに影響を受けているようにも思われる。そこで次に個々の条件での流速分布特性を示す。

(2) 流速分布特性

図-2・図-3に水路勾配 $S=1/10$ と $S=1/16$ の結果を示す。ここでは縦軸に $\bar{u}/U_*$ 、横軸に $U_* z/\nu$

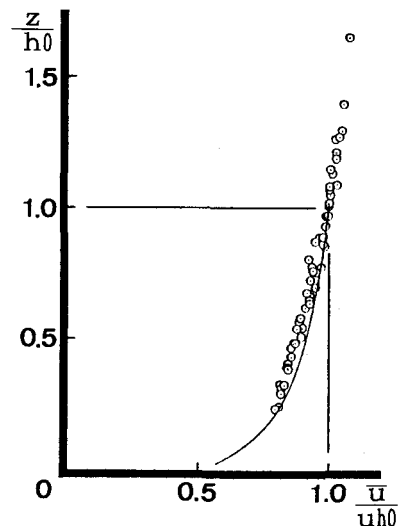


図-1 平均流速分布図

をとってある。ここに U_* は摩擦速度($\sqrt{g \cdot h_0 \cdot S}$)、 ν は動粘性係数である。図中それぞれ $h_{\max}$ 、 h_0 、 $h_{\min}$ に対応する位置が示してある。図-2からは、流速分布が3つに、図-3からは2つにそれぞれの領域で微妙に流速分布形状が異なることが示されている。そしてそれぞれがほぼ $h_{\min}$ 、 h_0 、 $h_{\max}$ に対応した所で領域の境界を示しているように思われる。

つまり

- ①水路底から最小水深 $h_{\min}$ までの領域
- ②最小水深 $h_{\min}$ から平均水深 h_0 までの領域
- ③平均水深 h_0 から最大水深 $h_{\max}$ までの領域

の3つの区分あるいは h_0 を境界とする2つに区分された領域で流れ場に寄与する因子が若干異なってくるように考えられる。

(3) 転波列の乱れ特性

図-4は、 $S=1/16$ の場合の転波列の乱れ強さについて示したものである。縦軸に乱れ強度(U_* 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 を示してある。ここでも図中に、前述の3水深に対応した線を入れてある。この図より、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、通常の開水路の乱れ特性分布に類似した傾向が示されていることが判る。そして、この図で特に領域の境界について注目してみると、領域境界付近の所で乱れ強度の変化点が存在するように思われることである。これはこの点で平均流速が急に変化していることを窺わせるものであり、乱れの発生に寄与しているとも考えられる。

4. 結語

以上、本研究では、転波列を伴う流れの流速分布について次のことが示された。

- ① 転波列を伴う流れの流速分布は、概略的には対数則分布に近似したものであると考えられる。
- ② さらに水深のレベルで2つないし3つの領域に区分され、それぞれに対応する流速分布形状の存在が示された。

今後はこれらの領域の特性を中心にさらに検討を深めたいと考えている。

(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

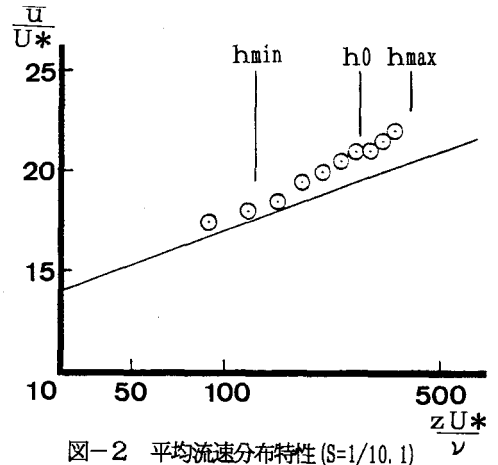


図-2 平均流速分布特性 ($S=1/10, 1$)

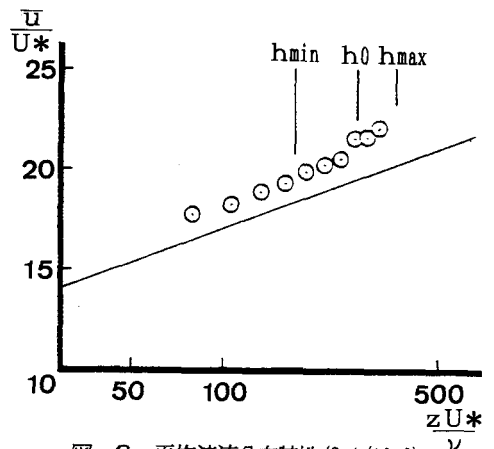


図-3 平均流速分布特性 ($S=1/16, 0$)

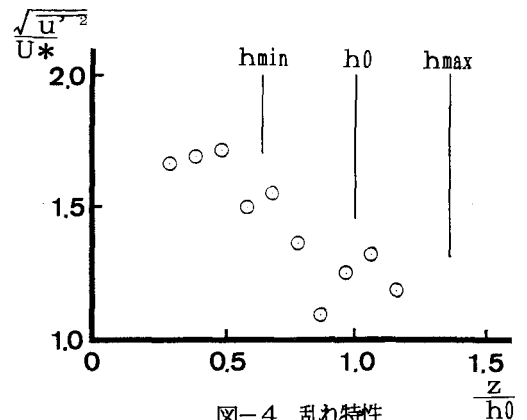


図-4 乱れ特性