

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 ○奥田 香奈恵

1. はじめに 著者らはこれまで、滑面における転波列を伴う薄層流の水理学的特性について、測定・検討を行ってきたが、本研究では、粗面水路における転波列を伴う流れの基本的特性を知るために実験を行った。その結果、波形勾配・流速分布・乱れ強度分布に関し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使用し、測定位置は、水路上流端より3.85m下流とした。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。粗面に関しては、水路全面に両面テープを用いて比較的密な状態で砂を貼り付けた。また、河床面として粗度 k_s (粒径加積曲線から D_{84} の値を使用。 $D_{84}=1.9\text{mm}$)の1/4だけ下方を仮想河床面として整理した。なお、実験条件を表-1に示す。

3. 実験結果と検討

(1) 転波列の波形勾配について 図-1は実験No.

1~13で得られたデータのフルード数と波形勾配の関係のついて示したものである。縦軸に Δ/λ 、横軸に Fr をとってある。ここに Δ は波高、 λ は波長、 Fr はフルード数である。図中に滑面で得られた結果も示しておく¹⁾。図-1から滑面、粗面ともにフルード数が大きくなるのに伴って、波形勾配も大きくなっていることが判る。ここで滑面と較べて、粗面上での波形勾配は波高が比較的小さかったにもかかわらず、波形勾配の大きい結果を示しているのは波長の短いことによる。

(2) 流速分布 図-2, 3は定常流および転波列

における平均流速分布を示す。ここで縦軸に $U^+ (\bar{u}/U^*)$ 、横軸に z/k_s をとってある。また図中の直線は、 $U^+ = 5.75 \log z/k_s + 8.5$ である。ここに $\bar{u}$ は各水深における平均流速、 U^* は摩擦速度($\sqrt{ghoS}$)、 z は水路底(仮想河床面)からの距離である。図-2から定常流における流速分布は、全体的に従来の円管での対数則分布より、小さい値となっているようである。また、図-3から転波列の流速分布は図-2の定常流の場合と同様の傾向を示しているようであるが、流速分布の傾きが少し急であるように思われる。これは、転波列の水深変動により、相対水深 h/k_s が非常に小さくなるため粗度の効果を強く受けるためだと考えられる。

表-1 実験条件

実験 No.	水路 勾配S	流量 Q(l/s)	平均 水深 h(mm)	フルード 数 Fr	レイノルズ 数 Re
1	1/179	0.624	12.9	0.7	2600
2		1.194	20.1	0.7	4600
3		0.575	4.8	2.8	2500
4	1/5.86	0.807	5.6	3.1	3400
5		1.018	6.7	3.4	4300
6		1.337	6.9	3.7	5600
7	1/7.67	0.691	4.9	3.2	2800
8		0.841	5.4	3.4	3400
9		0.995	6.1	3.5	4000
10	1/9.79	1.285	6.9	3.6	5100
11		0.821	6.8	2.3	3100
12		1.077	7.6	2.6	3900
13	1/9.79	1.364	8.8	2.6	5100

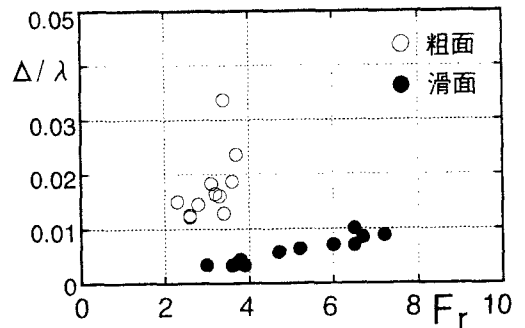


図-1 転波列の波形勾配

(3) 乱れ強度分布

図-4, 5は定常流および転波列における平均的な乱れ強度について示したものである。縦軸に乱れ強度 (U^* : 摩擦速度で無次元化したもの)、横軸に測定位置 z を平均水深 h_0 で無次元化した z/h_0 をとっている。図中の曲線は橋津の普遍関数表示 ($u'/U^* = 2.26 \exp(-0.88 z/h_0)$) である。図-4から定常流における主流の乱れ強度は水路床近傍で、滑面²⁾で見られるような顕著なピークをもたないが、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。また、図-5から、転波列における乱れ強度は、底面部での乱れのピークが見られず、一様化した傾向が見受けられる。さらに、平均水深近傍で乱れが大きく、しかもバラついている。これは転波列のフロント部で起こる砕波の影響によるものだと考えられる。

4. 結語 以上、本研究では、以下の知見が得られた。

- (1) 粗面転波列の波形勾配は、波長が比較的短いことからフルード数の比較的小さい所でも、滑面に対して大きな値を示している。
- (2) 粗面の定常流 流速分布は、ほぼ従来の対数則分布と同様の結果を示していると思われる。そして乱れ強度分布は、水路床近傍での顕著なピークは見られないものの橋津の普遍関数表示とほぼ同様の傾向を示している。
- (3) 粗面の転波列 流速分布は、従来の対数則式より傾きが若干急な対数則分布傾向が見受けられた。また乱れ強度分布は、底面部でのピークが見られず、一様化した分布特性が示され、平均水深近傍では大きな乱れの存在が示された。

以上、粗面の定常流については、滑面における流速分布および乱れ特性とほぼ同様の傾向を示したが、転波列においては、水路床面の粗度の影響を強く受けていることが見受けられた。今後、数多くのデータを獲得してもう少し詳細な検討を行っていきたいと考えている。なお、実験と整理には水工研究室研究生の中条氏、卒研生の暮石、佐伯君の協力を得た。ここに記して感謝を表わす。

(参考文献)

- 1) MUROTA, MIYAJIMA, MURAOKA : " Experimental Study on internal structures of Ultra-Rapid Flow (On Roll-Wave Characteristics) ", I.A.H.R. HYDRA2000, (Vol.1), PP. 409 - PP. 414, 1995
- 2) 室田, 宮島 : " 超高速流の内部構造に関する実験的研究(2次元乱れ挙動について) ", 水工学論文集, 第39巻, PP. 379 - PP. 384, 1995

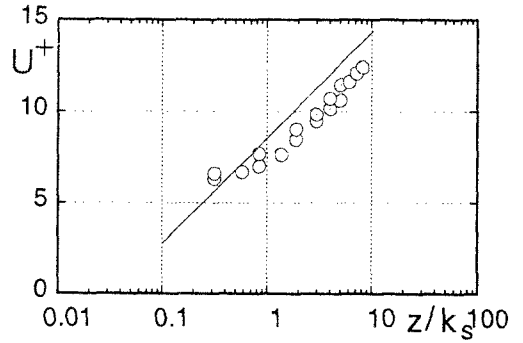


図-2 粗面定常流の平均流速分布

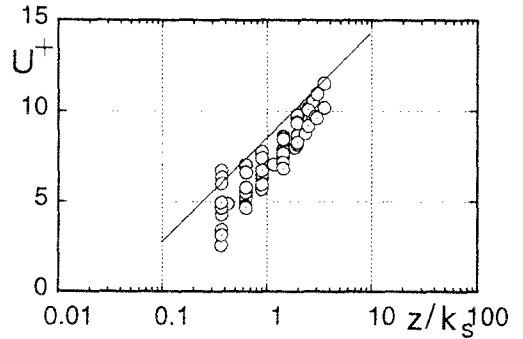


図-3 粗面転波列の平均流速分布

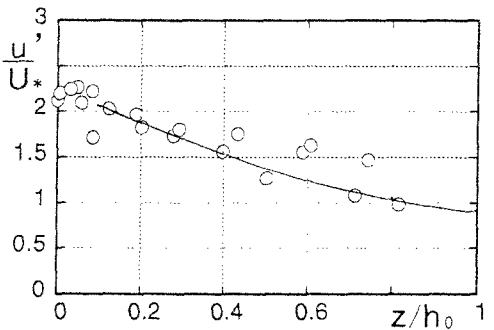


図-4 粗面定常流の乱れ強度

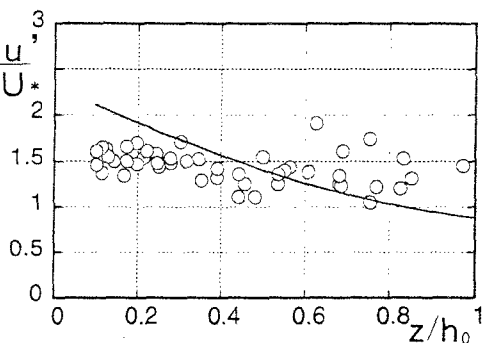


図-5 粗面転波列の乱れ強度