粗配置の桟粗度流れで生じる大規模定在波の乱流特性

神戸大学大学院工学研究科 学生会員 〇八木 潤平 神戸大学大学院工学研究科 正会員 藤田 一郎 神戸大学大学院工学研究科 学生会員 谷 昂二郎 神戸大学大学院工学研究科 学生会員 東川 真也

1. はじめに

洪水流には大規模な水面変形を伴う場合がある. その一つに,極めて急峻な三角形状の大規模な定在波である三角波(Fig. 1)がある. 局所的に水面が大きく上昇するため,底面せん断応力や掃流力が急激に増加することが予想されるため,河床変動へ大きく寄与する可能性が考えられるが,その内部構造に関する知見はほとんど得られていない. 以上を背景とし,本研究では大規模定在波を伴う流れの内部流況について,その詳細把握を目的とした室内実験を実施した. 流れ場および水面形状をレーザー光膜により可視化・計測し,特に乱流諸量に着目して考察を行った.

2. 実験概要

水路全長約 4m, 水路幅 10cm の循環型直線水路を用いた.底面には一辺が 0.9cm の角柱型桟粗度を粗度高さkの 30 倍の間隔で設置した. レーザー光膜および直径約 80μ m のナイロン製粒子により水路中央の縦断面を可視化し(Fig. 2)、オプティカルフロー法の一種である DeepFlow²)により流れを計測した.撮影は高速度カメラを用い 400Hz で 60 秒間行った. 東川ら 3 の 90cm 幅の水路で三角波が発生した水理条件を10cm 幅の水路で適用し,三角波に類似した大規模な定在波を発生させた. この水理条件をケース B-1 として,勾配を変化させ,3 ケースの実験を行った. 各ケースの水面変形の模式図を Fig. 3 に示す.



Fig. 1 豊平川の昭和 56 年 8 月洪水での三角波 ¹⁾

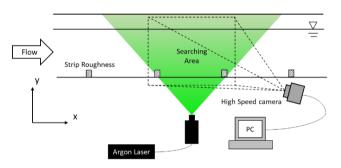


Fig. 2 Experimental setup

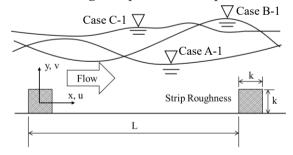


Fig. 3 Schematic illustration of the flow

Table 1 Experimental condition

case	I	$Q \text{ [cm}^3/\text{s]}$	H_{mean} [cm]	H_{max} [cm]	H_{min} [cm]	U_m [cm/s]	Fr	Re
A-1	1/50	3883	6.22	7.11	5.55	62.4	0.799	17304
B-1	1/100	3883	7.30	9.00	5.74	53.2	0.629	15785
C-1	1/200	3883	7.93	8.57	7.26	49.0	0.555	15015

キーワード 桟粗度,水面変形,大規模定在波,三角波,オプティカルフロー,乱流計測

連絡先 ifujita@kobe-u.ac.jp

3. 乱流計測結果

Fig. 4 は主流速方向の乱流強度の空間分布である. **粗度要素より強い乱れ領域が広がる様子が確認でき** る. また, この乱れ領域は水面変形と相似な分布を呈 している. Fig. 5 は各ケースの底面付近y/k=0.2 の乱 流強度の分布である. これより, B-1 は水面変形によ り乱流強度が大きい領域が底面付近に近づくため, 最も大きくなっている. A-1 は水面がx/k=15 以降で 低下するため, その位置で底面付近の乱流強度が大 きくなっているが、 桟粗度で発生した乱流は減衰す るため、B-1 ほど大きくはなっていない. 一方で変形 の小さい C-1 は乱流が発達するx/k=5 から 10 で大き くなり、その後減衰している一般的な分布となって いる. 以上より, 水面変形を伴う流れでは底面付近の 乱流強度が大きくなり、底面せん断力が大きくなる ため、その位置で河床が洗堀される可能性がある.次 に Fig. 6 は乱流エネルギーの分布を示している. 桟 粗度下流の分布は B-1 では乱れ領域が狭い範囲に限 られている. これは水面の傾きに伴って内部流が下 方に加速され乱れが抑制されたためと考えられる.

4. おわりに

本研究では大規模定在波の乱流特性を解明した. その結果、水面の変形が内部の乱れ構造に大きく影響することを示した. 今後は大規模定在波のケースを増やし,体系的な実験検証を続けると共に, LES 数値シミュレーションとの比較を行う予定である.

参考文献

- 1) https://www.ishikari.or.jp, 2019/3/1 参照.
- P. Weinzaepfel, J. Revaud, Z. Harchaoui, and C. Schmid: Deepflow: Large displacement optical flow with deep matching, In Computer Vision(ICCV), IEEE International Conference on, pp.1385-1392.IEEE, 2013.
- 3) 東川真也,谷昂二郎,藤田一郎:粗な配置の桟 粗度開水路で生じる水深規模の振幅を有する 水面波の特性,土木学会論文集 B1(水工 学)Vol.74, No.5, I 739-I_744, 2018.

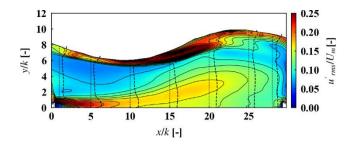


Fig. 4 Deformation of turbulent region(B-1)

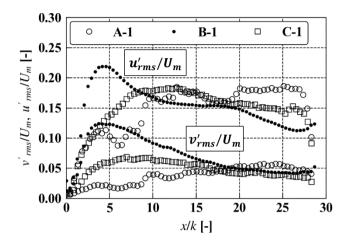
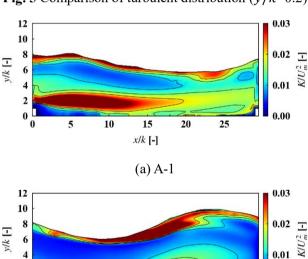
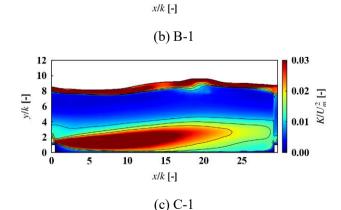


Fig. 5 Comparison of turbulent distribution (y/k=0.2)





15

10

20

25

0.00

Fig. 6 Turbulence kinematic energy distribution