開水路水面変動の検出に関する新手法の提案と桟粗度流れへの適用

神戸大学大学院工学研究科	学生員	〇大上	旭
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		吉村	英人

1. <u>はじめに</u>

桟粗度上の流れは粗面乱流の抵抗に関する基礎研究において、数多くの研究者が対象としてきたが、流れの内部 構造が水面変動に及ぼす影響に焦点を当てた研究例は極めて少なく[□]、未だ未解明な部分が多い.そこで、本研究 では内部流速と水面変動を同時計測可能なシステムを構築し、異なる粗度間隔に対する流れ場と水面変動特性に関 する実験を行った.また、内部流れ場と水面形を同時撮影する手法に加えて内部流れ場の撮影画像から水面を判別 する新手法を考案し、同時計測による水面変動解析結果との比較を行った.

2. 実験概要

本研究では、長さ約 6m,幅 0.3mの可変勾配式循環型直線水路を用いて実験を行った.実験装置の概略を図-1 に示す.水面変動の計測には、2 台のハイスピードカメラ(500fps で撮影)を用いて内部流速場と水面波形を同時計測する当研究室で従来用いている手法²⁾と新たに考案した内部流速場の撮影画像のみから水面変動を算出する手法の2 通りの方法を用いた.図-2 左図は同時計測の撮影概略、右図は新手法の撮

影概略図を示している.水面変動が比較的小さ いケースではレーザ光膜を水中で下流から上 流側に向けて照射し,内部流れ場の鉛直断面と 鏡に映った水面形を同時に撮影した.水面変動 が比較的大きいケースではレーザ光膜を水中 で下流から上流に向けて照射した場合に水面





付近にレーザ光膜が十分に当たらない領域が生じたためレーザ光膜を水路下部から照射した.水路底面には粗度高 さ *k*=0.9cm あるいは 0.6cm の桟粗度を無次元粗度間隔 *L/k*=5, 10, 20 で設置した.水理条件については,平均水深 *h*_mは桟粗度を除く水路底面からの高さとして 6.0cm に固定し,勾配と流量を変化させて実験・PIV 解析及び水面変 動解析を行った.

 ∇

3. 水面変動解析手法

新たに考案した内部流速場の撮影画像のみから水面を検出する手法では、まず、図-3に示す撮影画像の輝度の分 布を平均化し、コントラストを大きくするためにヒストグラム平均化を行う.鉛直方向の輝度変化を捉えやすくす るために多重合成を行い横方向の縞を作成する(図-4).次に、多重合成画像に鮮鋭化フィルタをかけて変化の激しい

$$J22 = \iint \frac{\partial g}{\partial y} \frac{\partial g}{\partial y} dA \tag{1}$$

部分を強調し,鉛直方向における輝度勾配の積分量に関するパラメータ(以下の式¹⁾で示すJ22)の空間分布を求める. 図-5にJ22のコンター図を示す.水面境界でJ22の値が不連続に変化しており,水面が良好に検出できていること がわかる.ここで,gは輝度分布,yは鉛直方向の座標,Aは面積(積分領域)である.但し,Aとしては,縦10pixel,

キーワード 粗面乱流 水面変動 画像解析 PIV 連絡先 〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学 藤田研究室 <u>ifujita@kobe-u.ac.jp</u>

-209-

横 20pixel の横長の長方形とし,横方向には 10pixel,縦方向には 1pixel ずつ *A* の位置を移動させながら J22 の値を求めている.

4. 水面変動解析結果

図-6 には水面変動計測手法別の水面変動時系列結果を示す.黒太線で示す のが同時計測によって得られた水面変動時系列結果であり,比較的滑らかな挙 動を示している.一方,黒細線で示す内部流れ場撮影画像から求めた水面変動 時系列結果は同時計測による結果と比較すると多少の粗さは見られるが,ピー ク値の位置や水面変動の大小の起伏は概ね一致していると言える.内部流れ場 の撮影画像から水面変動を求める場合,多重合成に使用する枚数はケースによ って縞の長さが変わるため適宜変更する必要があるが,図-6 に示すケースに おいては 5 枚の画像を多重合成している.図-7 には×印で示す点の水面変動 と鉛直流速変動の相関係数をコンタープロットしたものを示す.図-7(a)は同 時計測より得られた相関分布,図-7(b)は内部流れ場撮影画像の水面変動解析 結果から得られた相関分布である.どちらの図においても×印で示す基準点上 流側に正の領域が広がっており,同様の分布形を呈することが確認できた.



図-3 撮影画像



図-4 多重合成画像



5. <u>おわりに</u>

本研究では桟粗度を有する開水路乱流に対して桟粗度が流れ場や水面変動に及ぼす影響を検討するために内部流 れ場と水面変動を同時計測するシステムと内部流れ場の撮影画像から水面変動を検出する新たなシステムを構築し た.双方のシステムによる解析結果は多少の誤差はあるものの同様の結果が得られた.今後は主に新手法を用いて 多様な水理条件に対する水面変動と内部流れ場の関係を調べていく予定である.

参考文献

1) 冨永晃宏: 桟粗度の相対桟間隔が開水路の乱流構造に及ぼす影響,水工学論文集,第36巻, pp.163-168, 1992.

2) 岡西健史・藤田一郎・小田崇裕:浅水状態で水面変動のある自然礫床粗面乱流の LES 解析, 土木学会論文集 B1(水 工学), Vol.69, No.4, pp.853-858, 2013.

-105