

II-172 開水路乱流内層の渦構造と流速波形の相互関係

徳山高専 正員 ○佐賀孝徳
 徳山高専 正員 大成博文
 徳山高専 正員 渡辺勝利
 山口大学 正員 斎藤隆

1. まえがき

本研究では、乱れの発生機構を解明することを目的として、開水路乱流内層において横断面可視化と流速計測の同時併用実験が行われ、壁縦渦構造と瞬間的な流速変動波形の対応が詳細に考察された。また、壁縦渦とVITA法による条件付検出波形の対応も詳しく検討され、さらに、VITA法自身の問題点についても考察が加えられた。

2. 実験方法および実験条件

実験方法には、横断面可視化と流速計測の同時併用実験が用いられ、壁近くの縦渦の挙動と流速波形(U成分)の両方が連続的に対応した情報として得られるように工夫された。可視化法には、蛍光染料注入法による横断面可視化、流速計測には前方散乱方式のレーザー流速計が採用された。また、 $y^+=30$ の高さで計測が行われた。その詳細については文献¹⁾に示されており、ここでは省略する。実験条件は、水路中央部において最大流速 $U_{max}=7.7\text{ cm/s}$ 、水深 $H=10.8\text{ cm}$ 、レイノルズ数 $Re=9475$ 、摩擦速度 $u_\tau=0.42\text{ cm/s}$ である。

3. 壁縦渦の3次元構造と速度変動の対応

Fig. 1は、低速、高速を繰り返すスパイク型の速度変動の一例である。Fig. 2には、その際得られた0.1秒ごとの壁縦渦の横断面形象にTaylorの仮説を用いて描いた壁縦渦の3次元構造図が示されている。この両者の図より、計測点が壁縦渦内を出入りすること(細点線および太点線で区別)により高速、低速の速度変動が形成され、壁縦渦の3次元構造と配置特性が、流速変動波形の形成に重要な寄与をなすことを示している。

4. 壁縦渦とVITA法による検出波形の検討

Fig. 3は、VITA法により条件付検出された波形と可視化の対応の可否に関する確率分布が示されている。

縦軸は、それぞれ $P(R)=\beta/\alpha$ 、 $P(F)\textcircled{A}=\bar{\beta}/r$ 、 $P(F)\textcircled{B}=\tilde{\beta}/r$ で表される。ただし、 α は可視化と原波形との対応が確認された総数、 β は、可視化と対応のとれる条件付検出波形の数、 $\bar{\beta}$ は可視化と対応のとれない条件付検出波形の数、 $\tilde{\beta}$ は複数の変動波形を単一のものとしてエラー検出した数、そして r は条件付検出波形の総数であり、 $r=\beta+\bar{\beta}+\tilde{\beta}$ となる。横軸はしきい値 k であり、 T^+ は6.5から26まで4種類変えられた。この図より $P(R)$ が最も大きくかつ $P(F)$ が最も小さい場合が、VITA法にとって最適なパラメータ k 、 T^+ として選択される。

平均時間 $T^+=6.5$ では、しきい値 k が小さくなるにつれて $P(R)$ の値が増加するが、 $k=0.4$ 以下ではそれにとまって

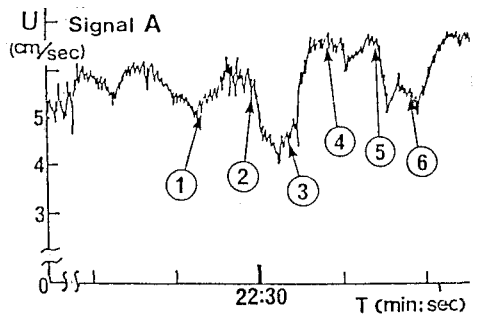


Fig. 1 流速変動波形(u成分)

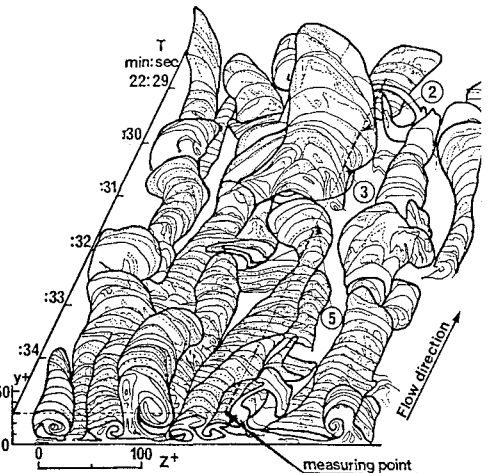


Fig. 2 壁縦渦の3次元構造

$P(F)$ ④の値も増加している。 $T^+=13$ では、 k の値とはほぼ無関係に、 $P(R)$ が60~80%の高い値を示し、 $k=0.8$ で最頻値を得ている。また、 $P(F)$ ④、⑤は、 $k=0.6$ 以下で増加が認められる。また、 $T^+=19.5$ の場合においても同様に、 $k=0.8$ で最頻値が出現するが、同時に $P(F)$ ④もより高い値を示している。そして、 k の減少とともに $P(F)$ ④のより高い値も出現している。 $T^+=26$ では、 $P(R)$ のピーク値を含めて全体が小さくなり、 k の減少とともに $P(F)$ ④の値がより増加している。

これらのことより、 $P(R)$ が最も大きく、しかも $P(F)$ ④、⑤が最も小さい最適な条件は、 $T^+=13$ および $k=0.8$ である。これは、最近Bogardら²⁾が用いた $T^+=14$ および $k=1.0$ の値と大きな差異はないように思われる。

さらに、 T^+ および k とBurst周期の相互関係を明らかにするために、Fig. 4が描かれた。横軸には、しきい値 k 、縦軸にはBurst周期がそれぞれ示されている。図中のシンボルOSは、それぞれの T^+ および k において条件付検出された波形の平均周期を表し、またCSは、OSの中で可視化と対応した波形のみの平均周期に相当する。また、原波形において壁縦渦と関係づけられたすべての波形の平均周期が破線STで示されている。この値は、中川らによって計測されたBurst周期の値と³⁾一致している。

この図より、CSが、OSと最も接近し、さらにSTに最も近い値を示すときの T^+ および k が最適パラメーターと考えられることから、それらの値として $T^+=13$ 、 $k=0.8$ が得られた。これは、当然のことながらFig. 3の結果とも一致する。

また、CSとOSを比較すると、 T^+ および k の変化に応じて、CSは大きく変化するが、逆にOSは全体としてST値付近に分布している。このことは、上述の最適パラメーターの決定方法が重要であり、OSのみでは壁縦渦と無関係の変動波形をエラー検出する場合があることを示している。

以上のFig. 3、Fig. 4の結果から、VITA法における最適パラメーターを決定する際には、可視化の形象と流速波形の1対1の対応を明確にすることが必要と思われる。

参考文献

- 1) 大成博文, 佐賀孝徳, 山本恭子, 斎藤 隆: 第30回水理講演会論文集, pp. 577~582, 1986.
- 2) Bogard D. G. and W. G. Tiederman: J. Fluid Mech. Vol. 162, pp. 389~413, 1986.
- 3) 中川博次, 棚津家久, 富永晃宏: 土木学会論文報告集, 第312号, pp. 93~105, 1981.

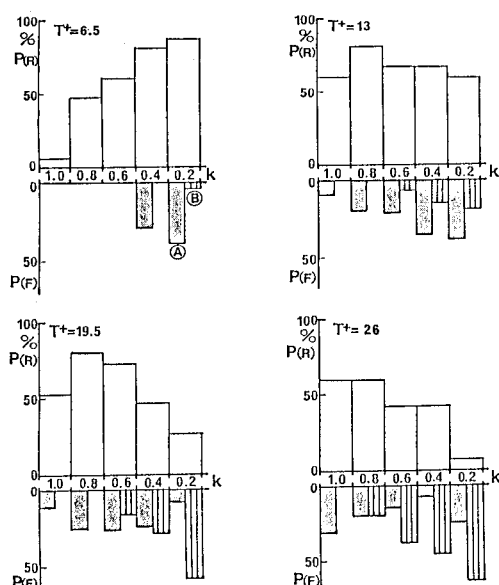


Fig. 3 $P(R)$, $P(F)$ のヒストグラム

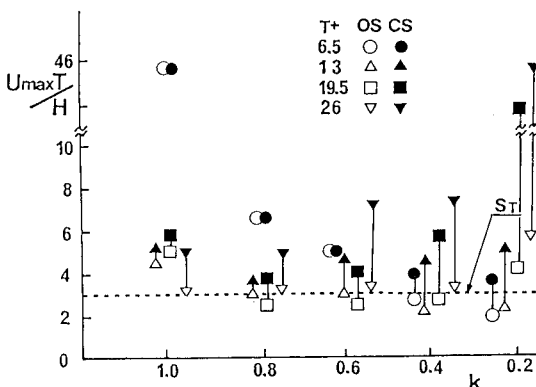


Fig. 4 T^+ , k に対するBurst周期