

II-343

粘性底層内の流速変動とWAVELET解析

○山口大学 河元 信幸 齊藤 隆
飛鳥建設 柴田 浩和

1. はじめに：工学上の諸問題における縞構造の役割を評価するには、低速縞のみでなく、高速縞をも含めて、それらの規模、強さ、ならびに密度分布などを明らかにすることが不可欠である。本研究は、床面せん断力と線形関係にある粘性底層内の流速変動に着目し、主流流速の横断方向分布の時間的変動を定量化するため、流速レベルを平均流速と変動強さを閾値として4分割し、低速域、高速域の幅とその中心間隔を調べ、さらに、両域を抽出する最適なウェーブレットの条件について検討したものである。

2. 実験装置と実験方法：実験は、幅が60cm、深さが30cm、長さが10mのアクリル樹脂性の可変勾配水路で行なった。流速は、水路側壁から横断方向に45cmの区間に、水路床から高さ1mm ($y^+ = 3.6$) に直径10 μ のタングステン線を設置し、水素気泡法で測定した。流速の読み取りは、ビデオ画面のハードコピーにおけるタングステン線直後の2本の水素気泡線をデジタイザーを用いて、横断方向に2mm間隔で、0.1秒間隔で行った。実験条件は表-1の通りである。

3. 実験結果とその検討：実測した瞬間主流流速の横断方向分布と一点での主流流速の時間変化の一例が図-1である。各点での30秒間平均流速の横断方向分布が図-2である。図中の点線は平均区間を変えて求めた移動平均値を参考にして定めた平均流速である。

流速レベルを平均流速 $\bar{u}$ と変動強さ σ を用いて4分割、すなわち、瞬間流速が $u < \bar{u} - \sigma$ を低速、 $u > \bar{u} + \sigma$ を高速と定義し、それらの生起状態を示したものが図-3である($\bar{u}$ は図-2の点線)。図において赤色部分が高速域で、緑色部分が低速域である。図-2の点線で示した平均値を用いることで高速域と低速域の面積を等しくすることができるが、側壁から水深の2倍程度の範囲では、水路中央部分に比べて、高速域・低速域ともにその幅は狭く、継続時間が短かく、この範囲では側壁の影響を強く受けていることが明らかである。ただし、この事実は側壁が存在する一つの反映であって、側壁領域を定義する単に一つの指標にすぎない。

各瞬間における低速域ならびに高速域の幅とその中心間隔の密度分布が図-4、図-5である。低速域幅の最頻値は $B^+ = 10 \sim 20$ で、平均値は $B^+ \approx 20$ であって、従来の低速縞幅に関する実験結果とほぼ一致している。高速域幅の最頻値も $B^+ = 10 \sim 20$ であるが、平均値は $B^+ \approx 26$ と低速域の幅に比べて若干広い幅となっている。

低速域、高速域の中心間隔密度分布をみると、中心間隔が $Z^+ = 10 \sim 50$ の頻度がかかなり高いことが注目される。この結果は、図-3における側壁側にみられる小規模のものまで全てを累計した事によるもので

表-1 実験条件

水温 $T(^{\circ}\text{C})$	28
動粘性係数 $\nu(\text{cm}^2/\text{sec})$	0.00836
流量 $Q(\text{cm}^3/\text{sec})$	1421
断面平均流速 $V(\text{cm}/\text{sec})$	4.74
最大流速 $V_{\text{max}}(\text{cm}/\text{sec})$	5.54
水深 $h(\text{cm})$	5.00
摩擦速度 $u_*(\text{cm}/\text{sec})$	0.300
$Re = V \cdot h / \nu$	2840
$Re_* = u_* \cdot h / \nu$	179

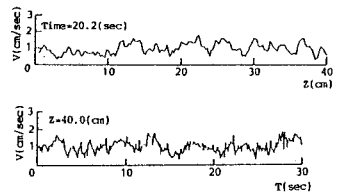


図-1 実測流速波形

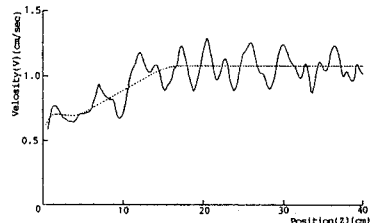


図-2 平均流速横断分布

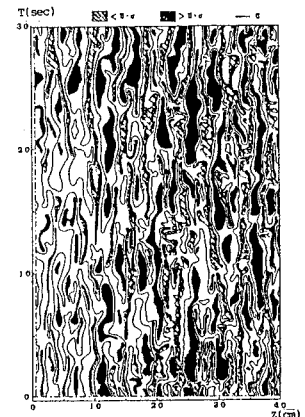


図-3 流速変動パターン

ある。このような小規模のものを除くと低速域の中心間隔の最頻値は $B^+ = 70 \sim 90$ であって、従来の低速域間隔についての結果とほぼ一致している。

高速域の中心間隔の分布は低速域のものに較べて広い範囲になっているが、その最頻値は $Z^+ = 70 \sim 110$ と低速域のそれとほぼ一致している。

4. ウェーブレット解析：解析に用いた

Analysing Waveletsは図-5の5種類である。

低速域ならびに高速域を抽出する精度の指標として、次式で定義する合致度を用いる。

$$\text{合致度} = (N_T - N_N - N_E) / N_T \times 100 (\%)$$

ここに、 N_T ：総解析点数、 N_N ：未検出点数、 N_E ：誤検出点数である。

図-7、図-8は高速域を抽出する解析波形、波長ならびに閾値による合致度を調べたものである。図の横軸はウェーブレット変換値の標準偏差値でもって規格化してある。

図-7は波形による合致度を調べたもので、どの波形を用いても、閾値が変換値の標準偏差値である場合に最高の合致度となっている。波形としてはCASE-2、CASE-4が合致度が高い。

図-8はCASE-2の波形を用い、解析波長の合致度への影響を調べたものである。この場合における最高の合致度と解析波の波長との関係を描点したものが図-9である。低速域の抽出において、波形、波長、閾値による合致度への影響は高速域の場合と同じ傾向にあるが、図のように合致度は高速域に較べて若干低い。

5. おわりに：橋構造の強さを流速レベルによって評価することが可能であって、その抽出する手段として、ウェーブレット解析は有力な方法であることを明らかにした。今後、実験範囲を広げて検討したい。

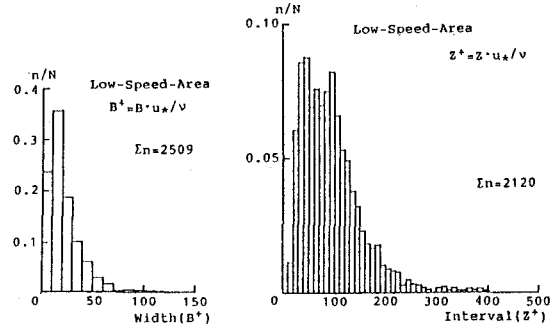


図-4 低速域の巾と中心間隔の密度分布

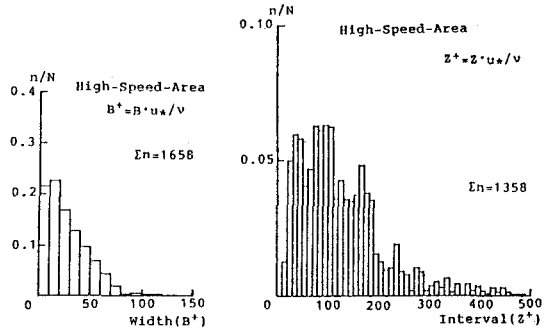


図-5 高速域の巾と中心間隔の密度分布

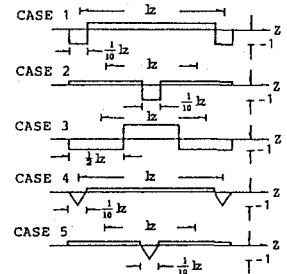


図-6 解析波形の形状

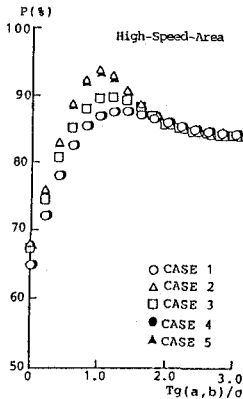


図-7 波形・閾値の合致度

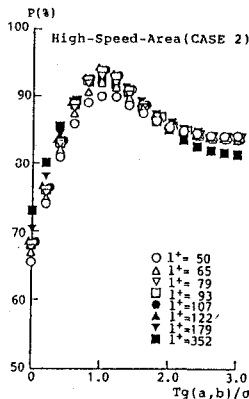


図-8 波長・閾値の合致度

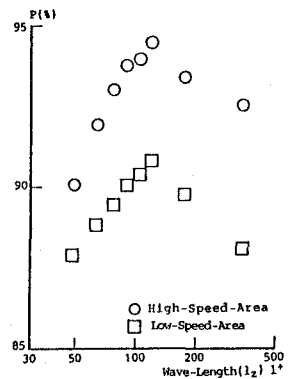


図-9 波長と合致度の関係