

矩形開水路の壁面せん断について

○山口大学 柴田 浩和 宇部市役所 田村 明治
山口大学 斎藤 隆

1. はじめに

開水路乱流には、床面のごく近傍におけるバースト現象、層外にはコルク・ボイル渦など、さらに平列らせん流などの多様な組織構造が存在し、乱れエネルギーの生成、運動量の輸送、土砂などの巻き上げなどに主要な役割をもつことが明らかにされている。平坦な河床も流れの条件によって異なった河床形態が出現することから、流れ自体に河床形態を規定する要因が内在すると考えることが可能である。このような観点から、昨年度、河床上を転動状態で通過する球粒子の横断方向の分布を測定した結果、この横断分布には開水路乱流流れに存在するとされている組織構造の各スケールに対応した長さが卓越して存在することを明らかにしている。この結果は河床のごく近傍における流れには、階層的に存在するとみられている組織構造の全てが反映していることから、床面せん断にも組織構造が何らかの形で反映していると考えられる。本研究は、このような観点から、床面近くの流速分布を水素気泡法を用いて測定し、床面せん断力の横断方向分布について若干の検討を行なったものである。

2. 実験装置と実験方法

実験は幅60cm、深さ25cm、長さ10mの三面アクリル樹脂製の可変勾配水路で行なった。流速測定は、粘性底層内の流速分布を求めるので、水素気泡法で行なった。測定に用いられたタングステン線は直径 10μ で、2mm間隔に2mm区間をバイントで被覆してある。タングステン線は水路を横断して設置し、上方からビデオカメラで水素気泡線を撮影した。床面せん断力は速度分布が直線分布をなす粘性底層内の速度勾配から求めた。

3. 実験結果とその検討

4mm間隔で求めた壁面せん断力から求めた摩擦速度を水路側壁からの距離に対して描点したものが図-1の折れ線である。図から、いくつかの長さをもつ振動が重なり、水路中央へ摩擦速度が大きくなっている。

すなわち、トレンドに変動波形が重複していることが明かである。

トレンドは側壁部の流れを水路中央部の流れの間にある何らかの平衡関係によって規定されるのではないかと考えるが、その挙動は不明である。一つの方法として、このトレンドを移動平均によって表わすことにする。図中の丸描点間の関係は、17個（6.8cm区間）の移動平均値である。図中の破線はデータ数が少ないことを補うために、水路中央部に置ける水面勾配から求められた摩擦速度に漸近し、側壁部の半水深範囲での転動通過粒子数がほぼ一定であったことを考慮して外挿したものである。

測定値の移動平均値からの差を

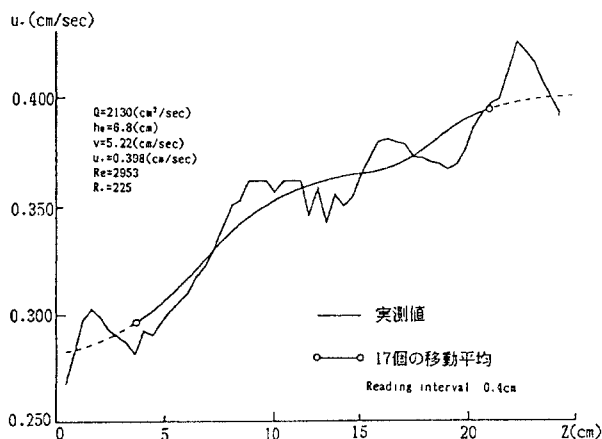


図-1 せん断力の横断方向分布

変動量として相関係数ならびにパワースペクトルを計算した結果が図-2と図-3である。

図-2から明らかに2つの卓越波長が存在する。そのうちの長い波長のものは、図中にピーク値を示す長さは実験水路の整数倍であって、摩擦速度の横断方向の変動には水深スケールの長さの変動が卓越している。

図-3のスペクトルのピーク値に記入してある数値はピーク値をとる波長を内部スケールで無次元化した

$$q^+ = \frac{u \cdot q}{\nu}$$

の値である。データの読み取りが4mm間隔($u \cdot \Delta q / \nu = 13.3$)であるので、 q^+ が50程度より小さいところでの値は信頼性が乏しい。

水深スケールの $q^+ = 225$ のスペクトル値が $q^+ = 112$ の値よりも小さくなっているが、トレンドとして用いた移動平均値がちょうど水深スケールであり、また、図-1の移動平均値の曲線も水深程度のスケールの変動が残っていることから両者の絶対値関係には疑問が持たれる。

図-4は水路中央部のせん断力、ならびに水深を基準値として、せん断力の横断方向分布を描点したものである。図中の3つの曲線は、前年度報告した、転動通過粒子の横断方向分布から推測したものである。各実験条件、すなわち転動通過粒子数の横断方向の変動はアスペクト比が小さいほど大きいことを考慮すると、せん断力と転動通過粒子数の横断方向分布はよく一致している。

4. むすび

床面せん断力の横断方向分布を測定した結果、側壁より水深のほぼ3倍程度の範囲で平均的に増大しており、水深ならびにバフファ層厚に相当する長さの変動が卓越していて滑面水路床を転動しながら通過する球粒子の横断方向の分布とよく対応している。今後、側壁部の流れ特性あるいは組織構造との関連についての検討を行ないたい。

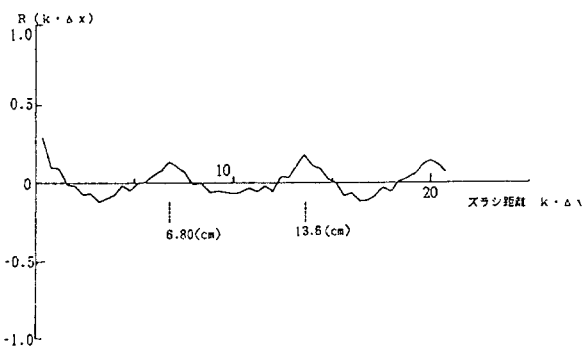


図-2 せん断力の横断方向相関係係

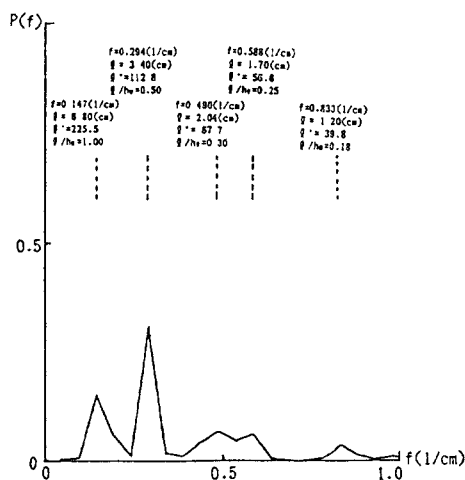


図-3 せん断力分布のパワースペクトル

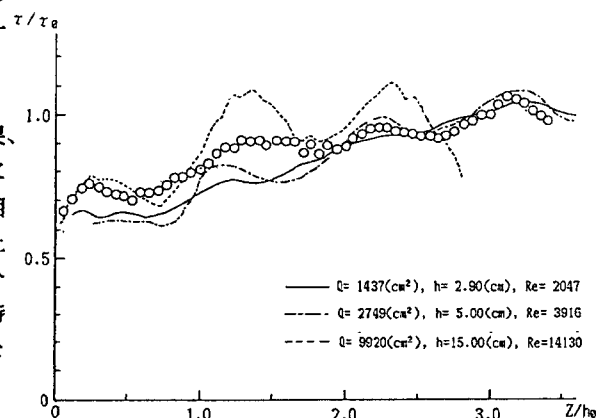


図-4 せん断力の横断方向分布