

フィルム状温度センサーを用いた開水路底面せん断力の計測について

京都大学防災研究所 正員 今本 博 健
 京都大学防災研究所 正員 ○石 垣 泰 輔
 島 根 県 正員 坂 本 博 志

1.はじめに： 開水路流れの平均底面せん断力分布が二次流およびそれにより形成される二次流セルの影響を受けて波状となることは多くの研究者により指摘されている。著者らも、LDAによる速度ベクトル計測法¹⁾・水素気泡法による壁面せん断力分布の計測²⁾および掃流トレーサ法による壁面せん断力の分布特性の検討³⁾等を行なって流れの構造と壁面せん断力分布との関係を検討してきた。その結果、二次流セルの配列とせん断力の波状分布が対応しており、せん断力分布形状より流れの構造が推定されるという結論を得ている。しかしながら、二次流セルは間欠的に発生しその発生位置が不確定である上にセルそのものが横断方向に揺らぐという特性が流れの可視化結果により指摘されており、これら両者の関係を詳細に検討するためにはせん断力の変動と作用方向の変動を計測することが必要となる。本報は、せん断力の変動を計測することを目的とし、フィルム状温度センサーを用いた計測法の検討を行った結果を示したものである。

2.計測装置および方法： せん断力計測法は直接測定法と間接測定法に大別されるが、計測の容易さ・応答特性の良さなどの条件を考慮し、間接測定法の一つであって熱損失とせん断力の関係を利用したフィルム状温度センサーによる方法を用いた。センサーはGust⁴⁾らが 5000mの海底において用いたものと同様の物であり、 $1.52 \times 2.54\text{mm}$ の範囲に櫛状にプリントされたニッケル線をエポキシ樹脂でコーティングした厚さ約0.05mmのフィルム状でホットフィルムと同様に応答特性が良い。

図-1に示すようにアクリル製の円柱にセンサーを張り付け、センサー面の高さが水路床と一致するように設置して計測を行なった。なお、用いた水路は、幅50cm、長さ15mであり、下流より5mの位置で計測を行なっている。せん断力の検定は、水路勾配一定のもとで流量を変化させ、 $\tau = \rho g R I$ で計算されるせん断力とセンサーの出力電圧の関係を用いて行なった。図-2は、3種の温度差 T_0 についてのせん断力と出力電圧の関係を示した結果であり、これらの関係が一次式で表わせることとここに示した T_0 の範囲では温度補正が一次式で行なえることを示している。

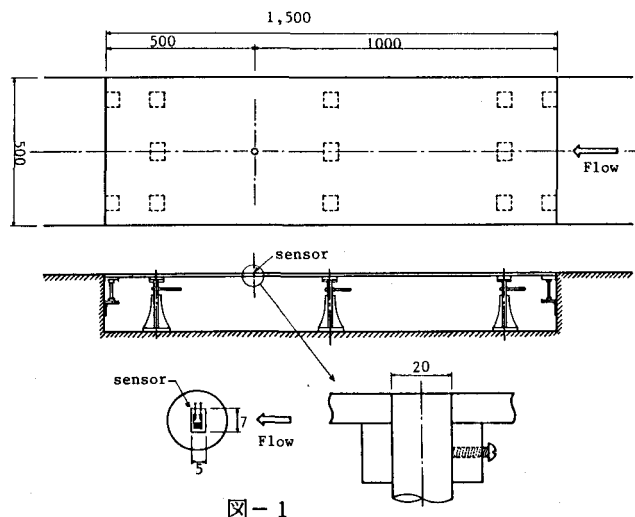


図-1

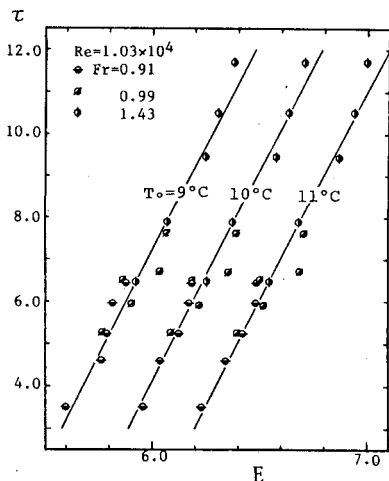


図-2

Hirotake IMAMOTO, Taisuke ISHIGAKI, Hiroshi SAKAMOTO

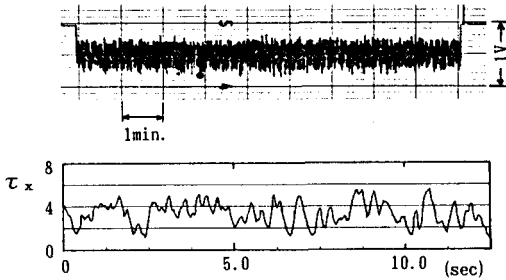


図-3

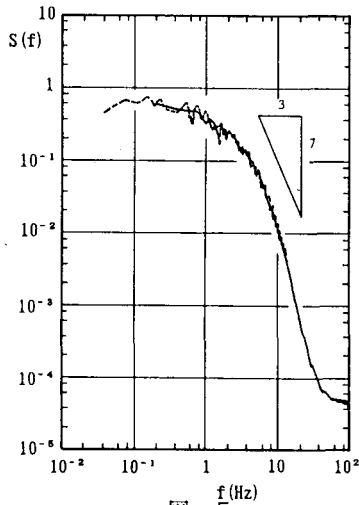


図-5

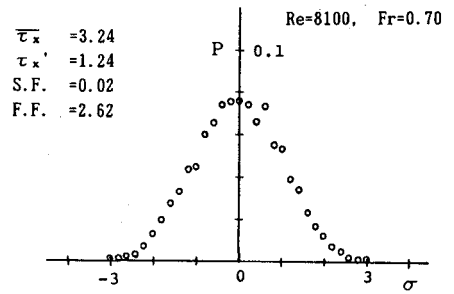


図-4

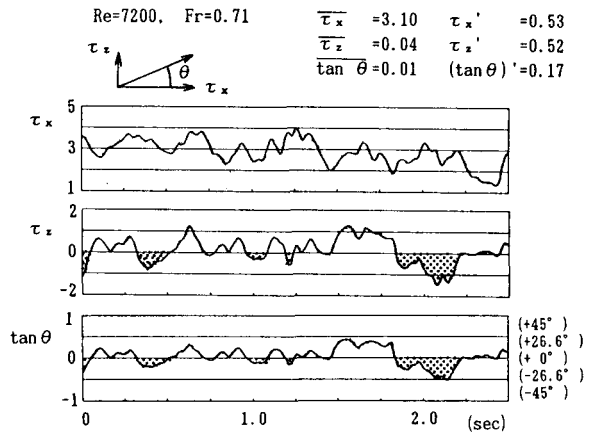


図-6

3. 底面せん断力の変動特性： 図-3に変動波形を、図-4に確率分布を示す。図-3の上段は約9分間の波形記録を示したものであるが、計測時の水温がほぼ一定であったことを考慮するとホットフィルム特有的ごみ付着による出力ドリフトが殆ど認められず安定した出力が得られている。また、下段には20Hzでサンプリングした変動波形を示しており、微小変動も捉えられている。図-4の確立分布を見ると正規分布に近く他の研究者の結果と比べて歪み度・尖り度とも小さな値を示している。このようなセンサーを使用する場合には、①Sensor averaging effects, ②Artificial site effects の2種の効果が計測結果に影響すると言われているが、ここに示した結果では①の影響によるものと考えられる。一方、図-5に示した変動成分のエネルギースペクトルの計測結果を見ると、 $-7/3$ 乗則の成立する領域の存在が認められ、高周波数の変動まで計測されていることが確認される。このような計測においては、計測結果が底面近傍の速度か、せん断力そのものか、と言う議論が常に行なわれるが、両者は一義的な関係にあり、このような計測はせん断力の変動特性を検討する方法として有効なものである。センサーに指向性のあることが確認されたため、2枚のセンサーを流れ方向に対して $\pm 45^\circ$ に設置し、2成分計測を試みた結果を示したものが図-6である。流れ方向成分 τ_x 、横断方向成分 τ_z 、及び作用方向 $\tan \theta$ の変動記録を示しており、作用方向の平均は主流方向であるものの標準偏差で約 10° 、最大では 20° を超える変動をしていることが示されている。

4. おわりに： 今後は本計測法の妥当性を流れの三次元性の顕著な場で行ない、その結果に基づいて流れの構造との関係を検討して行く予定である。

参考文献 1) 今本・石垣：京大防災年報29B-2, 1986. 2) 今本・石垣：京大防災年報26B-2, 1983. 3) 西田・今本・石垣：全国大会Ⅱ-201, 1988. 3) Gust, G. & G. L. Weatherly, Jour. Geophysical Research, Vol 90, May, 1985.