

京 都 大 学 大 学 院 学 生 員 福 井 淳 太
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

1. は じ め に： 従来、開水路流れの壁面せん断力はプレストン管等を用いた点計測が行なわれ時間平均値について検討されてきた。しかしながら、流れの3次元性のため壁面せん断力は一様な分布とならず流れの内部構造と壁面せん断力分布との関係を検討するには分布形状を瞬間的に促える必要がある。本報告は、複断面流れの内部構造を壁面せん断力分布より検討することを目的とし、著者らが長方形断面水路に用いた可視化法による壁面せん断力分布計測法^(1,2)を複断面水路に適用した結果を高水敷先端法面勾配 θ が 90° と 45° の場合について示し、両者の差異について比較検討している。

2. 実 験 方 法： 実験には、幅20cm、長さ8mの一部アクリル製の木製直線水路内に高さ2cm、幅12cmのアクリル製高水敷を左岸側に設置した複断面水路を用いた。また、高水敷先端法面の勾配を $\theta = 90^\circ$ および $\theta = 45^\circ$ とし、表-1に示した水理条件のもとで実験を行なった。

以下に実験方法を示す。図-1に示すように直径0.05mmの白金線を壁面から約0.3mmの位置に設置し、50msの間隔で発生させた水素気泡により形成されるタイムラインを鉛直上方および水平側方に置いた35mmスチルカメラにより約30枚の撮影を行なった。なお、白金線はアクリル製高水敷に埋め込んだ直径0.42mmの針によりサポートし壁面より0.3mmの位置に設置した。このようにして得られたタイムラインの間隔をディジタル化にて量子化した値を用いて局所速度 u を求め、 $\tau = \mu du/dn$ として壁面せん断力 τ を算定した。なお、 μ は粘性係数、 n は壁面からの鉛直距離を示し、 $n=0$ で $u=0$ としている。^(1,2)

3. 実験結果および検討： 図-2は、高水敷先端法面上に形成されたタイムラインを水平側方に設置したカメラにより撮影した一例を示したものである。 $\theta = 90^\circ$ の場合と $\theta = 45^\circ$ の場合を比較すると、 $\theta = 90^\circ$ の場合には低水路底面近傍(写真下側)に比し高水敷面側(写真上側)のタイムライン間隔が広がっているのに対し、 $\theta = 45^\circ$ の場合は低水路底面側の間隔が広くなり大きな差異を示している。なお、高水敷上および低水路底面においては θ の違いによる顕著な差は認められなかった。

図-3は各ケース約30枚撮影したタイムラインの間隔より算定した壁面せん断力の平均値 τ およびその変動成分 τ' を $\tau = \rho g R I$ で無次元化して示したものである。ここに、 ρ は密度、 g は重力加速度、 R は径深、 I は勾配である。 $\theta = 90^\circ$ の場合、高水敷先端法面を除くとほぼ一様な分布を示しているが、高水敷先端法面では法面下端より上方に単調増加し高水敷先端で最大となる分布をしている。この結果は Myers & Elsayw³⁾の結果と定性的に一致している。一方、 $\theta = 45^\circ$ の場合には、高水敷先端法面を除くと $\theta = 90^\circ$ の場合と同様に一様な分布となっているが、法面では下端側で最大となり上方に向って単調減少している。このような結果を比較する従来の研究には見当たらないが、Ghosh & Roy⁴⁾が台形断面水路にて計測した結果(法面下方部に最大値が生じる)と定性的に一致している。

表-1 水 理 条 件

Case	$\theta(^{\circ})$	I	Q(l/s)	B(cm)	H(cm)	b(cm)	h(cm)	Re	Fr
C-1	90	1/456	1.292	20.00	3.99	12.20	2.00	4077	0.55
C-2	45	1/462	1.301	20.00	4.00	12.60	2.10	4172	0.65

θ : 法面勾配
I : エネルギー勾配
Q : 流量
B : 水路幅
H : 低水路水深
b : 高水敷幅
h : 高水敷高
Re : レイノルズ数
Fr : フルード数

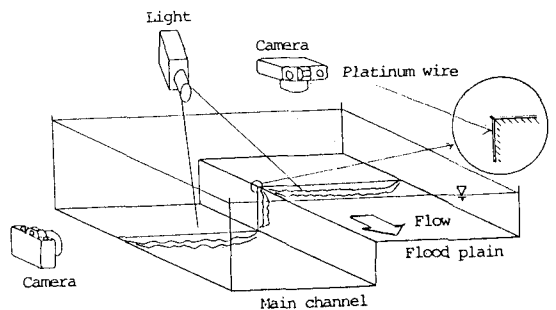


図-1 実 験 装 置

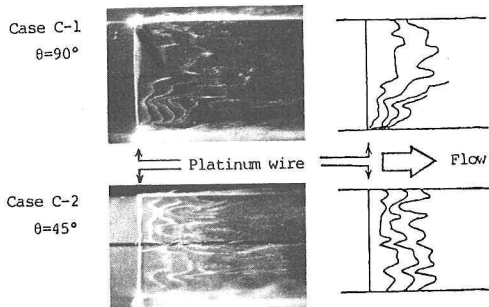


図-2 タイムライン撮影例

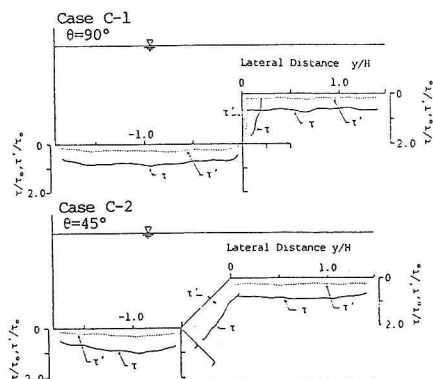


図-3 平均壁面せん断力分布

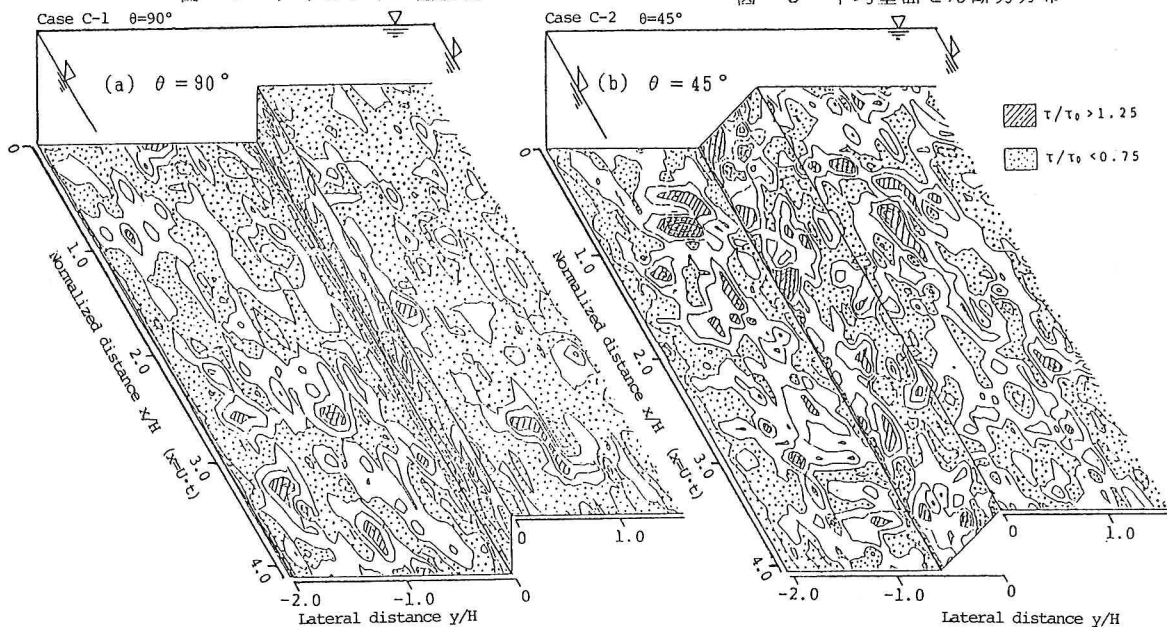


図-4 壁面せん断力の平面分布

図-4 (a), (b) はそれぞれ $\theta = 90^\circ$ および $\theta = 45^\circ$ の場合について毎秒3.8コマの連続撮影より得られる壁面せん断力の経時変化に基づき、分布状況をコンターで示したものである。なお、撮影条件の制約により全潤辺についての同時撮影ではなく、低水路底面と高水敷面および高水敷先端法面に分けて撮影を行った。コンターは $\tau/\tau_0 = 0.25$ ピッチで描き、低壁面せん断力部と高壁面せん断力部をそれぞれ $\tau/\tau_0 < 0.75$ と $\tau/\tau_0 > 1.25$ により区分している。図よりいずれのケースにおいても低壁面せん断力部と高壁面せん断力部が横断方向および流下方向に交互に配列され、瞬間的な壁面せん断力分布の非一様性が確かめられる。高水敷上および法面上の分布では、いずれのケースにおいても高水敷先端に低壁面せん断力部が間欠的に見られ、斜昇流の存在がうかがわれる。また、高水敷先端法面下側の分布は $\theta = 90^\circ$ の場合と $\theta = 45^\circ$ の場合では大きく異なり、 $\theta = 45^\circ$ の場合に高壁面せん断力領域が流下方向に連なり図-3に示した平均壁面せん断力分布形状が定常的に認められる。

以上をまとめると、複断面開水路流れでは、低水路と高水路の境界に存在する斜昇流に起因した低壁面せん断力領域が高水敷先端近傍に間欠的に現われる。また、高水敷先端法面の勾配によっては法面下端近傍に高壁面せん断力領域が定常的に現われる。このことは河川工学上重要な問題であり今後詳細な検討を加えていく予定である。

参考文献：1) 今本・石垣：京大防災研年報，28B-2, 1983. 2) 今本・石垣：28回水理講演会論文集, 1984. 3) Myers, R.C. & E.M. Elsayy: ASCE, Vol. 101, HY7, 1975. 4) Ghosh, J.H. & N. Roy: ASCE, Vol. 96, HY4, 1970.