

II-201

台形断面開水路流れの流況特性について

京都大学大学院 学生員 西 田 雅
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：開水路流れは、自由水面の存在、壁面せん断力の非一様性等の境界の作用が流れの内部構造に深くかわるため複雑な流況を呈し、組織的な乱流構造の存在が指摘されている。本研究は、側壁が法勾配を有する台形断面開水路流れの構造を捉えることを目的として、カメロン撮影による表面速度分布の可視化および掃流トレーサー法を用いた壁面せん断力分布の定性的評価を行ない、側壁法勾配が流れに及ぼす影響について検討したものである。

2. 実験装置および方法：(1) カメロン撮影 実験に用いた水路は幅39cmの亚克力製水路で、三角形断面の側壁を水路内に敷設して台形断面とした。側壁法勾配は側壁と水平面のなす角 θ を用いて $\cot\theta$ で表わす。トレーサーにはアルミ粉を塗布したおが屑を用いて撮影し、1ケースにつき15組の写真を得た。このうち各ケース1組から写真測量用図化機(WILD AVIOMAP AM H)により瞬間流速分布図を作成した。この方法により、プローブ計測では不可能な水面での流速を求めることが可能である。また他の写真からは、簡易な図化機を用いて、峰線（流速の極大位置を示す線）の発生位置に関する検討を行なった。水理条件を表-1に示す。

(2) 掃流トレーサー法による壁面に作用するせん断力分布の定性的検討 掃流トレーサー法とは、側壁および底面に設けた4cm幅の間隙を移動床部分とし、掃流される粒子の個数を潤辺沿いに数えることにより壁面せん断力分布を評価する試みである。用いた河床・側壁材料は、平均粒径1mm、比重1.6の球形粒子（スラッジライト）で、水中安息角は 31° である。実験は、掃流状況をビデオカメラで記録した後、モーションアナライザーを使って移動粒子数を数えた。

3. 流況特性：図-1は、カメロン撮影による表面流速の等速度線図を $\cot\theta=0, 1, 3$ のケースについて示したものである。各ケースに共通の特徴として横断方向に高速部と低速部が交互に並んでいるのが見られる。またこれらは流下方向に連なっている。視覚的に分かり易いように3次元的に表現したのが図-2であり、先の指摘がより明確である。このような特徴は流れの組織的構造（渦構造あるいは2次流構造）と関連するものである。低速部は下方からの低速流体の上昇を示すものであり、逆に、高速部では流体が下降するとの推測が可能である。次に示す図-3は、等速度線図上に流下方向測線を設け、1cmピッチで速度を数値化し、その平均をとることにより得られた水面での平均速度の横

表-1 水理条件表

Case	$\cot\theta$	$Q(L/s)$	$R(cm)$	$B(cm)$	$R(cm)$	$U_b(cm/s)$	$U_{max}(cm/s)$	Re	Fr	z_0
A0	0	8.539	4.00	39	3.32	54.87	60.57	15000	0.876	1/410
A05	0.5	7.376	3.98	36	3.31	54.25	60.43	14500	0.880	1/408
A1	1.0	8.079	3.92	32	3.23	57.85	61.84	15300	0.959	1/399
A2	2.0	6.910	3.99	27	3.10	55.73	58.39	13900	0.947	1/403
A3	3.0	5.630	3.98	21	2.86	52.12	58.95	12300	0.922	1/404
A4	4.0	4.521	3.99	15	2.59	49.31	64.46	10500	0.915	1/405
B2	2.0	3.196	4.02	28	3.14	24.88	—	6400	0.420	1/416
B3	3.0	2.990	3.96	22	2.88	27.02	—	6800	0.478	1/416
B4	4.0	2.319	4.04	16	2.65	23.82	—	6100	0.438	1/416

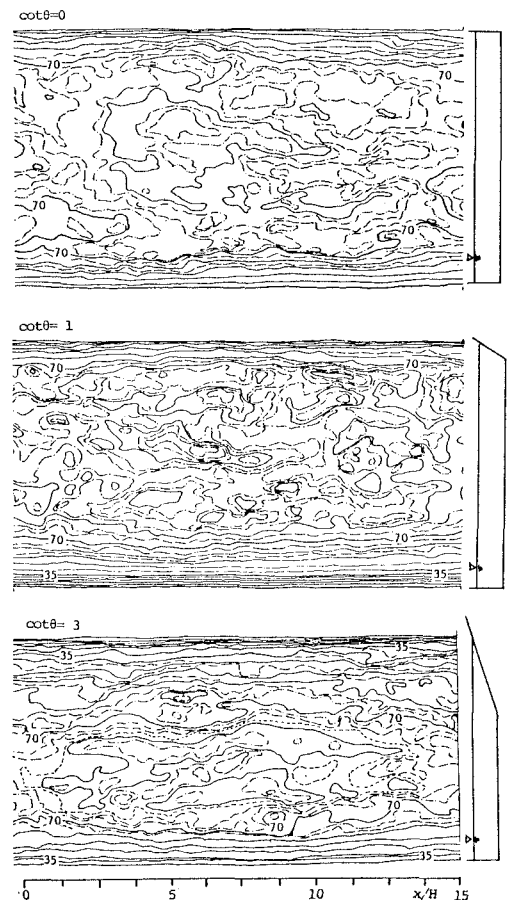


図-1 水面における等速度線図

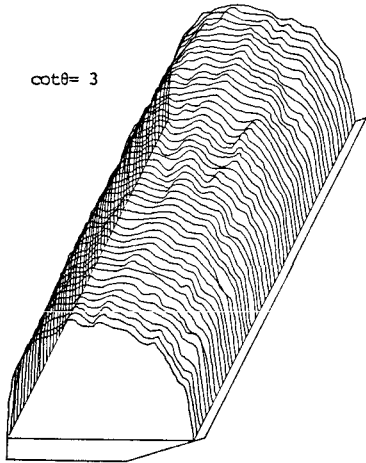


図-2 速度の横断分布

断分布の例 ($\cot\theta = 3$) である。この縦断方向の平均値は、時間平均にはば等しいものと考えられる。分布形は波状を呈しており、これは先に示した速度分布の非一様性が、組織だったものであることを示唆している。図-4は、数値化した速度から乱れ強さを求めたものである。多少のばらつきはあるものの、やはり波状に分布し、鉛直側壁から水深程度離れた位置付近、法尻上および法側壁上で大きな値を示しているのが特徴である。つぎに峰線の発生位置頻度分布を図-5（水面上）に示す。 $z/H=0.25, -1.0$ 付近にピークが存在する。この位置は図-3においても流速が極大値を取っている位置であり、流れの集中・下降が高い頻度で発生していると考えられる。

3. 壁面せん断力分布特性：斜面上に置いた粒子は水平面上の粒子より不安定であるため、掃

流トレーサ法では法側壁上のせん断力を過大評価することになるが、定性的な分布特性を評価することは可能であろう。図-5の壁面側に示したのが粒子移動の発生頻度分布である。大きな値を示している位置の上方の水面では流速も極大値を示しており、水深規模の下降流の存在が推定される。さらにこのことは水深規模の縦渦の存在を示唆しており、その配列をモデル化したものが図中の矢印である。

4. おわりに：カメロン撮影の結果を詳細に解析することにより、水面での流速分布・乱れ速度分布を求めうる事が示された。側壁が法勾配を持つ開水路流れでは、法尻付近に壁面せん断力の極大値が存在し、これに対応して法尻上方の水面での流速が極大である。さらに法側壁上にも壁面せん断力が大きくなる点があり、これはその上方で流速が大きいことに対応するものである。これらは流れの内部構造に起因するものであり、図-5のような縦渦の存在が推測される。

最後に、速度コンターの図化にあたり（株）日建技術コンサルタントの方々に多大なご協力を得ました。ここに記して感謝いたします。

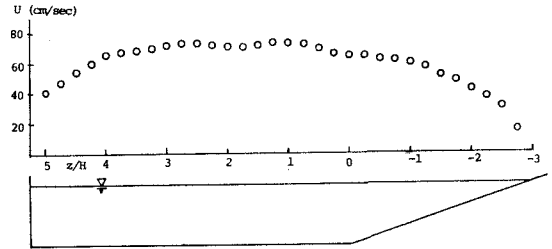


図-3 平均速度の横断分布

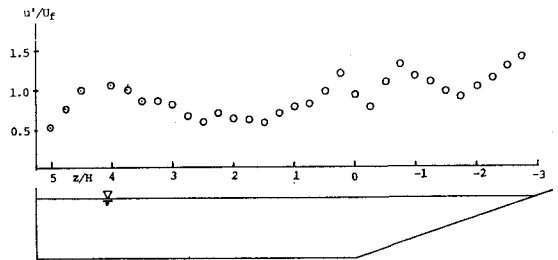


図-4 乱れの強さの横断分布

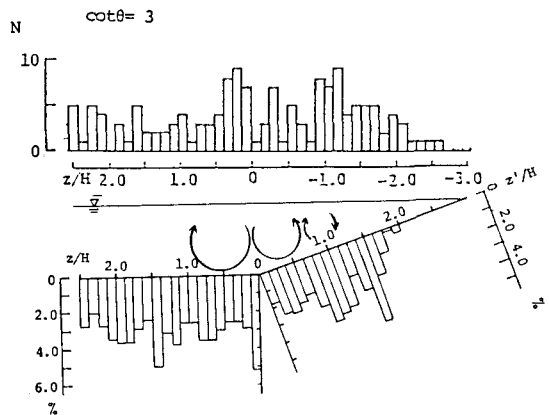


図-5 峰線の発生位置頻度分布・
掃流トレーサ移動個数分布・
流れの渦構造