

レーザー流速計による堰のまわりの流れの計測

長崎大学工学部

学生員 ○ 森元賢哉

中本 陽

長崎大学海洋生産科学研究科

正員 薦田廣章

1.はじめに

剪断流中に物体が存在する場合、流れはその物体のまわりで大きく乱れ、物体背後ではさらに複雑な流況を呈する。その乱れの状況は物体の形や大きさ、あるいは流れの条件によって変化する。そこで、本研究は長方形断面開水路内に台形の堰を挿入し、台形堰まわりおよび台形堰背後の乱流諸量を実験により解析した。なお、流速は2次元レーザードップラー流速計を用いて計測した。

2.実験装置および実験方法

本実験では長さ 5.50 m、高さ 0.6 m、幅 0.3m の長方形断面開水路を用いた。水路床および水路壁はアクリル製である。なお水路勾配は一定とした。水深は上流端のバルブの調節によって設定可能であり、流量は水路下流端に設置された検定用四角堰の越流水深から算出した。この開水路内に台形堰の模型を挿入し、レーザー流速計により台形堰のまわりの水平方向平均流速と鉛直方向平均流速を計測し、乱流諸量を算出した。計測断面は図-1に示す8断面とし、各断面の計測点は水路床近傍は 1mm 刻みに、水面近傍は 10 mm 刻みに選点した。また、堰上の断面C、D、Eは、水面近傍を5 mm 刻みに選点した。主な実験条件を表-1に示す。なお本実験は乱流の常流を対象とした。

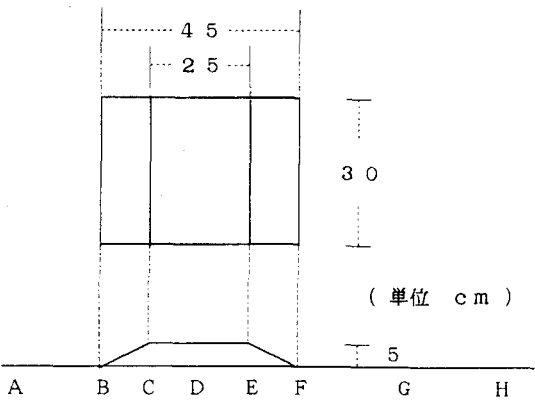


図-1 計測断面および堰の模型

3.実験結果および考察

一例として、CASE 3 の場合の各断面における水平方向平均流速分布を図-2に示す。ここで、水平方向平均流速は断面Aの断面平均流速 U_m で無次元化し、水路床から計測点の距離 y は各断面の水深で無次元化している。以下に各断面の特徴を述べる。断面A、Bではほぼ対数則に従っている。断面Cでは、台形堰斜面に沿って上がってきた流れが水路床近傍に集中して流入するため、水路床近傍が大きい三角形分布になる。断面D、Eではほぼ対数則に従った分布をしている。断面Fでは逆流が存在している。順流と逆流の境界は $y/h =$

表-1 実験条件

	Q (cm^3/s)	H (cm)	U_m (cm/s)	U^* (cm/s)	$\nu \times 10^{-2}$ (cm^2/s)	Re	Fr
CASE1	4300	9.53	15.10	1.09	0.907	15900	0.156
CASE2	6200	11.15	18.54	1.23	1.070	19300	0.177
CASE3	7230	11.80	20.42	1.32	1.070	22500	0.190
CASE4	7570	11.70	21.57	1.39	1.130	22300	0.201

0.3 ~ 0.4 である。断面Gでも逆流が存在し、順流と逆流の境界は $y/h = 0.2$ である。断面Hでは逆流は存在していないが、台形堰の影響で対数則には従わずほぼ直線分布になっている。さらに、鉛直方向平均流速分布と併せて検討すると、台形堰の背後に渦が発生していることが確認できた。これは、断面Eで境界層

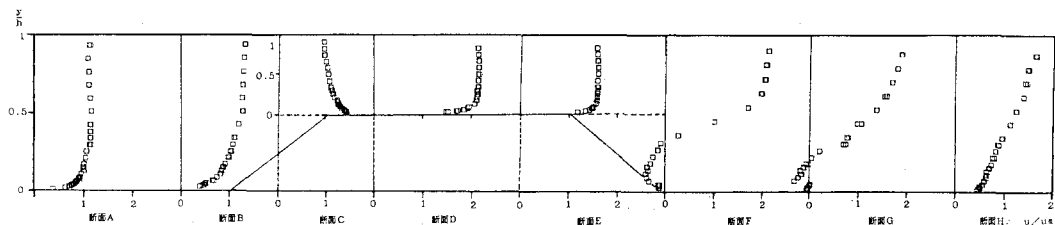


図-2 各断面の水平方向平均流速分布

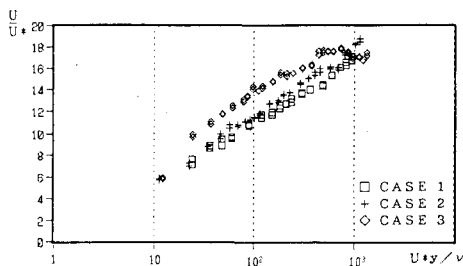


図-3 水平方向平均流速分布 (断面A)

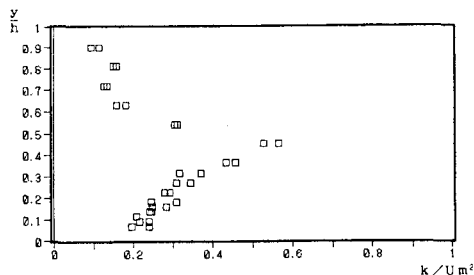


図-4 乱流運動エネルギー分布 (断面F)

の剥離現象が起こっているために、台形堰上を流れてきた水塊が断面F、Gの水路床近傍に潜り込み逆流となる。そして、その逆流した水塊が台形堰の下流側斜面を昇っていると考えられる。次に、断面Aの水平方向平均流速を片対数グラフにプロットし、最小二乗法により直線近似して、その勾配から摩擦速度を求めた。その結果は表-1に示している。この結果を用いて $y^+ (=U^*y/\nu)$ と $u^+ (=U/U^*)$ との関係を求めた。その結果を図-3に示す。次に、堰の背後の断面F、G、Hの乱流運動エネルギー分布を図-4、図-5、図-6に示す。乱流運動エネルギーは $k = 0.5 (u'^2 + v'^2 + w'^2)$ で計算されるが、本実験では奥行き方向の乱れ速度 w' を計測していないため、 $v = w'$ と近似して算出した。台形堰の背後では各断面とも順流と逆流の境界付近で著しく大きな値となっている。また、乱流運動エネルギーの大きさは、下流に行くに従いだいに減少している。

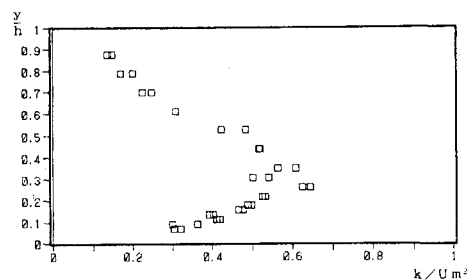


図-5 乱流運動エネルギー分布 (断面G)

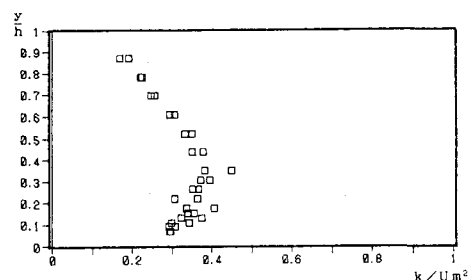


図-6 乱流運動エネルギー分布 (断面H)

4. おわりに

今回の実験でレイノルズ応力を算出した結果、分布状況に規則性が見られず信頼できる値とは言えなかった。レイノルズ応力の計測方法は今後の課題である。