

開水路側壁にあかれた垂直平板周辺の流れに関する実験的研究

秋田大学 土木工学科 正員 石井 千万太郎
 学生員 ○ 早川 敏彦
 学生員 竹内 公人

1. はじめに 本研究は、開水路側壁にあかれた垂直平板の背後に形成されるはく離領域の形状がFroude数によりどのように変化するかを検討するために行なわれた。また、著者の一人は、そのはく離領域の形状を予測するために図-1のモデルを提案しているが¹⁾、Froude数によるはく離領域の形状の変化を、そのモデルのパラメーターでどのように説明することができるかを検討するため、平板周辺の流れに対して、流速分布、水深分布、流向などの測定が行なわれた。

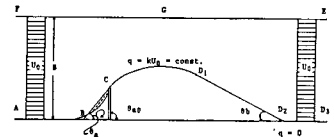


図-1 解析モデル

2. 実験装置と測定機器 実験水路は幅 $B=39.6\text{ cm}$ 、長さ 8 m の可傾式水路で、垂直平板は長さ $l=4\text{ cm}$ ($B/l=10$)、厚さ 5 mm のアラスチック製で、水路上流端から 3.5 m のところに設置された。流速測定はプロベラ型流速計を用いて行なわれたが、平板下流のはく離領域の内部では一点の流速でも正逆の流れが生じるため、篠塚製作所製の超小型正逆プロベラ型流速計 (SV-3W型、プロベラ径 $\phi=3\text{ mm}$)を使用した。流向測定は平板先端部では染料の投入、その他のところでは糸片を用いて目視観察により行なわれた。

3. 実験方法 実験は、平板設置前に実験区間の流れを等流状態とし、その後、平板を設置して流れの測定が行なわれた。平板設置前の流れは、他の水理条件をなるべく変えることなくFroude数のみを変化させるために、各実験ケースで流量を変えたとき、水深を変化させないように水路のこう配と水路の下流端のセキ板で調節した。また、水路の横断方向の流速分布は、各実験ケースともその形状が自然な形状で相似となるように水路上流部の可変整流板により整流した。実験はFroude数を変えて3ケース行なわれたが、その実験条件は表-1に示されている。

case	Q (l/sec)	B (cm)	h (cm)	l (cm)	T ($^{\circ}\text{C}$)	B/l	U _m (cm/sec)	Fr U _m /gh	Re U _m h/ ν
1	1.251	39.6	4.00	4.00	20	9.9	7.9	0.126	3.13×10^3
2	3.672	39.6	4.00	4.00	20	9.9	23.2	0.370	9.18×10^3
3	4.982	39.6	4.00	4.00	20	9.9	31.4	0.502	12.46×10^3

表-1 実験ケース

4. 流速分布と境界流線 流速計の向きはその点の流向とは関係なく水路方向に向けられ、流速分布は

水路方向の流速 u の分布が測定された。また本研究の流れは水路方向(x)と水路横断方向(y)の二次元流れとして取扱われているので、流速は水深方向(z)で平均されたものでなければならない。その水深方向の平均流速は三点法により求められた。そして、流速分布は、平板上下流に水路方向に垂直な横断面を十数ヶ所とって測定されている。次に境界流線は、これらの平板下流の横断面の流速分布から、次に示すどちらかの式により境界の位置を求め、各横断面の境界流線の位置を示す点を連ねることにより境界流線を求めた。

$$\int_0^h u h dy_1 = 0 \quad \text{--- (1)}$$

$$\int_0^h u h dy_2 = Q \quad \text{--- (2)}$$

ここで、 y_1 と y_2 はそれぞれ平板側壁と平板側壁を原点として水路中央部に向って正の方向とした座標で、 h は、それぞれ y_1 座標における境界流線の位置である。 $h \geq 10$ では(1)式、 $h < 10$ では(2)式が用いられた。また流速分布として、後述される u の値の推定のために、上述のようにして得られた境界流線上の速度 u の分布も測定されている。

5. 実験結果 図-2には、平板周辺の流速分布の例として、ケース1の場合の流速分布が示されている。そして、図中には流速分布から前述の方法によって計算された境界流線も示されている。図-3には、境界

流線のFroude数による変化の状況を調べるためにケース1, 2, 3の境界流線が示されているが、Froude数の増加により、はく離領域の長さが大きくなり、逆にはり出しは小さくなる傾向にあると思われる。図-4は

ケース1, 2, 3の境界流線上の流速 u の分布を图示したものである。この図から $u = \text{const}$ とみられる

流線の長さ S ,
すなわち図-1
に示されている
モデルのパラメ
ーター $\lambda = S/l$
を推定しなければ
ならない。
本実験3ケース
とも入 4.0
~6.0の範囲に

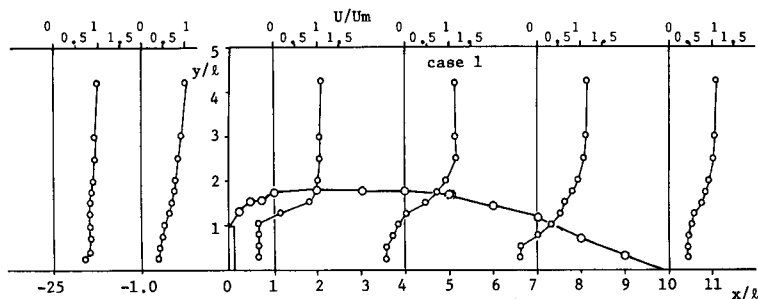


図-2 流速分布および境界流線

あると思われるが、グラフからはっきりと λ を決定することは難しく、Froude数の影響も明確ではない。

そこで、それぞれのケースに対応する境界流線の計算では、 $\lambda = 5.0$ と仮定した。次に、平板先端の境界流線の出発角度は、染料の投入による目視観察の結果、ケース1で 60° 、ケース2, 3で $55^\circ \sim 60^\circ$ の値が得られており、Froude数の増加にともない入射角度が減少する傾向をうかがわせる。図-1の解析モデルの4つのパラメーター B/l , λ , θ_a , K のうち B/l , λ , θ_a は、以上の流れの測定から適当に決定されるが、 K については適当な設定方法が考えられていないので、上述のように決定された他のパラメーターに対し数種の K の値を与えて流線を描き、それと実験で得られた境界流線と対応させる値を推定した。(図-5, 6, 7)ここで、ケース1は、染料の投入実験より $\theta_a = 60^\circ$ を得ているが、図-5に示した流速分布から得られる境界流線の平板先端の形状より $\theta_a = 70^\circ$ が適当と思われるのでこれを採用している。これより、ケース1は $K = 1.39 \sim 1.41$ 、ケース2, 3は $K = 1.41 \sim 1.43$ と推定される。このことからFroude数が増加すると、 K の値も増加するものと思われる。

<参考文献> 1) 石井: 有限幅の開水路の側壁におかれた垂直平板背後のはく離領域の形状について、第25回水理講演会論文集、1981。

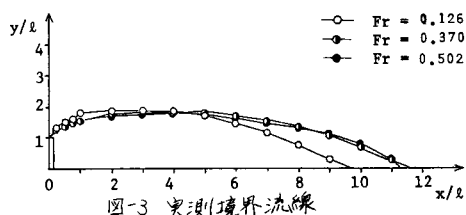


図-3 実測境界流線

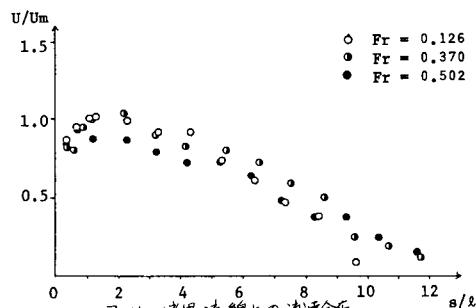


図-4 境界流線上の流速分布

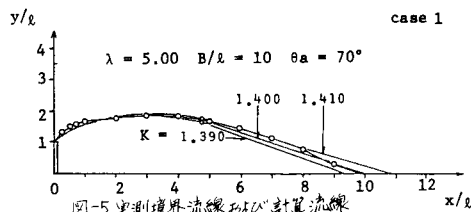


図-5 実測境界流線および計算流線

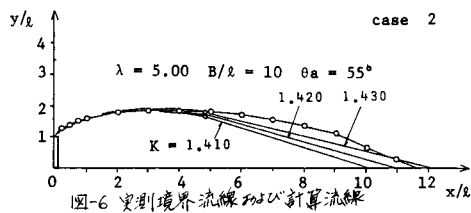


図-6 実測境界流線および計算流線

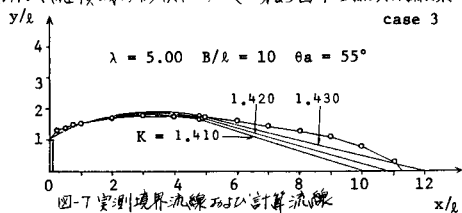


図-7 実測境界流線および計算流線