

垂直平板背後のはく離領域の形状の水理特性について

秋田大学 土木工学科

正会員 石井 千万太郎
 学生会員 加藤 清高
 学生会員 石山 清
 学生会員 川平 高久

1. はじめに

開水路の側壁から流れに垂直に平板を出すと、図-1に示すように、平板の前後にはく離領域を生じる。平板背後のはく離領域については、既述の研究¹⁾により；(1)水面の変化が小さい常流遷移の場合、フルード数によるはく離領域の形状の変化がほとんど見られない。(2)はく離領域の相対長さ x_r/l は、 l/B の増加に伴ない減少する。(3)側壁近くの非一様流部の厚さの増加は、はく離領域の長さ x_r を減少させる。(4)はく離領域の相対長さ x_r/l は、水深と平板長の比 h/l の増加に伴ない減少する。などの水理特性が知られている。本研究は系統的かつ詳細な室内実験を行ない、これらの特性を検証しようとしたものである。

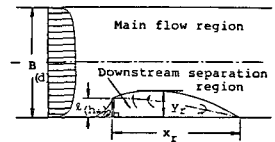


図-1

2. 実験装置および測定機器

実験用水路は有効長さ8m、有効幅39.6cmの循環式可変勾配水路を用いた。平板は5mm厚、長さ3~16cmのアクリル樹脂板を使用した。また水路上流端に整流板を設けて流れを整流し流速分布を調整している。水路幅の縮小には木製板の隔壁を用いている。流速測定には超小型逆送アロパウ流速計(アロパウ径φ=3mm)、水深測定には北式ポイントゲージと、流向測定にはトレーサー(ウォーターブルー)をそれぞれ使用した。

3. 実験方法

境界流線の決定；流速分布は、平板の上下流に水路方向に直角にとられた横断面で水路方向の流速 u の分布が測定された。本研究の流れは水路方向(X方向)と水路横断方向(Y方向)の二次元流れとして取扱われているので、流速 u は水深方向(Z方向)で平均されたものである。水深方向の平均流速は三点法を用いて求められている。

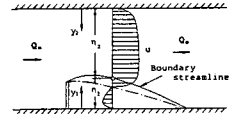


図-2

。平板下流のはく離領域の形状を示す境界流線は、横断面毎の流速分布と水深分布から、次式(1)を用いて η_1 または η_2 を計算し、横断面毎の η_1 または η_2 の点を連ねることによって得られる。

$$\int_0^h u h dy_1 = 0 \quad \text{or} \quad \int_0^h u h dy_2 = Q_0 \quad \text{----- (1)}$$

ここで式中の記号は図-2に説明されている。また、(1)式の右辺 Q_0 の代わりに、0.95 Q_0 ~0.10 Q_0 を用いて η_2 を計算して他の6本の流線を求めた。このようにして得られる流線によって示される水深方向の平均流れのパターンの例を図-3に実線で示している。

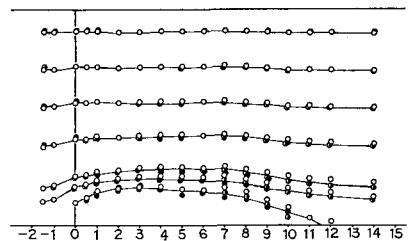


図-3

これに対して、図中の点は、上層・中層・下層それぞれの流速分布から計算された流線の位置を示すが、それによると、主流部ではほぼ一致しているのに対し、境界流線近くではそのズレが大きくなり、境界流線近くでの流れの三次元特性を示している。しかしながら、境界流線を流速測定によって求めるにはかなりの測定時間を要するので、簡便法としてトレーサの投入によって主流部の流れとはく離領域との色分けをし、目視によって境界流線を求める方法を併用した。この方法ははく離領域の下流部における大きな乱れの存在により形状が不正確と

なりやすい。そこで、reattachment point については、水路側壁に沿って平板設置側壁に最も近い点 ($y_1=0.5\text{cm}$) の流速測定を行ない、その決定に正確を期している。図-4には流速分布の側と上つの方法によって求められた境界流線が示されている。この図より、トレーサー投入によって求められた境界流線は、流速測定によって求められた境界流線とほぼ似た形状を得ることができた。

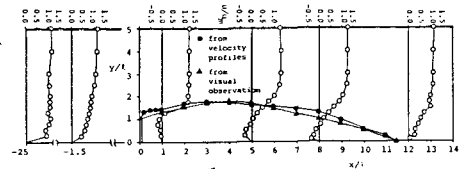


図-4

4. 実験結果

個々の水理特性量について検討を行なうため、他の水理量を変化させないように系統的な実験を行ない下記の実験結果を得ている。

case	Q (l/s)	B (cm)	h (cm)	T ($^{\circ}\text{C}$)	u_m (cm/s)	Fr [$u_m/\sqrt{gh}$]	Re [$u_m h/\nu$]
1	1.251	39.6	4.00	20	7.9	0.126	3.13×10^3
2	2.576	39.6	4.00	15	16.3	0.260	5.62×10^3
3	3.672	39.6	4.00	20	23.2	0.370	9.18×10^3
4	4.982	39.6	4.00	20	31.4	0.502	12.46×10^3

表-1

(1)フルード数の影響について、

表-1のCASE1~4の流れに $l=4\text{cm}$ の平板を設置し、フルード数による離領域の形状の変化を検討した。流速測定より得られた境界流線を図-5に示す。この結果を見ると、CASE1とCASE2~4の境界流線はほぼ一致している。CASE1については、平均流速 $u_m=7.9\text{cm/s}$ と他のケースよりかなり小さく、超小型逆逆アロウ流速計の測定範囲外の流速となるところが多か、たものと思われる。フルード数は境界流線の形状にはほとんど影響を及ぼさないと云える。

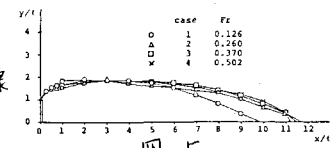


図-5

(2) l/B の影響について、

表-1のCASE2の流れについて、 l/B のみを変化させるために、 $l=4\text{cm}$ の一定長として、隔壁を用いて B を変化した。図-6に l/B の変化による離領域の形状の変化を示すが、 l/B の増加により離領域が小さくなっている。図-7は Paramod, Rajendra & Manharan (1980)²⁾ が整理したデータに著者らの実験結果を示している。 l/B の増加による x_r/l の減少が確かめられる。

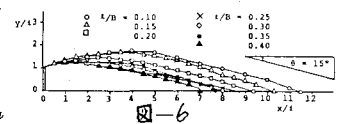


図-6

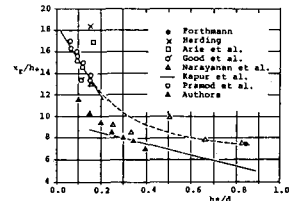


図-7

(3)非一様流部の影響について、

側壁と路床の境界面相互作用によって決まる非一様流部の厚さは、水深の増加によっても増加する。従って、水深と平板長の比 h/l の増加は非一様流部の増加におよびかえて考えることができる。非一様流部の影響については、CASE2の流れに対して非一様流部の流れを変化させることなく、 l を変化させ l/B を一定に保つために隔壁を移動させてはく離領域の形状の変化を調べた。図-8に h/l (h : 非一様流部の特性長) の変化による離領域の形状の変化を示す。図によると、 h/l の増加による離領域の相対長 x_r/l が減少していることがわかる。

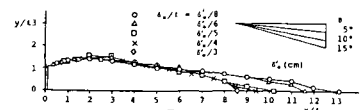


図-8

5. おわりに

上述の結果は平板設置前の流れが対称流速分布形を示すものであった。しかしながら、実際の開水路では特に調整しないが非対称であることが多い。非対称流速分布の影響がどのようなものであるか、今後検討を重ねたい。本実験に関し、多大なる御助言を頂いた秋田大学 茂田 宏教授に感謝致します。

<参考文献> 1)石井:開水路側壁におかれた垂直平板背後のはく離領域の水理特性について、第26回水理講演会論文集, 1982. 2)Paramod, K. P., Rajendra, P., and Manharan, L. A.: "Flow past Fence in Turbulent Boundary Layer," ASCE, HY1, 1980.