

水路床粗度による平板背後のはく離領域の形状変化

秋田大学 ○ 学生員 和田 真
学生員 星 尚 克
正 員 石 井 千万太郎

1. はじめに

乱れの強度の増加により平板背後のはく離領域の大きさが減少することが知られている。¹⁾開水路流れにおいて乱れの強度を変化させるには水路床粗度を変化させることが考えられる。本実験では数種の水路床粗度に対する平板の背後に形成されるはく離領域の形状と流れの乱れの強度を実験により求め、それらの関係を検討している。

2. 実験装置および実験方法

本研究の流れを模式的に示したのが図-1である。室内実験に使用された水路は、有効長8 m、幅0.8 m、深さ0.02 mのアクリル樹脂製の長方形断面水路である。水路床粗度を变化させるために、滑面のアクリル樹脂製床板と砂礫径 d が $d=(2.5 \sim 5.0) \times 10^{-3} \text{ m}$ 、 $(5.0 \sim 10.0) \times 10^{-3} \text{ m}$ 、 $(10.0 \sim 20.0) \times 10^{-3} \text{ m}$ の砂礫をそれぞれ水路床に密に敷きならべた3つの粗面(それぞれ粗面A、粗面B、粗面Cと呼ぶ)を用いた。平板設置前の流れは、ほぼ水深0.08 mであり、図-2は平板設置予定位置の断面の流速分布がある。平板は長さ $l=0.08 \text{ m}$ であり、水路方向に直角に突き出されている。平板背後のはく離領域の形状を示す境界流線は、染料を投入し、目視によって求めた。また、流れの乱れの強度は平板設置前の平板設置断面 $x=0$ の $y=l$ と $y=B/2$ (水路中央) とで水深方向に1割間隔で測定された。なお、乱れの強度測定にはホットフィルム流速計(日本科学工業製)を使用し、データはサンプリングタイム0.02秒、データ数8192個で処理されている。

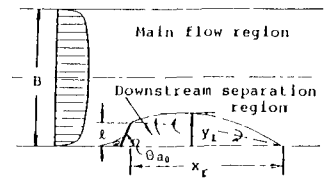


図-1

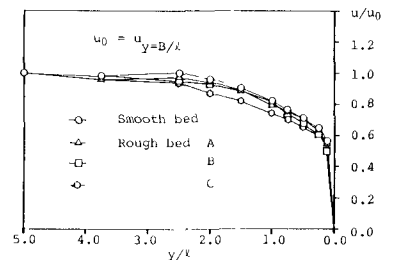


図-2

3. 実験結果と考察

図-3は実験によって得られた水路床粗度の変化による平板背後のはく離領域の形状である。また、各水路の摩擦速度 U_* 、相当粗度 K_s 等を表-1に示した(但し、滑面の K_s は粗面の状態として取り扱った場合である)。図-4は実験によって得られた水深方向の相対乱れの強度の分布である(U_m は断面平均流速である)。図-4の相対乱れの強度の分布は粗面Aと粗面Bの乱れの強度が逆転しているが(これは測定の際に何らかの誤差によって生じたものと考えられる)粗度の増加は乱れの強度を増加させることを示している。さらに、

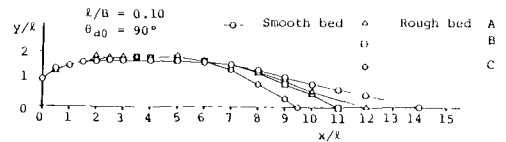


図-3

表-1

滑 面	$d(\text{cm})$	$U_*(\text{cm/sec})$	$K_s(\text{cm})$	$U_* K_s / l$
滑 面		0.96	0.050	4.1
粗 面 A	0.25~0.50	1.48	1.114	142.1
粗 面 B	0.50~1.00	1.74	1.580	237.0
粗 面 C	1.00~2.00	2.76	7.346	1747.8

図-3と図-4から、乱れの強度が増加するにつれてはく離領域の長さ x_r はreattach角 θ_0 が増加する形で減少する傾向にあることがわかる。つまり、図-3と図-4に注目した限りでははく離領域の形状の変化は粗度の変化による乱れの強度の影響だけによるものと考えられ、二次元管路の実験の結果¹⁾と同様に開水路流れでも乱れの強度の増加は、はく離領域の長さを減少させる効果があると言えよう。一方、図-1に注目すると粗面 C の流速分布形だけが他の3つの分布と形が異なっている。これは粗度の増加によって増加した

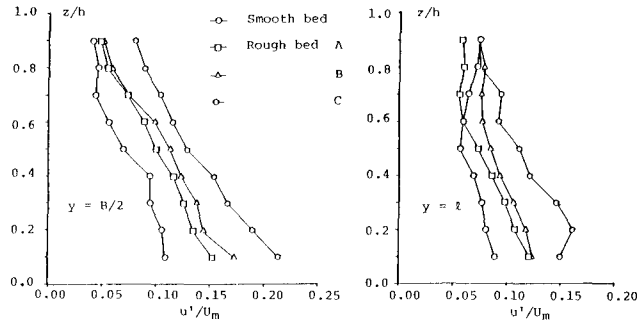


図-4

表-2

実験者	h/d	x_r/h	$\sqrt{U^2}/U_\infty$
Hading	0.11	18	0.5
Arie & Rouse	0.115	16.8	1.5

h 平板の高さ
 d 流れの深さ
 U_∞ 無限遠点での平板の影響を受けない流速

のは乱れの強度のみではなく、非一様流部の厚さも増大していることを意味している。非一様流部の厚さの増加は、reattach角 θ_0 を増加する形ではく離領域の長さを減少させる²⁾ことが知られている。このことから、本実験においてはく離領域の形状を変化させたのは粗度の増加による乱れの強度だけではなく、粗度の増加による非一様流部の厚さの増加も考えられる。換言すれば、粗度の増加により乱れの強度が増加し、かつ非一様流部の厚さも増加し、それらによってreattach角 θ_0 が増加する形ではく離領域の長さ x_r が減少したことになる。さらに付け加えるならば、表-2の二次元管路での相対乱れの強度とはく離領域の相対長の関係を調べた実験結果¹⁾からわかる様に相対乱れの強度が3倍に増加したにもかかわらず、はく離領域の相対長はわずかに減少していない。このことから、乱れの強度は平板背後のはく離領域の形状を支配する本理特性量の一つではあるが、それ程効果が大きい本理特性量とは言えないと思われる。それゆえ、本実験において乱れの強度とはく離領域の関係としてとらえることは困難であろう。

4. おわりに

今回の実験から水路床粗度の増加は、乱れの強度と非一様流部の厚さを増加させ、それらの増加によりはく離領域の長さはreattach角を増加する形で減少することが明らかになった。今後はさらに広い範囲の水路床粗度に対する実験を行い、はく離領域の形状変化を把握し、また、非一様流部の厚さを変化させる実験を行い、著者の一人によって提案されているモデル³⁾によって非一様流部の厚さの変化によるはく離領域の形状の変化を明らかにすれば、乱れの強度の変化によるはく離領域の形状の変化も明らかになるであろう。

(参考文献)

- 1) Narayanan, R., and Reynolds, A. J.: "Reattaching Flow downstream Leaf Gate" ASCE, HY6, 1952.
- 2) 石井・岸: 開水路側壁におかれた垂直平板背後のはく離領域の本理特性について、第26回水理講演会文集, 1982
- 3) 石井: 有限幅の開水路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回水理講演会文集, 1981