

二次元ステップ上の流れにおける3次元流況の形成機構

徳山高専	正員	山本 恭子
"	"	大成 博文
"	"	佐賀 孝徳
山口大学	"	斎藤 隆

1. はじめに

2次元粗度の典型としてステップ流れがある。この流れについては、ステップの形状や配列によって流体抵抗が変化することが明らかにされている¹⁾が、その原因や抵抗増減の機構についてはいまだ未解明点が少ない。本研究では、ステップ比が1:2および1:4の流れにおいて、レイノルズ数を変化させ、その秩序構造が可視化法を用いて解明された。その結果、ステップ上の流れにおける3次元流況の形成に、壁縦渦²⁾の形成が非常に重要な役割を果たすことが明らかにされた。

2. 実験装置および実験条件

実験に用いた水路は、幅10cm、深さ15cm、長さ2mの透明アクリル製の開水路で、勾配は1/25に設定されている。2次元粗度には、1cm角のアクリル棒がピッチ比1:2(CASE-B)1:4(CASE-C)に敷かれた2種類の板が使用された(図1)。可視化法にはハロゲンスリットによる断面視法が用いられた。縦断面視および横断面視の方法の概略がそれぞれ図2、3に示されている。トレーサーには比重1.005に調節された蛍光染料(フルオレセンナトリウム)が用いられた。Table 1に実験条件を示す。

3. 縦断面視の結果

ピッチ比1:2における縦断方向の可視化写真が図4に示されている。同図(a)はRe数が400の場合で、粗度内において粗度高さと同スケールの渦が粗度間において形成されている。主流は、粗度間の流れと完全に分離しているようである。(b)はRe数が600の場合である。粗度内の形状、粗度内と主流部の分離状況は殆ど(a)と変わらないが、粗度内の渦の回転速度が速くなり、時折り、ステップ間から流体がわずかに下流の粗度前縁付近で飛び出すことが認められた。さらにRe数を増して(c)(Re数800)の場合になると、主流部と粗度の相互作用が活発となり、主流に縦筋(streak)が形成される。図5はピッチ比1:4における縦断面視の結果の一例である。(a)では粗度間では時計回りの循環流を呈しており、主流部とはほぼ分離しているが、ときどき粗度前縁付近で流体の入り込みが見られ、1:2の場合と比較して不安定性を増している。(b)のRe数600では、粗度間の流れは、前部と後部の2つの領域に分割される。(c)のRe数700になると粗度間の流れと主流部の交換も激しくなり、粗度間の流れの構造は複雑かつ不安定なものとなっている。全般的にピッチ比1:2の場合と比べてより低Re数で粗度間の流れと主流部との相互作用が開始されるようである。図6には、ステップ間から流体がとび出す周期の頻度分布が示されている。ステップ比1:4では、Re数が増加すると周期が減少していることが明らかである。また、ステップ比が小さくなると、流体飛び出しの周期が大きくなることも明らかである。

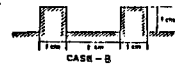
4. 横断面視の結果

図7にピッチ比1:2における二次元ステップ上の流れの横断方向可視写真が示されている。流れの方向は写真面の向こうから手前であり、この写真から粗度近くに壁縦渦²⁾の形成が明らかである。注目すべき点は、縦渦の付

Table 1. 実験条件

CASE	Re	H(cm)	U _m (cm/sec)
B ピッチ比 1:2	1 400	4.3	1.2
	2 600	4.3	1.8
	3 800	4.3	2.4
C ピッチ比 1:4	1 430	4.3	1.1
	2 650	4.3	1.4
	3 690	4.3	1.8

1:2



1:4



図1 ステップの縦断面

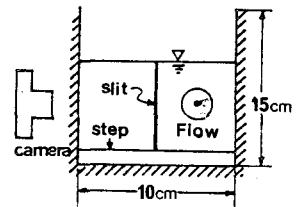


図2 縦断面可視化法

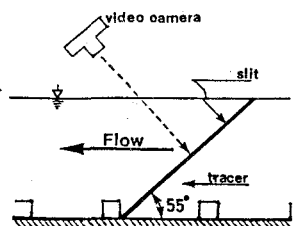


図3 横断面可視化法

根が粗度内の領域に達していることである。この壁縦渦はレイノイズ数の増加にともない激しく上下左右に揺動するが、縦渦が上方に移動した際に粗度間の流体は縦渦の付根方向へ運ばれ、粗度間の横方向の流体輸送が壁縦渦によって誘起されていることが明らかである。

参考文献

- 1) 椿 東一郎：二次元粗度の流体抵抗について、山口大学工学部学報，第10巻1号
- 2) 大成 博文・佐賀 孝徳・斎藤 隆：開水路乱流内層の縦渦構造，土木学会論文集，第363号

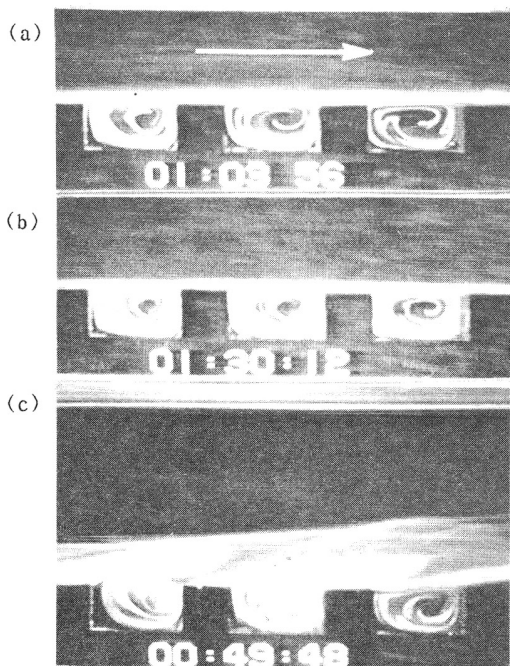


図4 縦断面視(ピッチ比 1 : 2)
(a) CASE B-1 (b) B-2 (c) B-3

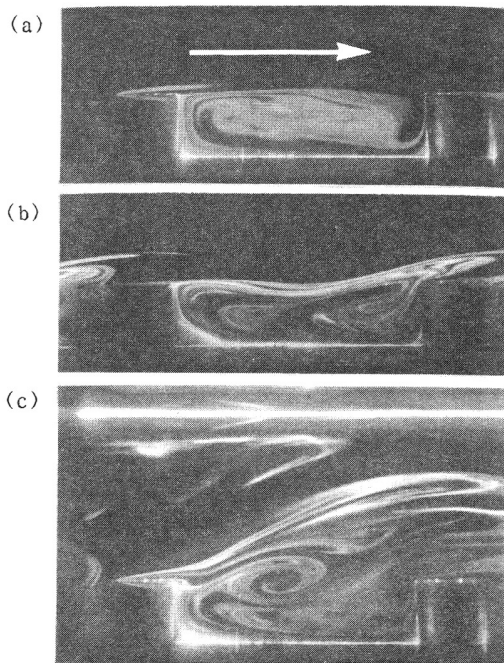


図5 縦断面視(ピッチ比 1 : 4)
(a) CASE C-1 (b) C-2 (c) C-3

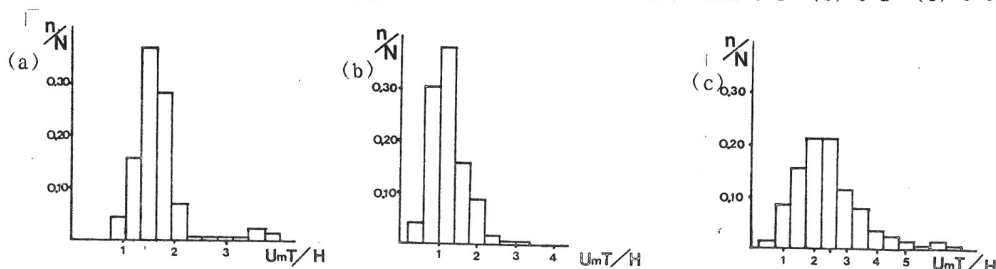


図6 ステップ間から流体が飛び出す周期の頻度分布 (a) CASE-2 (b) C-3 (c) B-3

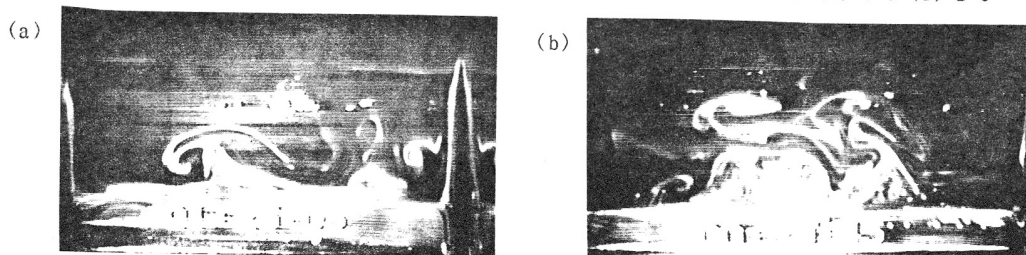


図7 横断面視(ピッチ比 1 : 2) (a) CASE B-2 (b) CASE B-3