

徳山高専 正員 大 成 博 文
 徳山高専 正員 佐 賀 孝 徳
 徳山高専 正員 渡 辺 勝 利
 山口大学 正員 斎 藤 隆

1. はじめに

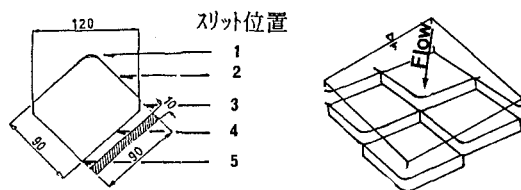
洪水流の基本的な特徴のひとつとして並列らせん流¹⁾の存在が知られている。この流れは、「ウロコ床」と呼ばれる3次元粗度上の流れで最も安定的に形成され、ウロコ床粗度の幾何学的スケールと水深の相対的な関係がその形成に重要な役割を果たすことが明らかにされている¹⁾。ところが、この並列らせん流の内部構造や形成機構についてはいまだ不明な点が少なくなく、その解明が洪水流の本質的理解や制御の問題に極めて重要であるとされている²⁾。本研究では、これらの未解明点を明らかにするために、可視化法を用いて、ウロコ床粗度上に形成された秩序構造の特徴が詳察された。その結果、並列らせん流の内部構造や形成機構に関する2, 3の重要な知見が得られた。

2. 実験方法

実験には、幅60cm、長さ10m、深さ15cm アクリル製開水路が用いられた。ウロコ床には木下¹⁾と同タイプ³⁾のものが採用された。各ウロコ片のサイズは縦横9cm、厚さ1cmで、このウロコ片が水路の床に約500枚(幅60cm、長さ6m)ほど固定されて敷きつめられた。実験は、まず比較的高水深で行われ、ウロコ床粗度上で並列らせん流が形成されにくい水理条件が選択された。これは、並列らせん流を構成する流体運動の素過程を究明するためであり、水深を一定にして($H=7.5\text{cm}$)流れのレイノルズ数を4種類変える実験および流量一定で水深を4種類変える実験の2通りが行われた(Table 1)。可視化法には蛍光染料注入による断面視法³⁾や平面視法、さらにはアルミ粉法が用いられた。撮影には主にビデオテレビカメラが用いられ、可視化画像が連続的に収録された。図1に実験装置の概略が示されている。

Table 1 実験条件

CASE	Re	H (cm)	$bn^{2/3}/H$
A-1	800	7.5	0.4
A-2	1000	7.5	0.4
A-3	2000	7.5	0.4
A-4	4000	7.5	0.4
B-1	4000	3.0	1.0
B-2	4000	5.0	0.6
B-3	4000	10.0	0.25



3. ウロコ床粗度上の流れの秩序構造の特徴

図2には、蛍光染料注入法による平面視の結果の一例が示されている。流れ方向は左から右で、ウロコの中央部に染料が集中している様子が蛍光ランプの照射の下で一際鮮明に写し出されている。ウロコ床粗度近くに発生した筋状のstreakは、水表面に向かうにしたがって発達し大規模化しているようである。これらの平面形象の内部構造が横断面視によって詳しく検討さ

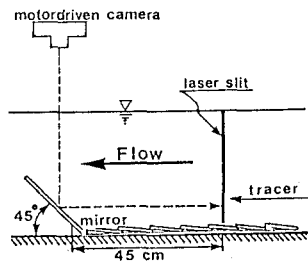


図1 実験装置の概略

れた。

図3, 4には、それぞれレイノルズ数が1000と2000の場合のウロコ前端部の地点における横断面視の一例とそのスケッチが示されている。これらより、ウロコのほぼ中央部において、壁縦渦³⁾が水深方向に階段状に並んで存在する構造が明らかである。これを壁縦渦の「階段構造」と呼ぶ。この階段構造の階段数は、レイノルズ数が増大するごとに増える傾向にあり、それが1000の場合は3階、2000の場合は4階を呈するようである。このように、レイノルズ数と階段構造には重要な相互関係があり、上記の法則性は、より高いあるいは低いレイノルズ数においても認められた。これらの階段構造は、その発生頻度において平滑面上の流れよりも高く、ウロコ床粗度によって形成された秩序構造の重要な特徴のひとつであると見なし得る。また著者らは、壁縦渦と流速変動波形の相互関係を明らかにしており⁴⁾、それを踏まえると、この階段構造は水深規模の大規模な上昇流の形成に重要な役割を果たしているように思われる。さらに、この階段構造の両側をビデオ画像で詳しく観察すると、そこにはトレーサが存在しない場合が多く、相対的にはより高速の下降流が形成されていると考えられる。

もうひとつの重要な特徴は、上記の特徴を持つ階段構造がウロコ床粗度上で横方向に「揺動」を繰り返すことである。この揺動現象は、図5に示されたその周期の頻度分布特性からも明らかなように、一定の周期性を示すが、一方でレイノルズ数と水深の変化にも依存するようである。

4. おわりに

以上、壁縦渦の階段構造とその横方向への揺動は、並列らせん流の形成機構に関わる極めて重要な現象と考えられ、今後、それらのより系統的な究明が必要である。なお、本研究は、昭和62年度文部省科学研究費（一般(C)）の補助を受けた。記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 木下良作：石狩川開発研究部，1978.
- 2) 木下良作：土木学会論文集，第345号／Ⅱ-1，1984.
- 3) 大成博文他：土木学会論文集，第363号／Ⅱ-4，1985.
- 4) 佐賀孝徳他：土木学会論文集（掲載予定），1988.

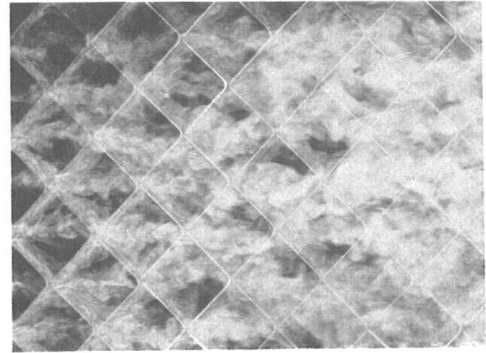


図2 蛍光染料注入法による平面視（CASE A-4）

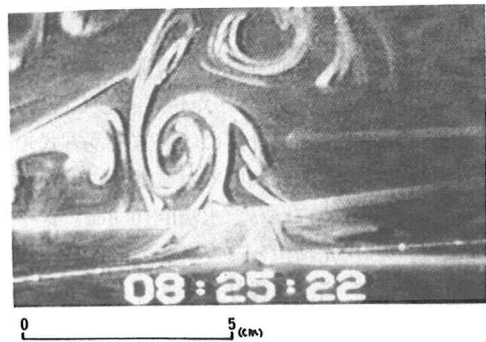


図3 横断面視（CASE A-2，スリット位置：1）

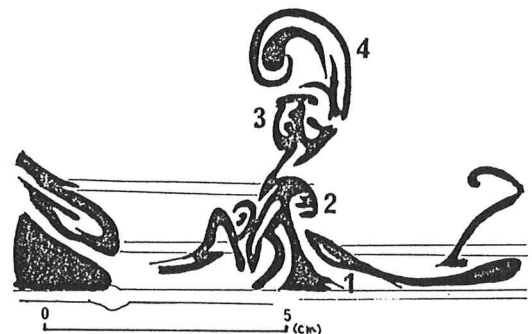


図4 横断面視のスケッチ（CASE A-3，スリット位置：4）

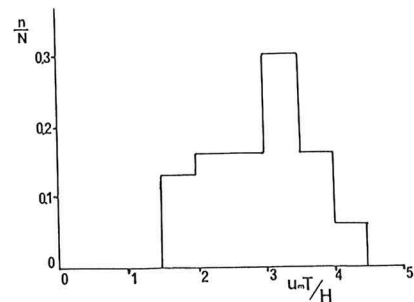


図5 揺動周期（CASE A-3，スリット位置：4）