

河床波上の流れに形成された組織構造

徳山高専 正員 大 成 博 文

〃 〃 佐 賀 孝 徳

〃 〃 渡 辺 勝 利

山口大学 〃 斎 藤 隆

1. はじめに

従来より、河床波の形成に乱流構造が重要な役割を果たすことが指摘されている。なかでも上野は、砂澁の発達に‘斜めらせん流’が寄与することを明らかにし、その存在の有無が砂澁と砂堆の区別に大きく関係することを指摘している¹⁾。一方、河床波をモデル化したウロコ床粗度上でも、粗度の幾何学的スケールと水深の相対的關係によって二次流れの構造がかなり変化することが示されている²⁾。前報³⁾において、著者らは、このウロコ床粗度上の流れに形成された組織構造を考察し、その特徴が、水深方向の‘階段構造’と横方向への‘揺動現象’にあることを明らかにした。

そこで本研究では、これらの結果を踏まえながら、いまだ不明な点が少なくないと思われる砂澁上の流れに形成された組織構造の特徴について若干の考察が試みられた。可視化法には、横・縦断面視法およびそれらの同時併用がなされた。

2. 実験方法

実験には、幅60cm、長さ10m、深さ15cmの開水路が用いられた。河床砂には平均粒径0.175mmの豊浦標準砂が用いられ、上下流7m、厚さ2cmに渡ってそれが水路内に敷積められた。砂澁形成の実験条件は、上野の砂澁と砂堆の領域区分図¹⁾をもとに決定された。図1はその一例であり、この砂澁の形状特性や時間的变化特性が従来の結果と大きく変わらないことが確かめられた。そこで、砂澁が形成され、その時間的变化がほとんどなくなった状態で、流れ場は可視化が可能な水理条件下の流れに変えられた。このような操作によって、本実験によって明らかにされた組織構造は、より厳密にはほぼ固定された砂澁上の流れの組織構造に関するものと見なすことができるであろう。表1に本実験条件を示す。

可視化法には、蛍光染料を用いた横・縦断面視およびその同時併用が採用された。これらの個々の手法の詳細については前報³⁾にあり、ここでは省略する。

3. 砂澁上の組織構造の特徴

図2～4には、砂澁上の流れに形成された組織構造の横および縦断面視の一例がそれぞれ示されている。これらの写真からも明らかなように、きわめて複雑な組織構造の横・縦断面形象の存在が示されている。



図1 砂澁の平面視 (CASE A)

表1 実験条件

Case	Q	Re	H	$\nu \times 10^{-2}$
A	8635	13240	5.5	1.087
B ₁	1800	2760	6.0	1.087
B ₂	1800	2760	6.0	1.087
B ₃	1700	2600	6.5	1.087

CASE A: 河床波形成実験

CASE B: 可視化実験

さて、これらの組織構造の特徴を考察する際に最も重要でかつ難しい問題は、砂漣の粗さ要素に起因した組織構造と主流に形成された組織構造とを区別して考察することである。これを詳細に明らかにするには膨大な系統実験と考察が必要であり、ここでは2、3の定性的特徴の指摘に留める。

図2には、砂漣上の流れの横断面形象が示され、写真下部の中央にそのクレストが、下部左右に谷部がそれぞれ位置している。説明を容易にするために同写真下にスケッチが示されている。これらより特徴的な挙動は、左右谷部への下降流が頻繁に形成され、それが谷部底面に衝突して、谷を上昇する流れを形成していることである。これは、壁縦渦の横断面形象の移動として観察され、それがクレスト部に壁縦渦が集中する原因となるようである。この集中された壁縦渦は、さらに上流から流下してきた壁縦渦群と複合し、より大規模な構造を形成していることが認められる。この谷部の壁縦渦の挙動が、上野の言う斜めらせん流¹⁾に類似しているように思われ、さらにクレスト上の大規模な組織構造は、ウロコ床で見出された‘階段構造’³⁾とも共通点を有するようである。

図3には、砂漣クレスト付近の流れの縦断面写真が示されている。この付近の砂漣は、右側の砂漣クレストの直上流部に谷部が存在する形状を示している。ここでは、すぐ上流の砂漣クレストから剥離した流れが比較的周期的にクレスト下部の背面に衝突し、その際に横渦構造が形成されていることが認められる。このような横渦構造の形成は、谷部からクレスト背面へ向かう流れで顕著に形成されるようであり、注目すべき特徴の一つと考えられる。

図4には、図3と同様に、砂漣上の流れ場全体の縦断面視の結果が示されている。これより、大規模な組織構造が流れ方向に傾斜して流下していることが明らかである。この大規模な組織構造は間欠的に形成され、その傾斜角度はほぼ20～40度程度を示している。

参考文献

- 1) 上野鉄男：開水路の大規模乱流構造と河床波に関する研究，京都大学学位論文，1983。
- 2) 木下良作：石狩川開発研究部，1978。
- 3) 大成博文他：ウロコ床粗度上の流れの秩序構造の特徴，中四国支部講演概要集，1988。



図2 横断面視 (CASE B 1)



図3 縦断面視 (CASE B 2)



図4 縦断面視 (CASE B 1)

流れ方向