

法政大学 正会員 西谷 隆恒

法政大学 正会員 牧野 立平

1. はじめに

移動床実験では、水理条件に応じて種々の河床形態が観察される。水面中に対して水深の小さい薄い流れでは単列あるいは複列砂レキ堆が形成される¹⁾³⁾。一方で、水深の2倍の間隔で形成される縦すじは、砂レキ堆形成時に較べると、勾配は緩く、水深の大きな時に顕著に形成される。しかしながら、この縦すじは、注意深く観察すると、他の中規模河床形態と並存して見られることが多い。縦すじの形成が、並列らせん流の存在によるものであり、流水の構造を解明する上で大変興味深い現象であることは木下の指摘するところである¹⁾。

本稿では、縦すじの形成についての実験観察を報告する。

2. 実験概要および観察

長さ40m、巾1mの水路に平均粒径0.072cmの砂を敷きならし、勾配(1/80~1/700)と流量(1.0~30ℓ/s)の種々の組み合わせにより行われた。実験データを勾配と流量に関してプロットしたのが図-2である。縦すじは、勾配1/250~1/700、流量3ℓ/s~18ℓ/sの範囲に分布している。勾配が緩く比較的水深の大きな領域で形成されており、流水に活発に掃流される部分では形成されにくいことが表われている。斜め稿子模様や砂レキ堆の場合は通水開始直後に型の萌芽が見られるのに対し、縦すじが形成される時の流水は、限界掃流力をわずかに超えた状態であるため、砂の移動状況が、縦すじと断定できるまで完全に発達するには、約1時間を要した。砂の移動は、流下方向、横断方向共に一様ではなく、掃流力は砂面上で不均一に作用していることが推測される。一度、縦すじが形成されると、砂の移動は整然となり、谷の部分では活発になり、筋のクレスト部では、ほとんど砂は動かないし、横方向への移動は見られなくなる。形成された縦すじは高低差が小さく、検出が難しいので、側方より光源で照射して影をつくることにより確認写真撮影を行った。砂連や砂レキ堆の形状が顕著になると、凹凸の小さい縦すじは観察しにくくなるが、縦すじの顕著な段階では、3つのパターンが見られた。(図-1)

(A) ほぼ河床全面に渡って縦すじのみが形成される場合

流れは非常に直進性が強く、水面の波立ちは小さい。縦すじが完全に発達すると砂の移動は谷になる部分が活発になる。

(B) 縦すじの他に小さなウロコが連続して前縁をなして形成される場合、前縁を境に小さな段差を生じるが縦すじの連続性はそなわれない。

(C) 水路中央で下流方向にひらいた交差縞が形成される場合

交差縞の段差は小さく直線的であり、縦すじも連続している。前縁が弓形になると縦すじの連続性は悪くなり、縦すじの形成間隔が下流に行くほど広がり、わずかに曲線になる場合もある。

流れに関しては、流線の直進性は強く、アルミニウム粉末を浮遊流

下させると、水面には縦すじが見られる。流量を増加すると、水路中央で交差する斜め筋あるいは菱型のウロコと縦すじが共存する。斜め筋やウロコが顕著になるに従い、縦すじは明瞭ではなくなるが、砂の動きは全面にわたり活発になる。さらに流量の多い場合には、部分的にウロコや横方向の砂堆列が形成され、縦すじは不明瞭となり、河床の凹凸がわずかに残る程度となる。

3. 考察

粗度係数と径深に関してプロットしたものを図-3に示す。縦すじは、砂レキ堆とは異なった領域にプロット

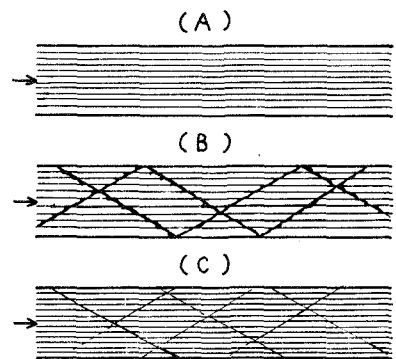


図-1 縦すじのパターン

されている。これは縦すじが、単列、複列砂レキ堆に比べ、水深の大きな部分で形成され、また形状的に抵抗が小さいと思われる。各形態の平均水深を比較したのが表-1である。水路巾Bはすべて共通の1.0mである。単列砂レキ堆、複列砂レキ堆とも巾Bに比して小さい薄い流れで形成されるが、縦すじに関しては砂レキ堆に較べある程度の大きさが必要である。また無次元掃流力 τ に関しては、縦すじは砂レキ堆に較べ小さな値で実験観察時の予想を裏づけている。

木下の文献¹⁾今回の実験観察結果をまとめると
1) 縦すじが形成されるときの流れは掃流力の小さな時で、比較的水深が大きく、安定するまでに時間を要する。

2) ダイヤ形のウロコ上に形成された縦すじは、単独で形成された場合にくらべ不明瞭となる。

3) 縦すじ上の流れは直進性が強くアルミニウムの粉末を水面に浮遊させると縦すじが現われる。

4) 河床に形成される縦すじの間隔は水深のほぼ2倍であり、高低差は小さい。

5) 直線的な前縁が形成されると、縦すじは前縁部分で最大傾斜方向へわずかに向きを変える。すなわち、主流線に平行に置かれる。

4. おわりに

薄い流れの構造に起因すると思われる縦すじは、河床面にも水面にも見られることが木下により指摘されて久しい。この直線的な縦すじが、水路横断方向に過る斜すじや斜め砂州(砂レキ堆)の形成にどのような寄与をしているか、また、並列らせん流と局所的な二次流の関連などは未だ明らかになったとはいえない。縦すじが他の乱れに攪乱されて明瞭でなくなる限界の水利条件を明らかにすることは、上述のことを解明する一つの基本的な事と考えている。

参考文献

- 1) 木下良作 石狩川河道変遷調査-参考編-科学技術庁資源局資料 36号, 1962年
- 2) 木下良作 並列らせん流に関する実験的研究, 北海道庁発局, 昭和52年3月
- 3) 拙著, 砂レキ堆の形成の初期段階の水量について, 第10回関東支部年次研究発表会講演概要集, pp67-68, 昭和58年1月

表-1

水路巾B = 100cm

縦すじ形成の平均水深	$h_m = 2.67\text{cm} \sim 4.02\text{cm}$
単列砂レキ堆形成の平均水深	$h_m = 1.83\text{cm} \sim 2.74\text{cm}$
複列砂レキ堆形成の平均水深	$h_m = 1.18\text{cm} \sim 2.06\text{cm}$

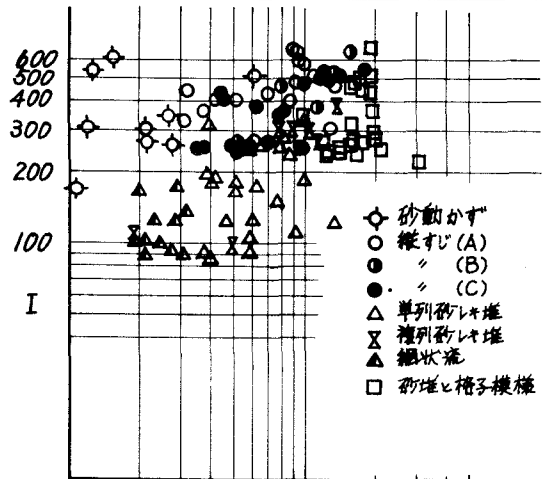


図-2 水面勾配と流量

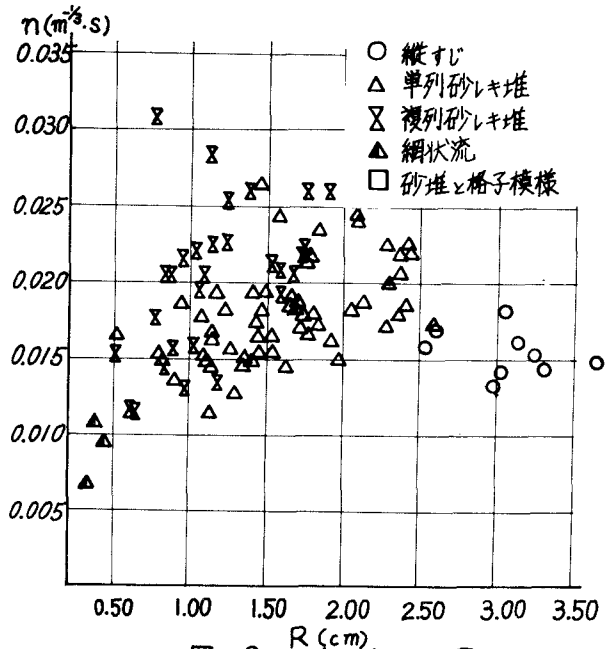


図-3 粗度係数と径深