

II-242 二次元河床波と三次元河床波の共存について

法政大学工学部土木工学科 正会員 西谷 隆亘
法政大学工学部土木工学科 正会員 牧野 立平

1. はじめに

水深が薄く水路幅の広い移動床上の流れで形成される河床形態は、水の流れの構造を反映して、海浜や砂丘の砂紋や風紋と異なり、流れの方向に比較的規則正しい。これらは掃流力の大きさと流れの規模により種々の形をとる。河床形態の分類については、土木学会水理委員会による文献1)で定性的に記述されている。小規模河床形態と中規模河床形態に大別して示され、各規模河床形態は各々、更に細分類されている。基本的には、規模の大小で区分されているが、『小規模河床形態は主として抵抗や流砂量に、中規模河床形態は主として流路変動に支配的な影響を与える。しかし、実験水路などで水路幅と水深と同程度の場合には小規模河床形態と中規模河床形態との規模が接近して、両者を明確に区別できなくなり、また中規模河床形態も粗度要素として重要な影響をもつようになる。』と述べているので、単なる形状規模のみによるものではないようではあるが、判然としない。しかも、文献1)の分類では小・中規模河床形態には類似の形態はないにも拘わらず、規模が接近すると区別できないという。また、共存については、遷移河床と遷移領域の項で砂漣と砂堆および平坦河床の共存に触れているに過ぎない。実際には、このような共存は意味がない。

三次元河床波である砂レキ堆の形成過程を実験でみると、砂粒が動き始めてから、斜め格子縞模様やウロコ状砂レキ堆、複列砂レキ堆というプロセスを辿って流れの規模と掃流力に見合った形態ができる(文献3)。途中に見られる河床変動の形態は、他の水理量を設定した別の実験により最終の姿として見る事ができるが、最終の姿として顕れるまでの時間は極めて短い。これらの形態はフラクタルなパターンであり、最小のパターンがいくつか統合されて、水理量に応じた規模の形態が顕れる『あがり出し効果』であると考えられる(文献4)。このことは既に、H.Engelsや木下らにより指摘されている(文献2)。

二次元的な河床波として、砂漣・砂堆・反砂堆・砂洲の分類がある。これらの中、砂堆と反砂堆は水面の位相と河床波の位相の関係でまぎれているようであるが、砂の移動の激しい実験ではフルード数が1を僅かに超える薄い流れの時のみ顕著な二次元河床波が発生する。この河床波は水理委員会の分類でいう反砂堆に相当する筈であるが、規模からいって砂堆と呼ぶにふさわしい。これは三次元河床波と同時・同一場所に共存する。Upper Regimeの二次元河床波は反砂堆・砂洲の二つである。この区別は明確であろう。一方、流れの規模や掃流力共に小さい時Lower Regimeで発生する砂堆は、砂漣との区別はつけ難い。

河床には斜め格子縞が生成され、それが大きく統合される時は三次元の砂レキ堆が形成され、水流は蛇行するが、流れの規模が小さく水流が蛇行しないで、斜め格子縞が横方向に崩れる時は二次元の砂漣や砂堆となる。このように見ると、規模の大小による小規模河床形態と中規模河床形態の区分は明せきではない。

限界掃流力の付近の流れでは、水深の約2倍の間隔で「縦すじ」が形成される(文献6),7)。これは流れが水深規模の螺旋流の細胞から成っている構造の間接的な証明である。流れの基本的構造を示唆した縦すじが河床波の基本パターンの1つであることは間違いないと思われるが、斜め格子縞との関係は判らない。縦すじが節を作って変形した結果が斜め格子縞となるのではないかとの疑いも持たれるけれども、縦すじと水深の約2倍の規模の斜め格子縞とは共存する(文献4)。

移動床実験では長い水路に水理的条件を均一につくり出すことは不可能で、部分的に様々な河床形態が同一実験で形成される。また、砂レキ堆の背の上に砂堆が載ったり、斜め格子縞ができたりにしていく種かの河床形態が共存する(文献5)。各種形態の共存は河川でも見られる現象である。河床形態の共存の様子を観察すると二次元河床波と三次元河床波の形成要因は異なるようである。従って、各形態の形成区分を実験で共存を考慮しないで一意には定め難いと思われる。本稿は河床形態共存の実験報告である。

2. 実験概要

実験装置は文献3)と同様である。今回は、河床勾配は著者らの経験で単列砂レキ堆ができる典型的な勾配である約1/130に固定し、定常流で実験毎に1.8l/sから順次約1l/sずつ流量を増加させ、掃流力と流れの規模を大きくした(図-1)。河床形態が出現した時点で通水を停止する。河床形態が出現するまでの時間はマチマチで注意を要する。

流量が増すにつれて複列砂レキ堆、単列砂レキ堆から砂堆へと形態が変化している様子がよく判かる。この勾配では単列砂レキ堆の形成範囲が可成り広く、砂粒が動き始めると即々に単列砂レキ堆

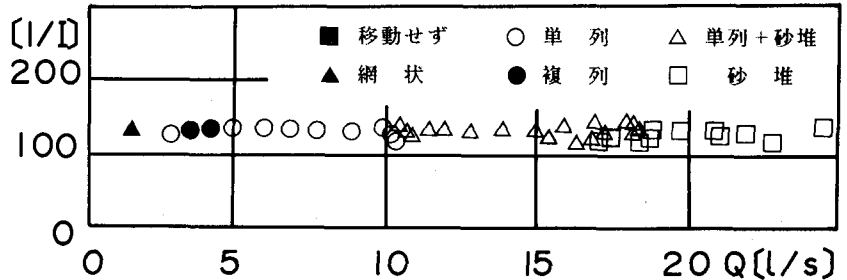


図-1. 実験範囲と結果

ができ、斜め格子縞やウロコ状砂レキ堆の形成は最終的な姿としては見られない。しかし、砂粒の動きに側方より光線を当て陰影を付け観察すると、斜め格子縞やウロコ状砂レキ堆の形を経て、単列砂レキ堆が形成されるのが見られる。また、単列砂レキ堆と複列砂レキ堆との不安定な移行区間は狭い。流量の大きな単列砂レキ堆と砂堆との移行区間も同様である。

3. 各形態の特徴

次に当該実験で観察された河床形態の特徴の要約を記す。

網状流 流量を少なくして薄い流れをつくろうとしても困難で、すぐこの形態ができる。

複列砂レキ堆 安定なものはできにくい。

単列砂レキ堆 移行区間では隣り合った形態と混在しやすく、前縁部分には縦すじや斜め格子縞あるいは線状跳水を伴った砂堆が瀬の部分に載り易い。水面には二次元的な孤立波に近い転波が部分的に奔る。

砂堆 水面には水路幅一杯に広がる二次元的な低い孤立波に近い転波が一定間隔で奔る。

これらの河床形態は常に二次元の河床波(砂堆)と共存する。

4. おわりに

実験の当初に平坦にした河床の砂は通水後は時間の経過と共に凹凸を生じ、水深や勾配などの水理量は場所的に不均等になる結果、局所的に種々の形態が発生する。河床形態の共存は流れの構造について多くのことを暗示しているが、これらの諸形態の中の何れと平均的な水理量を関連づけるかの判定は、微妙になる。水路の長さが充分でなかったり、砂の補給が適切でない場合には上流端の局所的な影響が過大に評価されるおそれがあるので注意が肝要である。

【参考文献】

- 1) 水理委員会移動床流れの抵抗と河床形状研究小委員会, 「移動床流れにおける河床形態と粗度」, 土木学会論文報告集, 第210号, pp.65-67, 1973
- 2) 木下良作, 「大井川牛尾地区河道計画検討報告書」, 建設省中部地建, PP.31-32, 1976
- 3) 拙著, 「複列砂レキ堆形成の水理条件」, 土木学会関東支部第5回年研, pp.77-78, 1978
- 4) 拙著, 「砂レキ堆の形成の初期段階について」, 土木学会第37回年講, 第II部門, pp.565-566, 1982
- 5) 拙著, 「砂レキ堆の形成初期段階の水理量について」, 土木学会関東支部第10回年研, PP.67-68, 1983
- 6) 拙著, 「縦すじの形成について」, 土木学会関東支部第11回年研, PP.59-60, 1984
- 7) 拙著, 「縦すじの形成過程について」, 土木学会第39回年講, 第II部門, pp.459-460, 1984
- 8) 拙著, 「河床波の形成に関する実験的研究」, 土木学会関東支部第12回年研, PP.89-90, 1985