

法政大学工学部土木工学科 正会員 西谷 隆直

法政大学工学部土木工学科 正会員 牧野 立平

1. はじめに

本文は砂礫堆より規模の小さい河床波の分類に関する試論である。

実験は幅1m、長さ40mの直線長方形断面水路の中央部20mに亘り、厚さ約7cmにほぼ均一な砂(50%粒径0.72mm)を敷き均し、各実験毎に流量と勾配を一定として通水し、水面と河床の状況を観察した。河床形態が出現した時点で通水を停止する。水路内の自然排水後、写真撮影により河床形態を記録している。

2. 河床形態の種類と特徴

次に実験で観察された個々の河床形態の特徴の要約を記す。縦条の他は三次元的な形状と二次元的な形状とに大別されるが、いずれも規則的なものである。

縦条 水深の2倍の間隔で水路縦方向に形成される縦線状に盛り上がった細い条。掃流力が非常に弱く、砂粒の動きは鈍く形成までに時間を要する。山部の砂粒は殆んど動かず、谷部の砂粒のみ下流方向に動いている。

斜め格子縞 水深の2倍の菱形で砂レキ堆の基本パターンと考えられるもの。目で見える段階では低い段差がついていて、上流側のものが下流側のものに覆い被さって形成されている。砂礫堆の前縁部に下流の開いた格子縞模様として見られることが多い。

ウロコ状砂漣 斜め格子縞の菱形の先端が丸く立体的に厚みを帯びて、多数の小さい砂漣が魚鱗のように形成され、集合している形態。大きな砂礫堆の背にできやすい。不安定なので水路全面に形成させることは難しい。斜め格子縞との大きさの区別はない。

複列砂礫堆 2列以上の単列砂礫堆が1本の水流に形成されたもの。勾配が急になると、条件によっては、安定なものではにくい。一葉の砂礫堆は複数の斜め格子縞の菱形あるいはウロコ状砂漣で構成されている。

単列砂礫堆 左右岸交互に深掘れを持ち、左右岸の深掘れを結んで形成される前縁が下流側に弓形に張り出した斜めの洲。十分に発達しない場合の洲の前縁は直線的であり、流れの規模が大きい時は左右岸交互の深掘れのみで前縁は見られない。移行区間では隣り合った形態と混在しやすく、前縁近くの瀬の部分には縦条や斜め格子縞あるいは線状跳水を伴った砂漣が載り易い。水面には二次元的な孤立波に近い転波が部分的に奔る。

これらの他に**斜め条**がある。これは縦条や二次元的な砂漣Ⅱと共存する場合は細く段差も小さく、水路を斜めに横断する斜め条となるが、ウロコ状砂漣や二次元的な砂漣Ⅰと共存する場合は太い溝となり大きい菱形を形づくる。

二次元的な河床波としての砂漣には次のような二種が認められた。

砂漣Ⅰ 流れの規模が余り大きくない時、斜め格子縞・ウロコ状砂漣が横方向に崩れた形でできる。水路横方向に波形の二次元的な広がりを見せる。砂礫堆の背の部分に載ることが多い。

砂漣Ⅱ 勾配が急になり、流れが速くなると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。その時、水面と同位相で、水路横方向に折線であるが、全体ではほぼ直線的な二次元的河床波ができる。砂礫堆に重なってできるが、流れの規模を大きくすると単独で形成される。下流に移動する。

この両者は峰の形状が少し異なるが、規模や移動状況などは大差ない。流れの規模や掃流力共に小さい時、発生する二次元的な河床波では、斜め格子縞やウロコ状砂漣の名残りが残り、波形が一見不規則に見える場合があるが、大旨、規則的である。この二次元的な河床波を砂漣Ⅰと呼ぶことにする。そして、流れが急になって発生する直線的な二次元的河床波を砂漣Ⅱと呼ぶことにする。いずれの二次元的河床波(砂漣)も三次元的河床波と同時・

同一場所に共存する。実験における流れの水深は薄いので砂漣の発生は部分的な射流域で見られることが多い。Guy ら(1966)の定義はLower flow regime(Flow in sand channels which results in bed forms of ripples, ripples on dunes, and dunes.), Upper flow regime(Flow in sand channels which results in bed forms of plane bed(with sediment movement), standing waves, and antidunes.)である。それに従うと、当該実験の流れの領域はLower flow regime である。砂堆・反砂堆と砂洲は当該実験の範囲を超えた大規模な流れで砂礫堆ができなくなる領域において形成されるものと思われる。これらは砂礫堆を消すような水理条件の異なった大規模の流れで生ずる、単列砂礫堆より規模の大きい河床波の範ちゅうに入るものである。ここでは以上のように砂漣、砂堆、反砂堆と砂洲を定義するが、それらの区別の基準は実験により更に調べられなければならない。

3. 河床形態の相互関連

今までに見てきた河床波は、形成要因により次のような系列に分類できる。各系列間の相互関連(フラクタルなパターン関係、変形過程、規模の連続性など)はなく、水理条件によっては重ね合わさった形で共存する。

A系列 …… 縦条

B系列 …… 三次元河床波(砂礫堆)

B1 …… 斜め格子縞・ウロコ状砂漣・複列砂礫堆・単列砂礫堆

B2 …… 砂漣I

C系列 …… 二次元河床波(砂漣II)

D系列 …… 砂堆・反砂堆

E系列 …… その他の不規則な擾乱による河床波

B2系列とC系列は形態的に見ると、連続性を持っている。各系列の水流の特徴は

A系列は縦渦の存在によるものと思われる。流れは直進していて、水深は他の系列に比較して大きく、掃流力は非常に小さい。

B系列は横方向に部分的なshoots & poolsを伴った水深の薄い蛇行性の流れである。掃流力は大きく、部分的に縦渦の存在が見られる。また、全体としては、場所的に交互に収斂・発散を繰返す偏平な単一または並列の螺旋流をなしている(鮭川(1971))。

C系列の流れは間欠性の横方向に広がる転波を伴ない直進性が強い。実験では水路幅一杯の二次元的な小規模なshoots & poolsの流れである。幅が無限に大きい水路でも二次元的な広がりが可能か否かは不明である。

D系列は水深の大きい大規模で且つ、慣性力が優勢な流れである。

E系列は殆んど一定方向の流れを伴わない水深の大きい河床にできるものである。

4. おわりに

これまでに述べてきた事柄は実験水路内の限られた粒径の砂による実験から得た結果である。しかし、実際の河川でも同様の事は生じる筈であるが、砂礫の粒径が異なる場合、水の當力や砂礫の安息角の関係で実験で得られた全種類ではなく、幾つかの種類の河床波しか見られないであろう。特に河床材料が大きい時は縦条や斜め格子縞などを見るのは無理である。砂の粒径が余りに小さい時も水の粘性の影響が出て、輪郭のはっきりした河床波はできにくい。寸法が大きくしかも混合粒径の砂礫の河床上の規模の大きな流れで生ずる河床波は、実験のものとは大いに異なり、相似則も成り立つかどうかはよくわからない。どんな相似則が成り立つのか興味のあるところである。

【参考文献】

- 1) Guy, H.P., D.B. Simons, and E.V. Richardson: Summary of alluvial channel data from flume experiments, 1956-61, U.S.G.S. Professional Paper 462-I, 1966
- 2) 鮭川 登: 直線河道における蛇行現象に関する水理学的研究, 科学技術庁資源調査所, 1971年8月