

単列交互砂州形成水路の低水時における局所洗掘

秋田大学 正員 石井 千万太郎
 ○ 学生員 松浦 徹
 学生員 沓沢 辰美

1.はじめに 単列交互砂州形成水路では、砂州前縁線に沿った低水流路の形成によって生じる水衝部に、流水の集中が生じ、局所洗掘が起こることが分かっている。本報はこの低水時の局所洗掘機構を知るため、局所洗掘部周辺の流れや砂の移動を可視化して観測した。また、この結果から流れのモデル化を試み、路床変動計算により検討している。

2.実験方法 低水時における流れとして、文献1)のRUN3,5の実験ケースとして選んだ。局所洗掘の流れの機構を知るため、流れに影響を与えないように注射器でこの部分にトレーサ（油性塗料）を注入し観察した。また、この付近での流れの様子を知るために砂の移動状況と表面流速の観察を行なった。砂の移動状況はビデオ撮影し、後に画面上のトレースより図化した。表面流速の観察方法は文献2)を、また、実験装置及び各低水流量の実験条件、形成された単列交互砂州の傾向は、文献1)を参照されたい。

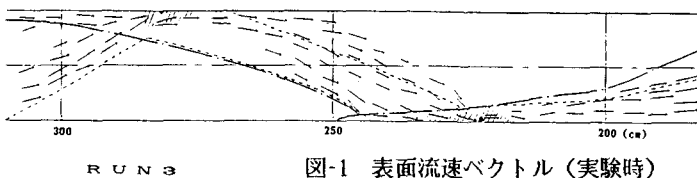


図-1 表面流速ベクトル（実験時）

3.実験結果、考察 図-1は低水流路が形成されてからの表面流速ベクトルを示したものである。この図より、前述したように流れの集中部分で局所洗掘が起こっていることが分かる。そこで、この部分の観察を行ない、模式的に示したものが図-2、図-3である。図-2においては、深掘れ部に直接トレーサを注入したもので、この図より、この部分に流れ方向軸のまわりに渦が起こっていることが分かる。また、渦の回転方向は側壁部分では路床の方へと潜り込み、路床から水面へと巻いている。次に、この付近での路床砂移動状況を観察した。それを示したものが図-3で、この図の一点鎖線で示した部分は、比較的勾配が急であり、局所洗掘部の最深部へと転がり落ちてくる砂が巻き上げられ砂の動きが激しい部分である。また、この最深部では砂の動きはみられなかった。このことより、局所洗掘部より下流の方へと流出する砂のほとんどは、一点鎖線で示した部分で、渦による巻き上げの効果によるものと考えられる。さらに、この部分より上、下流側の表面の流れと砂の流れのそれぞれの方向を見てみると、ほとんど相違はみられない。これより、渦は局所洗掘部分にだけに働いているものであり、上、下流側へは及んでいないと考えられる。また、数回の実験で、局所洗掘部分の最深部の水深、側壁からの幅の測定の結果、どちらもほぼ同じ値であった。このことから、

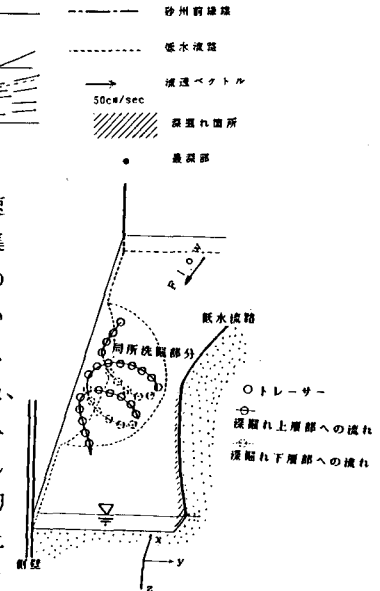


図-2 局所洗掘部の流れの観察

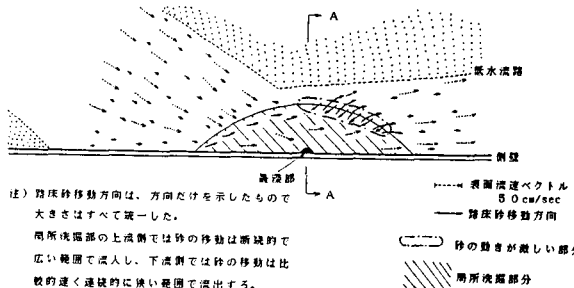


図-3 局所洗掘部の路床砂移動状況

渦は局所洗掘部全体に広がる大きさのものと言えるのではないだろうか。これまでの結果と考察をまとめその模式図を、図-4 に示した。

4.局所洗掘部の流れのモデル化 前述の局所洗掘部は、蛇行流湾曲部に相当しており、そして、一般に河川湾曲部においては2次流が発達することが知られている。そこで、本低水流をそれと同様に考えるとき、先の渦は、湾曲部で見られる2次流として扱うことができるであろうとした。その2次流が、上述のように深掘れ部においてのみ存在することは、流路全体に及んでいとされている一般の見解と相違をなすが、本実験の流れにおいて、この深掘れ部

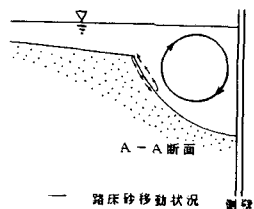


図-4 渦の模式図

以外の流れは非常に水深が小さいため、それが発達し得ないのもであろうと考えた。次に Thorne ら³⁾は、2次流を、水深方向に平均化された流速ベクトルに垂直な平面内に生じ、水深方向に平均化すると0となる流速成分、であると定義しており本研究においてもこの定義によるものを用いた。2次流による路床面流速の計算式を、清水ら⁴⁾と同様な次の形式で与える。

$$q_{bs} = N \cdot \frac{h}{r_o} q_{bo} f_s \quad u_{bs} = q_{bs} \sin \theta \quad v_{bs} = -q_{bs} \cos \theta \quad \theta = \tan^{-1} \frac{v_{bo}}{u_{bo}}$$

ここで、 q_{bo} ：路床面における主流流速、 q_{bs} ： q_{bo} に垂直な2次流流速 u_{bs}, v_{bs} はその s, n 方向成分で v_{bs} は r と逆符号とする、 h ：水深、 r_o ：流れの断面代表曲率半径、 f_s ：側壁の影響を示す関数、 N ：定数、また、 f_s は、両側壁（境界）で $f_s=0$ ，それ以外で $f_s=1$ とした。この式に対して前述の実験結果をふまえ、また、後の路床移動量計算にその効果を最大に取り込むことを考え、 h には深掘れ側側壁部の水深、 r には、2次流を考慮する範囲内にある流線（10%間隔等流量線）のうち、最大曲率をもつものの曲率半径とし、ともに計算点を含む横断面内での値とした。 N も同種の研究中比較的大きい Rozovskii による 11.0 を用いた。そして、2次流を考慮する領域は、横断方向には側壁からその水深の1/2より小さくなる地点（ほぼ深掘れ縁に相当する）まで、流下方向に、深掘れの範囲内とした。

5. 2次流を考慮した路床変動計算 以上をもとに、沓沢ら⁵⁾の2次元モデルにより流れを計算し上述の2次流モデルを導入して、金井ら⁷⁾と同様な方法により路床変動量を計算した。また、2次流によって生じる表面流速を上式と大きさが同じで逆向きと仮定し、平均流による路床面及び表面における流速（沓沢ら⁵⁾）にそれぞれ加えて表示してみると図-5,6のようになる。紙面の都合上詳細な検討は発表当日述べることにする。

（参考文献）

- 1) 石井、黒木、岸、：低水流による単列交互砂州の変形実験

土木学会第41会年次学術講演会 昭和61年

- 2) 亀井、石井：単列交互砂州河道における中小洪水時の可岸侵食機構に関する実験的研究

東北支部技術研究発表会講演概要 昭和61年度

- 3) Thorne C.R., Bathurst J.C., Hey R.D.：

Gravel Bed River p.56~57

- 4) 清水、板倉：河川における2次元流れと河床変動計算、北海道開発局土木試験所 昭和61年10月

- 5) 沓沢、石井：単列交互砂州上の流れの計算、東北支部技術研究発表会講演概要 昭和62年度

- 6) 金井、石井：砂州形成時の河床変動とせん断応力分布、東北支部技術研究発表会講演概要 昭和62年度

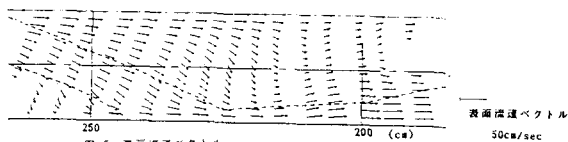


図-5 表面流速ベクトル

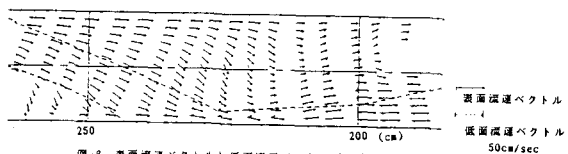


図-6 表面流速ベクトルと底面流速ベクトル（2次元導入）

RUN 3