

(II-33) 河床の洗掘における CYCLIC HEADCUT 現象に関する研究

千葉工業大学 学生員○日暮 浩平
千葉工業大学 正 員 瀧 和夫

1. はじめに

河床の洗掘や農地の表土流出等、現在世界各国において、大変な問題となっている。しかし、洗掘がどのように生じるのかなど、この機構については未だ十分に解明されるまでにはいたってない。そこで本研究では、粘性を有する場合の河床の洗掘機構を知るために、水路床面に生じる Cyclic Headcut における局所せん断応力の分布特性を実験を通して明らかにすることを試みた。

2. 実験の装置及び方法

長さ 200cm、幅 5cm、高さ 45cm の開水路を用い、定められた泥水濃度の流水を水路上流端から流下させるようにした。ここでの泥の材料は、石英（粒径：19 μ m）とシリカ（粒径：45 μ m、120 μ m）を用い、また流量 9.6~87.4cm³/s のそれぞれの組み合わせ（120 ケース）について実験を行った。測定項目は各実験条件で生じた局所洗掘面における水深、水面及び堆積層面の勾配であり、それらは洗掘面上流側への遡上に伴って記録した実験写真より読みとることとした。

実験時間の経過は水路上に据え付けたストップウォッチから、常時読みとれるようにしてある。また、1 ケースの実験に要した時間は 3~6 時間ほどである。上流からの濁水には着色水を用い、堆積泥と流水との判別を可能にしている。また水路の側面には、透明グラフ用紙を張り付け、水深、水面、河床等の目盛りを読みとれるようにした。

3. 解析の手順

実験時に記録されたフィルムからパソコンを用いて水深、水深変化量、エネルギー勾配等を計測し、(1)式から洗掘面における局所せん断応力(τ_b)を求めることとする。

$$\tau_b = \rho g h \left[\sin \theta - \frac{dh}{dx} (1 - Fr^2) \right] - 0.316 \cdot \frac{\rho}{4} \cdot (2 Re)^{-1/4} \cdot \frac{Qw^2}{b^3 h} \quad (1)$$

ここで

ρ : 密度(g/cm³) , g : 重力加速度(cm/s²) , h : 水深(cm) , θ : エネルギー勾配 , Fr : フルード数
 Re : レイノルズ数 , b : 水路幅(cm) , Qw : 流量(cm³/s)

である。

次に、洗掘面の各地点における無次元せん断応力 τ_* (局所無次元せん断応力値) を(2)式から求める。

$$\tau_* = \frac{\tau_b}{\{(s-1)\rho g d_s\}} \quad (2)$$

ここで s は比重(g/cm³)、 d_s は粒径(cm) である。

4. 実験・解析結果

現象は、堆積水路床の洗掘が起き始めると、洗掘面は徐々に上流へ遡上を開始し、水路上流端に達

するまで、その洗掘面の形状は変化せず移動をしながら河床を削り取っていく。その後、洗掘された泥粒子の多くは洗掘面の直下流に堆積し、その勾配（水路床堆積勾配）が限界値を超えたときに再び洗掘を生じ、同様な移動をする。いま、実験結果の代表的な無次元せん断応力(τ_*)及びフルード数(Fr)の分布を図示したのが図1である。ここで、図中の横軸は洗掘面の水平距離を、また、図の上部に洗掘形状を表している。図上部の洗掘形状の水平距離と τ_* 及び Fr 図のそれとは一対一の対応にしている。

図中の○印はフルード数の値を、また●印は、無次元せん断応力の値を示している。図中のフルード数の値は、洗掘面上流端に近づくにつれて徐々に上昇し、洗掘面上流端で急激に上昇しているのが認められる。その後、濁水の流下と共にフルード数の値は低下していくのがわかる。ここで、フルード数が最大になる場所は洗掘が始まる付近であり、値が1.03の射流となっている。この射流区域は非常に短く、そのすぐ下流では常流の状態となっていることがわかる。

一方、無次元せん断応力は、上流域では一定値を示すがフルード数の最大となる地点（洗掘面上流端）より急激に増大し、洗掘面中央部で最大値に達する。その後、減少し続けるのが認められる。

すなわち、フルード数と無次元せん断応力値の最大となる地点は、同一地点で生ずるのではなく最大フルード数は、洗掘面上流端において、値が頂点に達しているのに対し、無次元せん断応力は洗掘面の中央部で最大となっているのが、特徴的である。

これは洗掘において、まず、フルード数が増え、その後、無次元せん断応力が大きくなるということが明らかになった。この傾向は、他の条件での実験においても同様であるのが認められた。

5. おわりに

本研究では、粘性を有する場合の堆積泥について、河床のCyclic Headcutにおける局所せん断応力の分布特性を、実験を通して明らかにすることを試みた。その結果、次の事柄が明らかとなった。

- 1)フルード数の最大の値を示す地点は、洗掘面上流端に現れていることが明らかになった。
- 2)無次元せん断応力の最大の値を示す地点は、洗掘面の中央部である。このことは、この種の洗掘現象が、“洗掘面の下流端に生ずる滝つぼがHeadcut現象に大きく関与している”とする従来の知見とは大きく異なるもので、洗掘面中央部（傾斜中央部）で最大せん断応力を生じることが、堆積泥の洗掘・上流への遡上現象に大きく寄与しているものと考えられる。

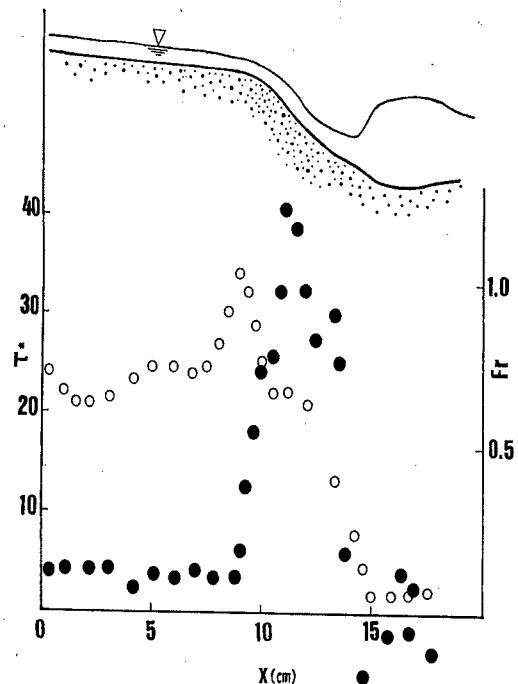


図1 洗掘における τ_* と Fr の分布(Run No. S45R6-10, $Q_w=35\text{cm}^3/\text{s}$, $d_s=45\text{ }\mu\text{m}$, ○:Froude No., ●: τ_*)