

水路実験による堆積砂層表面の繰り返し局所洗掘特性

千葉工業大学大学院 学 員 ○三品 智和
 千葉工業大学 正 員 村上 和仁
 千葉工業大学 正 員 瀧 和夫

1. はじめに

降雨時の農耕地表土の流れは、土壌粒子と水が混じり合った流れで、常に局所的な洗掘が繰り返し生じているのを観察することができる。このような砂泥混相流が造り出す、繰り返し局所洗掘の特性を知ることが、肥沃な農耕地表土の流亡機構の解明に重要と考えられる。そこで、本研究では水路実験を通して、堆積砂層表面における繰り返し局所洗掘の特性を解析することを目的として検討を行った。

2. 実験装置及び方法

本実験では長さ 2m、の開水路を、また、河床材料にはシリカ砂 ($d_{50}=45\mu\text{m}$ 、 $120\mu\text{m}$)、石英砂 ($d_{50}=19\mu\text{m}$) を使用した。ここに、流水が蛇行を伴う流れとならないよう水路幅を 5cm とした。

給水量及び給砂量は表 1 に示すように $10.2\sim 74.0(\text{cm}^3/\text{s})$ 及び給砂量で $0.61\sim 6.18(\text{g}/\text{s})$ の 16 条件とした。

実験では水と砂の混合状態の泥水を水路上流端から流下させるようにした。ここで、泥水中の砂分は水路を流下しながら水路床に沈降堆積する。さらに沈降堆積した砂層が増して行くと、水路下流部から局所洗掘が生じるようになる。この時の局所洗掘形状を 1 分間隔で連続的に撮影することとした。撮影したフィルムから水深、河床勾配、洗掘高、洗掘面後退距離を計測し、これらを解析用データとした。なお、水深は洗掘点より上流部で流れが平衡状態にある箇所、また、洗掘高は洗掘面法面上端の頂点から滝壺までの高さとし、洗掘面後退距離は 1 分間に洗掘面が上流側に後退した長さとした。

撮影フィルムから得られた水深、河床勾配、洗掘高、洗掘面後退距離から、流速、摩擦速度、洗掘面後退速度、フルード数、ホルトン数を算出し洗掘特性を検討した。

3. 実験結果

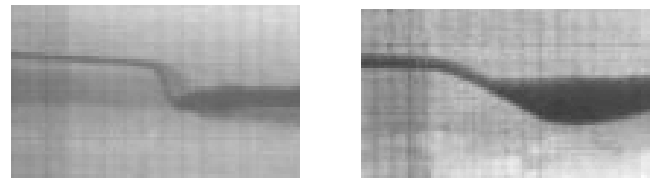
局所洗掘の形状は写真 1 に見られるように、急峻な階段状と緩慢なスロープ状の 2 種類が観察された。この時の流れのフルード数は $1.0\sim 9.0$ の範囲であり、洗掘面を流れる流水は剥離することなく常に洗掘斜面に沿った流れを、さらに、堆積砂は写真 1 に示されるように、洗掘部直下流に再び堆積されるのが観察された。

いま、地表面の洗掘の状態を流れの慣性力と洗掘に対する抗力との比 (ホルトン数 Ho) を河床勾配で整理すると図 1 のように表すことができる。これより、河床勾配が大きくなるほどホルトン数は小さくなり、洗掘抗力の大きな流れ、すなわち、写真 1 の RUN(S-7) のような急峻な階段状を形成しているのがわかる。また、河床勾配が小さくなると大きなホルトン数となり、RUN(S-16) のような慣性力の卓越した緩慢なスロープ状の形状を持つ流れとなっているのがわかる。

洗掘面の形状は、それぞれの形状を保ちつつ崩れることなく、一定の速度で上流側に後退する特徴をもっているのが実験より認められた。写真 2 は水路長 4m において水路内に 4 ヶ所の局所洗掘が発生している様子を示すもので、写真中の矢印は個々の局所洗掘地点を示している。

表 1 実験条件

RUN.NO	種類	粒径 (μm)	流量 (cm^3/s)	給砂量 (g/s)
S-7		45	35.2	6.11
S-5		45	41.9	3.03
S-11		45	10.2	2.91
S-13		45	20.6	6.18
S-15	シリカ	45	53.6	3.11
S-16		45	72.2	2.98
S'-1		120	10.3	0.64
S'-2		120	35.5	0.62
S'-3		120	47.9	0.61
S'-4		120	10.9	2.76
S'-5		120	10.7	1.72
Q-4		19	37.5	2.22
Q-5		19	32.3	2.64
Q-11	石英	19	70.6	2.33
Q-12		19	74.0	1.81
Q-25		19	35.7	5.08



急勾配をもつ洗掘形状(S-7) 緩勾配をもつ洗掘形状(S-16)

写真 1 急勾配と緩勾配の洗掘形状

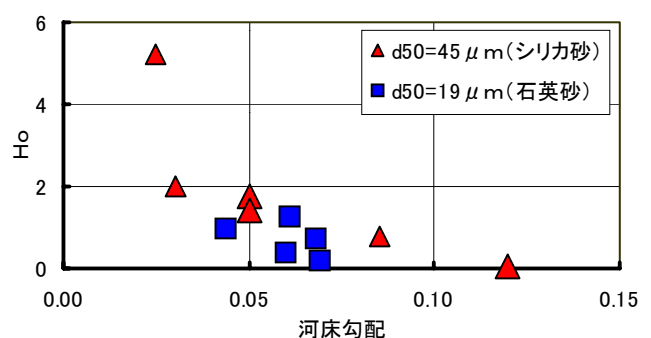


図 1 河床勾配とホルトン数の関係

キーワード : 繰り返し局所洗掘、砂泥混相流、洗掘特性、洗掘面後退速度、洗掘形状

〒275-8588 千葉県習志野市津田沼 2-17-1 TEL : 047-478-0452 FAX : 047-478-0474

次に流速、河床勾配、洗掘面後退速度の関係を図2に示す。これより、洗掘面後退速度は、砂の種類によって2グループに分かれているのが認められる。すなわち、同一種の砂において、洗掘面後退速度は、流速、河床勾配の影響をそれ



写真2 繰り返し侵食

ほど受けていないことが示唆される。ここで、砂の種類別の洗掘面後退速度は、シリカ砂で約 0.14(cm/s)、石英砂で約 0.06(cm/s)となり、シリカ砂の方が2倍以上の速さで上流側に後退することがわかった。このことから、シリカ砂と石英砂で速度差が生じる要因として、砂の種類によって砂粒子の形状が異なっていることが考えられる。そこで、光学顕微鏡によりシリカ砂と石英砂の粒子形状を観察することにした。その結果、シリカ粒子は、丸みを帯びた立体状をしており、粒子同士の噛合せが弱く。一方、石英粒子は角張った平面状をしており、粒子同士の噛合せが強いのではないかと考えられた。この粒子形状の相異が速度差を生じさせる要因である可能性が示唆された。

図3にフルード数と洗掘面後退速度の関係を示す。いまここで、洗掘面後退速度に流れから受けるせん断力を考慮するため摩擦速度 U^* を用いて無次元表示した。これより、同一フルード数においてシリカ砂が石英砂より洗掘面後退速度が速いことがわかる。すなわち、噛合せの弱いシリカの方が堆積砂層表面に作用するせん断力も弱く、河床を構成する砂粒子が離脱し易い状態にあることを示唆している。また、図4にフルード数と河床勾配の関係を示した。これからも、シリカ砂は噛合せが弱く、堆積砂層表面に作用するせん断力が小さいことから、流動性が大きく、速い流速のときは、砂粒子は十分下流まで輸送されて沈降堆積し、遅い流速のときには沈降速度も速く大きな河床勾配を形成することを示唆している。一方、石英砂は、噛合せが強く、堆積砂層表面に作用するせん断力が大きいことから、流動性も小さく、流速の影響を受け難いことが示唆される。これらより、石英砂はフルード数に関わらず一定の河床勾配を形成しているものと考えられる。

4. まとめ

本実験において、洗掘形状は洗掘面に対する抗力と河床勾配によって、急峻な階段状と緩慢なスロープ状とに分類されることがわかった。また、これらの洗掘形状は、崩れることなく、一定の速度で上流側に後退することが明らかになった。洗掘面(表面)を流れる流水は、射流であるにも関わらず、常に洗掘斜面に沿った流れであった。さらに洗掘された堆積砂は直下流に再び堆積、繰り返し洗掘の要因となっていることがわかった。洗掘面後退速度は、砂粒子の形状で異なり噛合せの相異により2倍以上の速度差をもつことが明らかとなった。

参考文献

- 1) 三品智和・瀧和夫・村上和仁:水路実験による堆積砂層表面における洗掘特性、第27回 関東支部技術研究発表会講演概要集、土木学会、pp.232-233, 2000

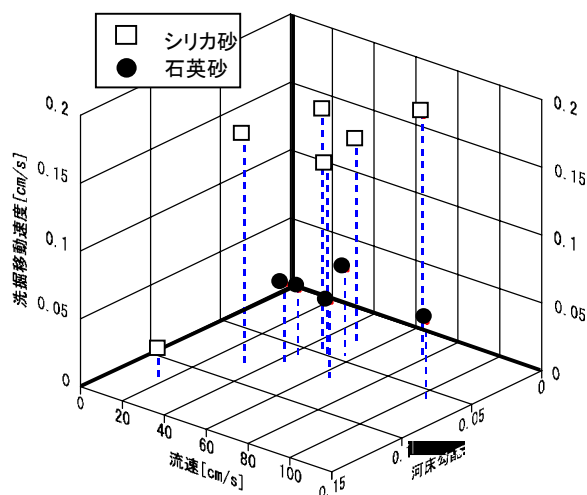


図2 流速、河床勾配、洗掘面後退速度の

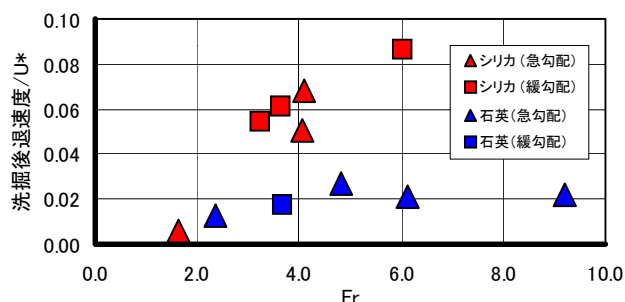


図3 Fr と洗掘面後退速度の関係

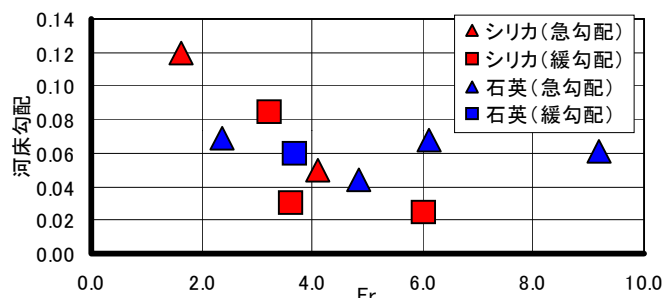


図4 Fr と河床勾配の関係