

(Ⅱ-6) 疑似粘性河床における局所洗掘がもたらすエネルギーフラックス

千葉工業大学 学員○小出 和幸 森 郁平
千葉工業大学 正員 村上 和仁 瀧 和夫

1. はじめに

土壌環境の現状として、土壌汚染以外に土壌の侵食が問題とされている。したがって、堆積砂面に生ずる局所洗掘の機構を解明することが必要である。そこで本研究では、水路実験により、堆積層に生じる局所洗掘において種々の運動エネルギーに対する洗掘量を計ることでエネルギーフラックスの特徴を明らかにすることを目的とした。

2. 実験装置及び方法

実験水路は長さ2m、幅2cm、高さ45cmの矩形断面水路を水平に設置し、一定の濃度に調節した泥水を水路上流端より連続的に流下させ、その時に生じる堆積面での泥水の水深、堆積河床勾配、洗掘面の遡上速度を計測し、局所洗掘の特性を明らかにすることとした。実験条件は表1に示すように河床材料はシリカ砂($d_{50}=0.0019$ 、 0.0045cm)の2種類を用いた。また、給水量は $Q_w 20.6\sim 70.6(\text{cm}^3/\text{s})$ 、給砂量 Q_s は $0.56\sim 8.46(\text{g/s})$ とし、砂泥濃度 C_0 が $0.01\sim 0.30(\text{g/cm}^3)$ となる17条件とした。

実験方法は、まず水平に設置した水路の上流端より混合泥水を連続的に流下させる。この時、水路床の上に層状の沈降堆積層が形成され、任意時間の経過後、水路下流区間より局所的な洗掘が生じ始める。この時の洗掘形状をカメラにて撮影し、画像処理にて水深、河床勾配、洗掘高、遡上速度等の測定項目を計測し、解析データとした。

3. 実験結果及び考察

実験水路床上に堆積した砂は、流水と砂層の平衡状態が確立された後、水路下流区間より局所的な洗掘を発生させ、流れに逆らうように上流側へと遡上することが観察された。その後、この時の洗掘形状は最初小さく、徐々に洗掘高を増し、堆積砂面での流水と砂層の平衡状態が保たれると、洗掘高は安定し、その後は安定形状を保ちつつ上流側へと遡上することが観察された。また、流水は洗掘面を剥離することなく常に斜面に沿った流れとなるのが特徴である。さらに、洗掘された砂は洗掘区間直下流部に再び堆積されるのが確認された。また、この時に生じる洗掘は写真1,2に示すように急峻な階段状と緩慢なスロープ状との2種類が観察された。ここで、洗掘面がもつ運動エネルギー E_v を表わすと

表1 実験条件

Run	d (cm)	s	Q_w (cm^3/s)	Q_s (g/s)	C_0 (g/cm^3)
1-2	0.0045	2.67	21.0	0.56	0.03
1-3	0.0045	2.67	60.0	0.58	0.01
1-5	0.0045	2.67	35.2	6.11	0.17
1-6	0.0045	2.67	35.0	8.46	0.24
1-7	0.0045	2.67	41.9	3.03	0.07
1-8	0.0045	2.67	55.4	3.00	0.05
1-13	0.0045	2.67	20.6	6.18	0.30
1-15	0.0045	2.67	53.6	3.11	0.06
1-17	0.0045	2.67	35.8	1.83	0.05
2-3	0.0019	2.67	50.9	1.75	0.03
2-4	0.0019	2.67	37.5	2.22	0.06
2-12	0.0019	2.67	70.6	2.33	0.03
2-13	0.0019	2.67	50.5	2.70	0.05
2-14	0.0019	2.67	38.2	3.33	0.09
2-22	0.0019	2.67	36.0	3.78	0.11
2-24	0.0019	2.67	35.9	4.46	0.12
2-25	0.0019	2.67	35.7	5.08	0.14

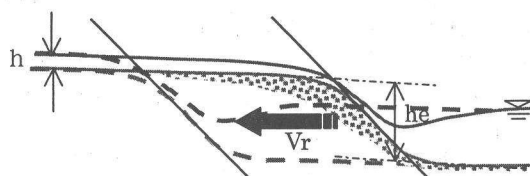


図1 局所洗掘

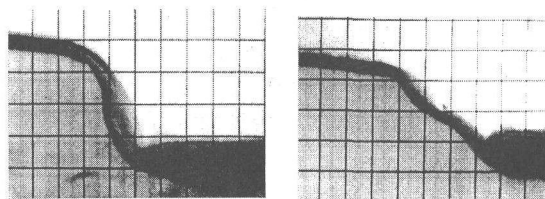


写真1 急峻な階段状 写真2 緩慢なスロープ状

キーワード: 局所洗掘、エネルギーフラックス、河床勾配、ホルトン数、土壌環境

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

$$E_v = \frac{1}{2} M_v v_r^2 \quad (1)$$

となる。ここに、 M_v :洗掘量、 v_r :遡上速度である。いま、洗掘量 M_v は砂の比重 $s=2.67$ 、洗掘高 h_e 、水路幅 B 、遡上速度 v_r で示すことができることから、水路幅を単位幅とすると(1)式は次式のように書き直すことができる。

$$E_v = 2.81 \times 10^{-3} h_e^{-2} M_v^3 \quad (2)$$

(2)式から、洗掘面の運動エネルギーは洗掘量の3乗に比例することがわかる。図2は、洗掘面の運動エネルギーと洗掘重量の関係を示したものである。いま、流水の慣性力と堆積砂面の抵抗力との比であるホルトン数(H_o)で示している¹⁾。図中の白抜きは H_o が1以上、黒塗りは H_o が1以下を表わす。ここで、洗掘面の運動エネルギーの 10^{-2} を境として H_o が1以下、すなわち急峻な洗掘形状、 H_o が1以上、すなわち緩慢な洗掘形状とに分かれていることがわかる。

一方、流水がもつ運動エネルギーは

$$E_f = \frac{1}{2} M_f v^2 \quad (3)$$

である。ここに、 M_f は単位時間当たりの流水量、 v は平均流速である。局所洗掘面が遡上する時の河床勾配 I_c と遡上速度との間には $1/2$ 乗に反比例すること、さらに、マンニングの粗度係数 0.012、砂の比重 2.67 を用い、かつ、(1)式の洗掘面の運動エネルギーとから、(3)式は次式のように書き改めることができる。

$$E_v = 10^{49} h^{22} h_e E_f^{-7} \quad (4)$$

(4)式から洗掘面の運動エネルギーは水深、洗掘高をパラメータとし、流水の運動エネルギーの -7 乗の比例関係にあることがわかる。図3は実験結果と(4)式の関係を示したものであり、ほぼ一致することが表わされた。ここで、流水の運動エネルギーが大きく、堆積面の運動エネルギーが小さいほど、すなわち、 $H_o < 1$ の領域において、遡上速度は小さくなり、洗掘形状は急峻な階段状、また、流水の運動エネルギーが小さく、堆積面の運動エネルギーが大きいほど、すなわち、 $H_o > 1$ の領域において、遡上速度は大きくなり、洗掘形状は緩慢なスロープ状であることが認められた。

4.まとめ

本研究の結果より、疑似粘性河床における局所洗掘について、以下の特性が明らかとなった。

- 1) 洗掘面の運動エネルギーは洗掘量の3乗に比例し、また、洗掘形状は洗掘面の運動エネルギーが 10^{-2} を境に、それ以下で急峻、また、それ以上で緩慢な洗掘形状を示すことがわかった。
- 2) 流水の運動エネルギーが増加するほど、洗掘面の運動エネルギーは緩やかに減少し、その関係は -7 乗であることがわかった。

参考文献

- 1) 三品智和・矢内栄二・瀧和夫・Gary PARKER: 疑似粘性を有する堆積砂層の局所洗掘、河川技術論文集、第7巻、p469～474、2001

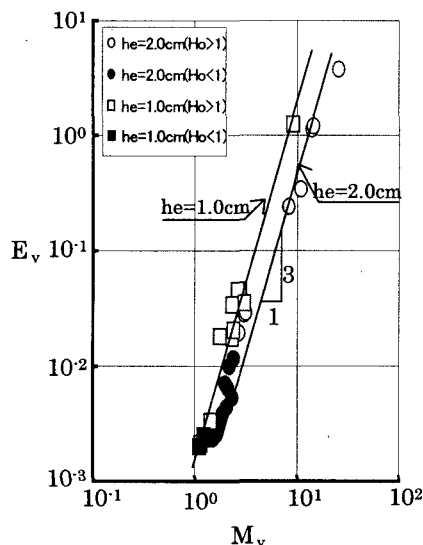


図2 洗掘面の運動エネルギーと洗掘量の関係

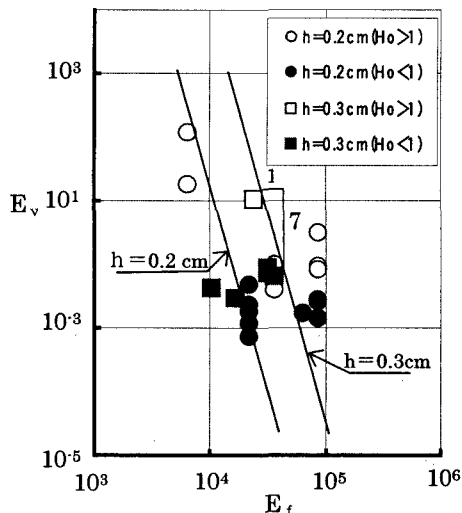


図3 流水の運動エネルギーと洗掘面の運動エネルギーの関係