

II-61

粘性を有する高含水比底泥における
限界掃流力千葉工業大学 正員 瀧 和夫
森 本 組 正員 中出 友正

1. はじめに

水質汚濁を増大させる要因の一つとして、水流による底泥の巻き上がりが考えられる。この現象は水底に堆積した泥粒子が流水から掃流力を受けることによって引き起こされるもので、流水中のSS等の水質汚濁物質の増加へとつながる。ここで、底泥粒子には粘着性を有することから、その巻き上がり機構は流砂のそれと大きく異なると考えられる。そこで、本研究では流水による底泥粒子の巻き上がりに関する限界掃流力と粒子の粘着性に関する特性量との関係について実験を通して若干の考察を試みた。

2. 解析方法

河川等での水流による力が堆積底泥の粘着力や粒子の噛み合わせなどによる力を上回ったとき、底泥粒子の巻き上がりが生じる。したがって、底泥の巻き上がり開始時の現象は次の基本物理量の関数として表わされると考える。

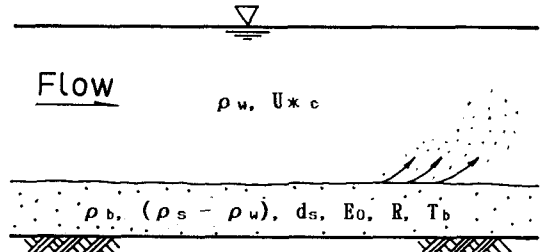


図1 底泥粒子の巻き上がり現象に関する諸量

$$f_0(u_{*c}, E_0, d_s, (\rho_s - \rho_w), \rho_b, \rho_w, R, T_b, g) = 0 \quad (1)$$

ここに、 u_{*c} : 水流による限界摩擦速度、 E_0 : 底泥の活性化エネルギー、 d_s : 粒子の粒径、 ρ_s : 粒子の密度、 ρ_b : 泥層の密度、 ρ_w : 水の密度、 R : 気体定数、 T_b : 泥層の温度、 g : 重力加速度。これらの物理量の中で、 E_0 は底泥の性質や状態を表わす量で、以下において粒子の抗力に関わることとなる。

底泥粒子の限界掃流力は (1) 式より

$$\tau_{*c} = f_1(E_0/RT_b, (S-1), \rho_b/\rho_w) \quad (2)$$

と書くことができる。ここに、 $\tau_{*c}(=U_{*c}^2/\{(S-1)d_s\})$ は流水による底泥粒子の始動時の無次元限界掃流力を、 E_0/RT_b は底泥粒子の抗力に関わる無次元活性化エネルギーを表わす。また、 $(S-1)$ および ρ_b/ρ_w は底泥層の特性を表わす無次元パラメータで、それぞれ粒子の水中での比重(以下水中比重と呼ぶ)および泥層の相対密度を意味する。(2) 式より、無次元限界掃流力は無次元活性化エネルギー、水中比重および相対密度の関数として表わされることがわかる。

3. 解析に用いるデータの特徴

本解析では、印ば沼、養老川、多摩川、江戸川およびベントナイトの6種類の底泥に関するデータを用いることとし、それらの特徴は表1に示す通りである。表より、解析データ

表1 底泥の特性値

底 泥	WL(%)	W/WL	S	d_s
印ば沼	119	1.26~5.26	2.55	11.0
手賀沼	158	1.90~3.10	2.61	14.4
養老川	97	1.04~1.86	2.76	7.2
多摩川	152	1.26~1.88	2.65	16.3
ベントナイト	403	1.17~3.45	2.59	6.7
対リ	58	1.30~8.03	2.74	7.8
A 港(1)	-	-	2.71	-
(2)	-	-	2.64	-
(3)	-	-	2.62	-
B 港	-	-	2.57	-
C 港	-	-	2.65	-
D 川	-	-	2.54	-
G 湖(1)	-	-	2.19	-
(2)	-	-	2.21	-
H 域(1)	-	-	2.42	-
(2)	-	-	2.38	-
(3)	-	-	2.47	-
I 域	-	-	2.41	-

W/WL: 相対含水比, S: 比重, d_s : 粒径
A~I の水域は名取¹⁾の調査による。

における相対含水比(W/WL)は1~3、比重では2.54~2.75、粒径では7~16 μm 程度であり、表中の他の底泥^{1,2)}においても同様な範囲を示していることから、(2)式の水中比重(S-1)はほぼ一定値であると考えることができる。また、表1および写真1より、底泥粒子が微細で、高含水比領域ではフロック状の堆積構造を持つことから、個々の粒子表面の電荷による力(粘着力に相当する力)が抗力としての最大の要因とみることができる。

4. 結果および考察

いま、無次元限界掃流力および無次元活性化エネルギーを両軸にとり、相対密度をパラメータとして各データを図示したのが図2である。また、図中の実線は各パラメータに対する最適線を回帰直線として示したものである。図より、各パラメータにおいて、無次元限界掃流力は無次元活性化エネルギーの増加に伴い片対数紙上で直線的に増加する傾向を持つのが認められる。その直線の傾きは0.4で、パラメータの値に係わりなくほぼ一定であることがわかる。またさらに、図中の破線で示されるように、ある任意の無次元活性化エネルギーを持つ底泥では底泥層の相対密度が増大(含水比が減少)するに従って、無次元限界掃流力は増大するのが認められる。このことから、底泥の限界掃流力は粒子表面の電荷の強さによる活性化エネルギー量のみならず、底泥の含水比にも大きな影響を受けることが明らかとなった。含水比の増大は泥粒子間隔の拡大を示すもので、同一の限界掃流力を維持するためには粒子の表面電荷に基づいたより大きな力を必要とすることを意味しているものと考えられる。



写真1 底泥の堆積状態（実体顕微鏡写真）

5. まとめ

流水による底泥粒子の巻き上げに要する限界掃流力と粒子の粘着性に関わる特性量との関係について、実験を通して考察を試みた。その結果、以下の事柄が明らかとなった。

1. 底泥の限界掃流力は泥の相対密度をパラメータにしたとき、活性化エネルギーの関数として整理できることを明らかにした。そして、無次元限界掃流力は無次元活

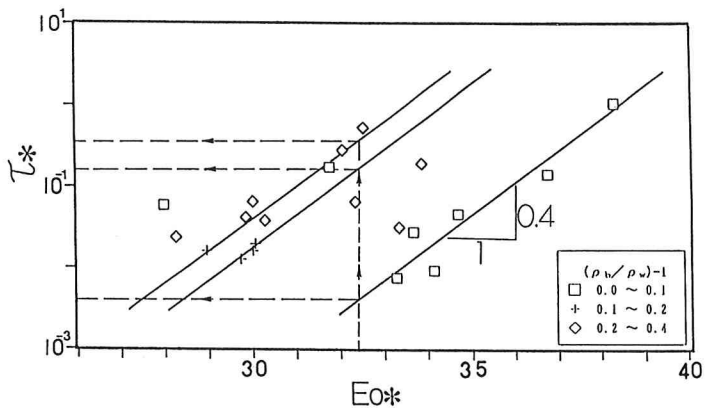


図2 無次元限界掃流力と無次元活性化エネルギーとの関係

性化エネルギーと片対数紙上ではほぼ0.4乗の直線的な比例関係にあることを種々の実験結果より示した。

2. 高含水比泥において、活性化エネルギーが同一な底泥でも、含水比の減少(底泥密度の増大)にしたがい限界掃流力が増大することを明らかにした。

参考文献

- 1) 名取 真他；底質について（下水・廃水・汚泥処理ガイドブック、第7部、底質の除去対策）、理工新社、pp. 832-851, 1987.
- 2) 徳永修三他；モデル底質の調整および汚泥底質の固化処理に関する研究、工業用水、No. 362, pp. 36-43 1988.