

千葉工業大学 正員 岡 正義
千葉工業大学 正員 〇庵 和夫

1. まえがき

都市河川等における底泥の巻き上がり現象は水質汚濁の面から、大きな問題となるところである。しかしながら、底泥層に粘着性があること、また、粒子径が微細であること等、現象に含まれる要因の複雑さから、十分な把握および解析がなされるまでに至っていないように思われる。本報では、底泥の巻き上がり現象について、前報に引き続き、土質特性の異なる数種の底泥を用いた実験データに基づき、適切な指標の推定を試みた。

2. 実験および考察

本報に用いた実験データは長さ2m、幅7cmのアクリル製水路によってえたもので、底泥材料にはベントナイトおよび浄水場の初次池泥(K-泥)を用い、その粘性は1500g、1000および500cpの3段階としている。また、水理条件として、流量を約2.8ℓ/s、水深を2, 4, 6cmの3通りに変化させた、その時の流速、濁度および底泥の浸食量を測定した、本実験値の他に、村端らおよびE. Partheniadesのデータも使用した。

底泥の巻き上げに關する無次元量は図1の諸物理量から、

$$Q_{s*} = \varphi_1 \left(M \frac{\rho_s}{\rho_w}, M, \frac{\mu_s}{\mu_w}, Re, R_*, \varphi, Fi, \zeta, \xi \right) \quad (1)$$

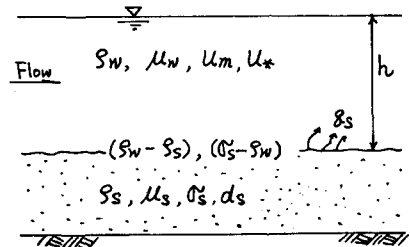


図1. 底泥の巻き上げに關する物理量

の關係が導かれる。ここで、

$$M = \frac{w(1 + \rho_s/\rho_w)}{1 + w\rho_s/\rho_w} \quad (2)$$

ρ_w, ρ_s : 水および底泥層の密度 h : 水深 μ_w : 水の粘性係数
 ρ_s^* : 底泥粒子の単位体積重量 w : 底泥の含水比(%) μ_s : 底泥の粘性係数
 d_m : 底泥粒子の平均粒径 φ : 流速係数 ρ_s : 底泥の洗掘量(g/cm²s)

$$\xi = \Theta^2 \zeta_* = \frac{0.101}{(\rho_s^*/\rho_w - 1) d_m} \left\{ \alpha w^2 \left(\frac{1}{\rho_w} - \frac{1 + w\rho_s/\rho_w}{\rho_s + \rho_w} \right)^2 \right\} / \varphi \quad (3)$$

である。ξはクーリガン数と無次元せん断応力との積の形をとり、底泥の含水比、粒径、比重および流水の速度係数に關する量で、底泥と流水との關係を示す状態係数とも考えられる量である。

いま、状態係数ξがクーリガン数Θと無次元せん断応力ζ_{*}との關係であることから、これを二軸にとり、実験値を示したのが図2である。底泥層の含水比が高いことから、このような現象において、密度流的な現象が見られるものとする、底泥表面はΘ<0.178の範囲で不安定となり、巻き上がりが生じていると考えられる。したがって、本実験の値の多くは巻き上がりを生じているものであると考えられる。図より、ζ_{*}はΘ=0.12で最小となる傾向を示しているのが特徴で、この値より小さなΘの領域ではξ=const.の実線に沿って変化

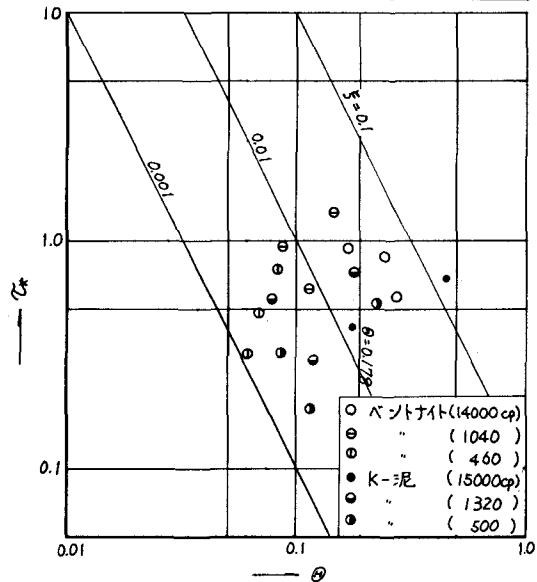


図2 ζ_{*}とΘの關係

してあり、したがって、 τ_* と θ とは反比例の関係にあることがわかる。一方、 θ が0.12より大な領域では、 τ_* と θ とは比例関係にあるのが認められる。この領域では、底泥の粘性が低い程、無次元せん断応力 τ_* は小さな値を示している。このことは底泥の巻き上がりが容易になり、粘性の高いものより摩擦速度が低下するためと考えられる。

以上のことから、底泥の無次元巻き上がり量 Q_{sk} を状態係数 ξ で整理すると、図3のようになる。図中の破線は相対水深(h_m)の等しい実験値を、また、実線は底泥の粘性の等しい値と結んだ線である。図より、ベントナイト泥の巻き上がり量はK-泥に比較して大であるのが認められる。ここで、巻き上がり量は底泥の状態係数の大な領域で少なく、 ξ の減少(すなわち、底泥の粘性の減少)と共に Q_{sk} は急増する傾向を示している。K-泥についても同様な傾向を示している。また、等相対水深の線がベントナイト泥で、比較的水平に近い曲線であるのに対し、K-泥では勾配のきつい、立った直線と表わされている。一方、同一の粘性を持つ流れについて、その状態を見るとき、ベントナイト泥およびK-泥で、

$$Q_{sk} \propto \xi^2 \text{ (ベントナイト泥)}, \quad Q_{sk} \propto \xi^{0.75} \text{ (K-泥)} \quad (4)$$

の比例関係にあることが認められる。このことから、前者は密度流の現象の強い、また、後者は掃流の現象の強い現象となっていると考えられる。

いま、 Q_{sk} を τ_* の関数として、実験値を整理すると図4のように表わされる。図より、 Q_{sk} は馬場らと同様に τ_* の1.25乗と示すことができる。しかし、底泥の種類により、係数値が異なり、粒径の小さな程、その値は大になり、したがって、 Q_{sk} も大の値となっている。ここで、データのばらつきは、図2に示されているように、 τ_* と θ との組合わせによるばらつきに起因しているものと考えられる。

3. 結 論 本研究にあいて、次の事柄が明らかとなった。

- 1) 底泥の巻き上げ現象に伴う無次元せん断力 τ_* はクーリガン数 θ 値0.12を界にしろ、小さな領域では τ_* と θ とは反比例関係に、また、大きな領域では比例関係を保ちつつ変化することが認められた。
- 2) 巻き上がり量 Q_{sk} は相対水深(h_m)と状態係数 ξ の関数とすることにより、より明確な整理がなされるようである。また、底泥の条件が一定な場合では、現象の密度流性および掃流性の強弱を Q_{sk} と ξ から作られる曲線の勾配の大小から判断出来ると考えられる。

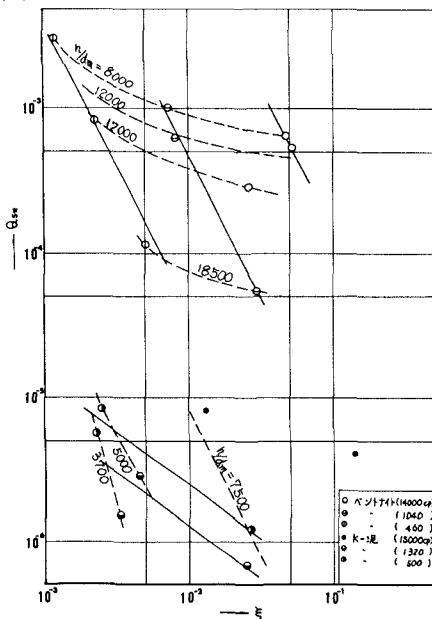


図3 Q_{sk} と ξ の関係

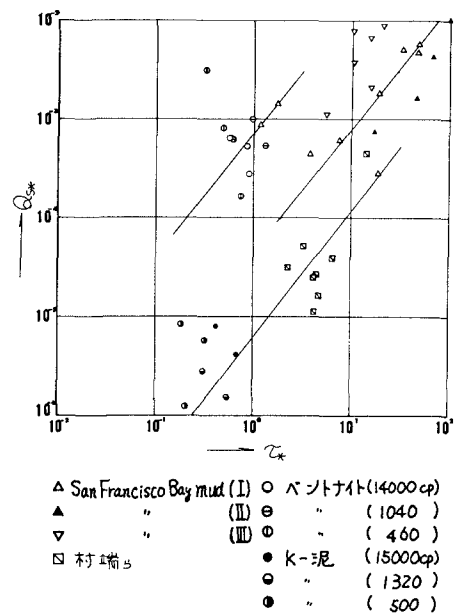


図4 Q_{sk} と τ_* の関係