

神戸大学工学部 正 員 神田 徹
 神戸大学大学院 学生員 東野 誠
 大 阪 府 正 員○島田直也

1. まえがき

筆者らは、流れの存在する場での底泥の挙動について検討しているが¹⁾、本研究では一方向流れのもとで、底泥材料としてカオリナイトを用いて水路実験を行い、巻き上げ現象と界面波発生時の巻き上げ量の特性について検討した。

2. 実験装置と方法

実験水路は図-1に示すような幅20cmの矩形断面開水路で、深さ5.5cm、幅20cm、長さ200cmの凹部を水路下流端から150cmの位置に設けている。底泥材料として均一な含水比に調節したカオリナイトをこの凹部に敷き通水した。底泥面からの単位面積当たりの巻き上げ量 q_m ($\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)は次式によって算定した。

$$q_m = \frac{1}{L} \int_0^h (C \cdot V) dy$$

ここに、 L :採水地点までの底泥部流下長(m)、 C :水中における底泥濃度(kg/m^3)、 V :底泥上の水流流速(m/s)、 h :水深(m)。

3. 巻き上げ現象について

巻き上げとは底泥の表面からの微細泥粒子の浮上のことである。一方向流れ場のもとでは、底泥の巻き上げ現象は大きく3つに分けることができる。低含水比域の底泥の場合には、水流速にかかわらず底泥表面全体からほぼ一様に微細粒子が離脱する(図-2)。中含水比域の底泥の場合には、水流速が小さい時は図-2のように粒子が浮上する。水流速が大きくなると泥面からの一様な浮上と同時に、底泥表面に流下方向に平行な縦筋が何本か発生し、その峰から連続して煙状に泥粒子が浮上する(図-3)。高含水比域の底泥の場合には、水流速が小さい時は泥面全体から一様に浮上する。水流速が大きくなると泥面からの一様な浮上と同時に、底泥表面上に流れ方向を先端とした弧形の峰をもつ界面波が発生し、その峰が碎けて泥粒子が流水中に拡散する(図-4)。このように中・高含水比域の場合、巻き上げは泥全面だけでなく部分的に集中して起こる。

本研究では界面波が発生した時の巻き上げを対象とした。

4. 実験結果

4.1 界面波の発生

実験で観察された界面波は以下の3つに分類できる。

①峰の中央部を先頭とした弧形の界面波が発生し、発達→減衰の過程を経た後消える。床面上からの粒子の浮上は確認

Tohru KANDA, Makoto HIGASHINO, Naoya SHIMADA

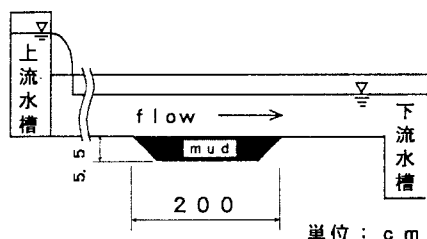


図-1 実験水路

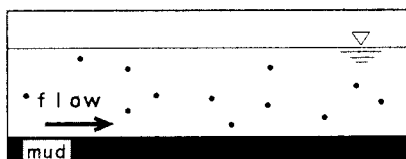


図-2 巻き上げ現象

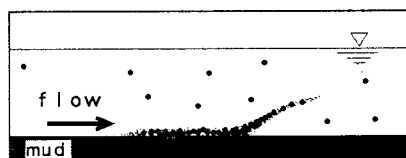


図-3 巻き上げ現象（縦筋）



図-4 巻き上げ現象（界面波）

されるが、砕波による巻き上げは認められない。②発生した界面波の峰が上方に押し出されるように砕け、その部分より流水中に底泥粒子が拡散し、懸濁する。③界面波は全て砕波し多量の底泥が巻き上がる。さらに泥表面せん断応力を増加させると底泥が不規則に波打ち始め、砕波による巻き上げに加え床面からの粒子の浮上も活発となる。

図-5は泥表面せん断応力と初期含水比をパラメータにとり、上記の界面波の発生領域をプロットしたものである。図中△印は界面波①、●印は②、×印は③のプロットである。図より、初期含水比が大きいほど泥表面せん断応力が小さい領域で各界面波が発生する。

4.2 巻き上げ量と初期含水比の関係

巻き上げ量と初期含水比の関係を図-6に示す。この図より、巻き上げ量に初期含水比が及ぼす影響は小さく、砕波している形態ほど図中で上方にプロットされることがわかる。界面波①および界面波②が発生した時の巻き上げ量を以下に示す。

$$q_m = (2.0 \sim 7.0) \times 10^{-5} \quad (\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}) \quad (\text{界面波①})$$

$$q_m = 5.0 \times 10^{-5} \sim 2.0 \times 10^{-4} \quad (\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}) \quad (\text{界面波②})$$

大坪ら²⁾はカオリナイトを用いた流送実験で流送限界での飛び出し量を $3.0 \times 10^{-5} (\text{kg/m}^2 \cdot \text{s})$ としているが、この値に比べて本実験による巻き上げ量の方が多い。これは、界面波発生時における底泥の流動によって粒子が浮上しやすくなるためだと考えられる。

4.3 巻き上げ量と泥表面せん断応力の関係

巻き上げ量と泥表面せん断応力の関係を図-7に示す。巻き上げ量と泥表面せん断応力は次式のように無次元化した。

$$q_{m*} = \frac{q_m}{\rho_w (s-1) \cdot u_*}, \quad \tau_* = \frac{u_*^2}{(s-1)gd_m}$$

ここに、 s ：泥粒子の比重($=\rho_m/\rho_w$)、 ρ_m ：泥粒子の密度、 ρ_w ：水の密度、 u_* ：摩擦速度、 d_m ：平径粒径($12\mu\text{m}$)。

図より、泥表面せん断応力の増加に伴い巻き上げ量は増加する。また、砕波しやすい形態ほど図上で右上側にプロットされる傾向が見られる。泥表面せん断応力が増加すると底泥の流動が大きくなると共に界面波の形態も変化する。これが巻き上げ量の増加に関係していると考えられる。

参考文献

- 1) 神田徹, 笹 真: レオロジー特性を考慮した底泥の流動モデル, 水工学論文集, 1994.
- 2) 大坪国順: 底泥の再浮上機構に関する基礎的研究, 京都大学博士論文, 1984.

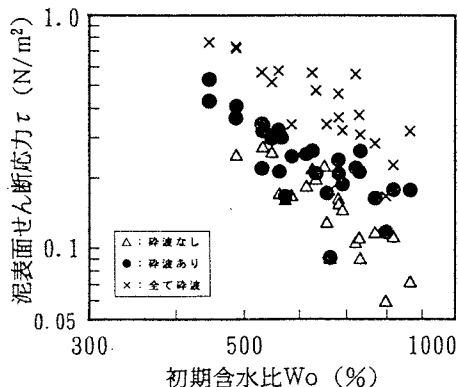


図-5 界面波の発生領域

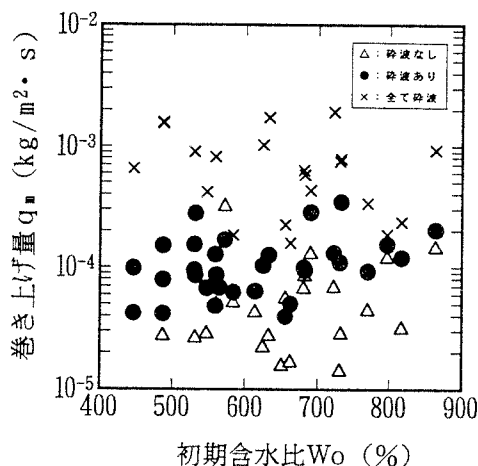


図-6 $q_m \sim W_o$ 関係

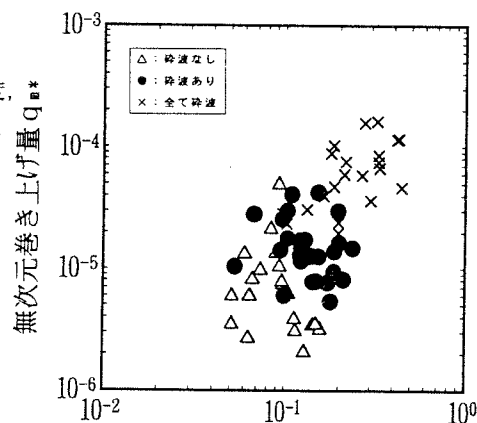


図-7 $q_{m*} \sim \tau_*$ 関係