

## II-448

## 流水による底泥の巻き上げについて

大 阪 府 正 員 島田直也  
 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

## 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<sup>1)</sup>、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。底泥流速はサーマル式微流速計で測定した。

## 3. 巻き上げ現象について

本研究で観察された一方向流れ場での巻き上げとは、底泥の表面からの微細泥粒子の浮上のことであり、この巻き上げ現象は次のような3つの形態に分けることができる。低含水比の底泥の場合には、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(a))。中含水比の場合には、水流速が小さい時は図-2(a)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-2(b))。高含水比の場合には、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-2(c))。このように中・高含水比の場合、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. 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峰の中央部を先端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。床面上から粒子が浮上するのが確認されるが、碎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碎け、その部分より流水中に底泥粒子が拡散し、懸濁する。③界面波は全て碎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、碎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-3は泥表面せん断応力 $\tau$ ( $N/m^2$ )と初期含水比 $W_0$ (%)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

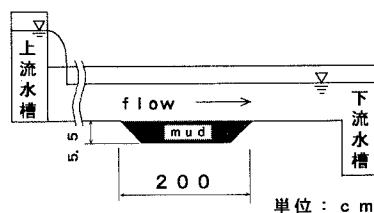


図-1 実験水路

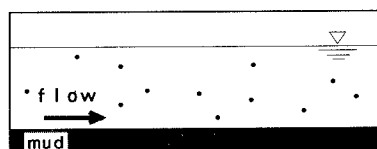


図-2(a) 巻き上げ現象

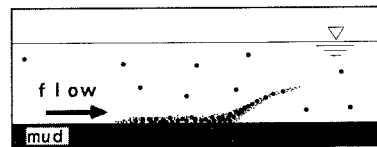


図-2(b) 巻き上げ現象(縦筋)



図-2(c) 巻き上げ現象(界面波)

生する。

### 5. 巻き上げ量と泥表面せん断応力の関係

底泥面からの単位面積当たりの巻き上げ量  $q_m$  ( $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$ ) と泥表面せん断応力  $\tau$  ( $\text{N/m}^2$ ) の関係を図-4に示す。ただし、両者は下記のように無次元量で示している。

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

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( $\text{kg/m}^3$ )、 $U$ :底泥上の水流流速( $\text{m/s}$ )、 $h$ :水深(m)。

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

ここに、 $s$ :泥粒子の比重( $=\rho_m/\rho_w$ )、 $\rho_m$ :泥粒子の密度、 $\rho_w$ :水の密度、 $u_*$ :摩擦速度、 $d_m$ :半径粒径( $11\mu\text{m}$ )。

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、砕波している形態ほど図上で右上側にプロットされる。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。

### 6. 巻き上げと底泥の流動による輸送との関係

巻き上げられた底泥の採水地点における輸送量  $Q_m$  ( $\text{kg/m} \cdot \text{s}$ ) は次式で表される。

$$Q_m = \int_0^h (C \cdot U) dy$$

底泥の流動による底泥輸送量  $Q_{m,b}$  ( $\text{kg/m} \cdot \text{s}$ ) は次式で表される。

$$Q_{m,b} = \int_0^{\delta_m} (C_b \cdot v) dy$$

ここに、 $C_b$ :流動層内の平均濃度の近似値( $=\rho_m(1+W_o)/(1+s \cdot W_o)$ ) ( $\text{kg/m}^3$ )、 $v$ :底泥流速( $\bar{v}/v_s = \exp.(-3.86(y/\delta_m))$ ) ( $\text{m/s}$ )、 $v_s$ :泥表面流速( $\text{m/s}$ )、 $\delta_m$ :流動層厚( $\text{m}$ )。この両者の関係を示したのが図-5である。

図より底泥の流動による輸送量の増加に伴い、水流による輸送量(巻き上げ量)は増大しており、前者と後者の比率は100:1のオーダーである。また砕波している形態ほど右上側にプロットされる。

底泥は、通常周囲に存在する粒子との間に相互に働く分子間力等によって集合体を構成しているが、水流によってこの拘束力を上回るせん断応力がかかると構造が破壊され底泥は流動し始め、せん断応力が大きいほど流動の度合いも大きくなる。また拘束力を失って表層を流動する底泥は、水流によるせん断応力や水流の乱れ等によって水中へと移動し、拡散するので、底泥の流動が大きくなるほど巻き上げられやすくなると考えられる。

### 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, 水工学論文集第38巻, 1994.

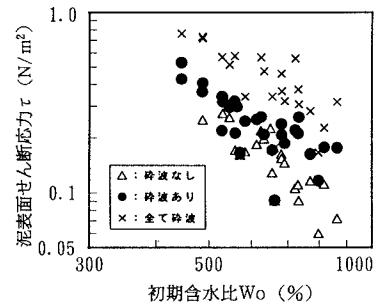


図-3 界面波の発生領域

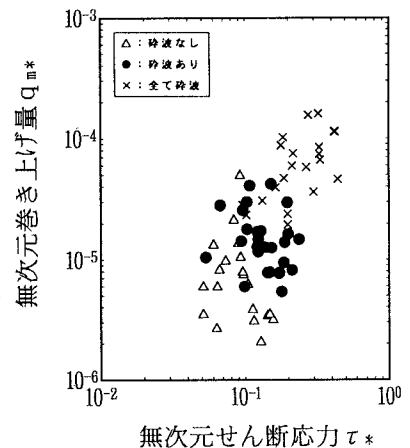


図-4  $q_{m*} \sim \tau_*$  関係

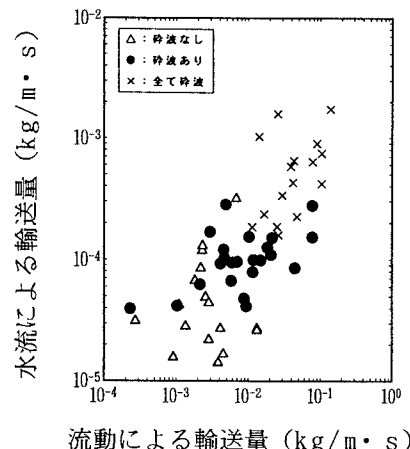


図-5  $Q_m \sim Q_{m,b}$  関係