

高含水比粘土の波による舞い上がりについて

セントラルコンサルタント 正 員○山本 弘和  
徳島大学工学部 正 員 中野 晋  
徳島大学大学院 学生員 伊東 信幸

1. はじめに エスチャリーでのシルテーションや水質汚濁などの問題の解決を図る上で、シルトや粘土といった微細粒子の波浪場での挙動を解明することは大変に重要である。本研究では特に波による底泥の舞い上がり機構について検討している。そのため波高減衰、浮遊底泥濃度の時間変化のほか、水面波、底泥波と底泥表面近くの流速の測定から底泥表面付近の速度場を調べて底泥の舞い上がり機構について考察を加えた。

2. 実験方法 実験には、水路長18.8m、高さ0.75m、幅0.49mの片面ガラス張廻流装置付2次元造波水路を用い、水路中央部には、長さ3m、幅0.49m、高さ0.10mの底泥床部を設けてある。底泥には所定の含水比に調整したカオリナイト(ASP600、乾燥比重2.67)を用いた。底泥床上の水深は0.20mとし、浮遊底泥濃度が場所的にあまり変化しないように波と同方向の流れ(断面平均流速5cm/sec)を作用させた。底泥の含水比Wは170~210%、入射波高は4.0~6.5cmで変化させた。10分ごとに超音波測深機、2成分電磁流速計により、底泥中央部(x=1.5m)における底泥波高、底泥床上2cmの流速を測定し、同時に底泥床上流端より0.5, 1.5, 2.5mの地点で容量式波高計を用い波高を測定した。また実験開始後0, 3, 6, 10, 15, 20, 30, 45, 60分に底泥床岸側端より70cm岸よりの固定床上に設置した採水装置によりz=5, 10, 15の位置で採水を行い、浮遊底泥濃度を求めた。

### 3. 実験結果

(1) 波高減衰 波の影響によって底泥が運動するような所では、波と底泥との相互干渉により波高減衰が生じる。含水比170%、入射波高5cmのときの波高減衰の様子を図-1に示す。任意の位置の波高は

$$H_w = H_{w0} \exp(-k_1 x) \quad (1)$$

で表され、このケースの波高減衰率 $k_1$ は0.00281(1/cm)である。今回の実験ケースにおいてはどのケースにおいても大きな波高減衰が見られた。

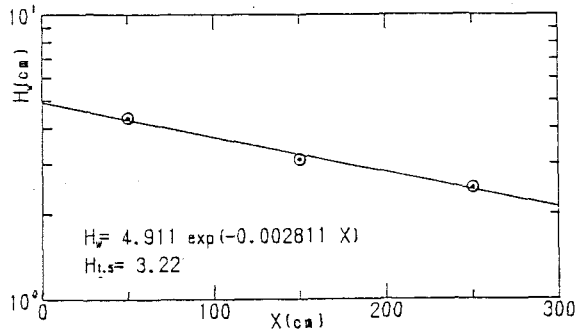


図-1 波高減衰の状況(W=170%)

(2) 底泥の飛び出し率 浮遊底泥濃度は一般に底泥表面付近が一番濃く水面に近づくにつれて薄くなっていく。楠田ら<sup>1)</sup>の研究によると定常状態の浮遊底泥濃度は、z方向だけを考えた1次元拡散方程式の定常解に境界条件を与えることにより $C(z) = a z^b$ と表され、これを水深で積分し水深で除して平均浮遊底泥濃度 $C_a$ を算出する。しかし $z \rightarrow 0$ で $C \rightarrow \infty$ となるため規準高さ $z_a$ 。(今回の実験では3mmの一定値とした)より底面に近いところでは $C(z) = C(z_a)$ と考えた。こうして求めた $C_a$ に水路内総水量をかけ、底泥床表面積で除して底泥表面単位面積当りの飛び出し量を算出した。以上のようにして計算された単位面積当りの飛び出し量の経時変化を調べその増加率から平均飛び出し率 $\bar{P}_s$ を求めた。図-2は平均飛び出し率 $\bar{P}_s$ と入射波高 $H_{w0}$ との関係を示したものである。これより $\bar{P}_s$ と $H_{w0}$ の関係式を求めると

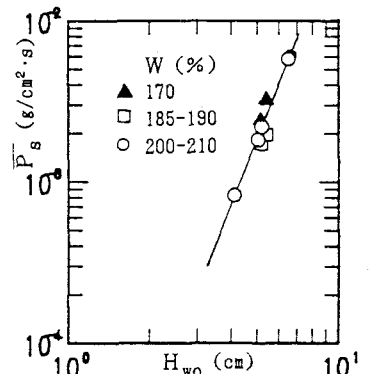
$$\bar{P}_s = \alpha H_{w0}^\beta \quad (\alpha = 4.01 \times 10^{-6}, \beta = 3.80) \quad (2)$$


図-2 平均飛び出し率と入射波高

となる。このように平均飛び出し率は含水比による違いはあまりはっきりしないが、入射波高とは強い相関

を持っており、ほぼ入射波高のべき乗で表されることがわかる。図-1に示したように底泥床上では波は減衰しながら進行していく。波高と底泥の飛び出し率とは密接な関係があることから波による底泥の飛び出し率は場所によって変化すると考えられる。そこで、任意位置での局所飛び出し率 $P_s$ がその位置での波高 $H_w$ と次式のよう

$$P_s = \alpha' H_w^{\beta'} \quad (3)$$

$\bar{P}_s$ と入射波高の関係と $P_s$ とその位置での波高との関係は類似の

$$P_s = \alpha' H_{w0} \exp(-\beta k_1 x) \quad (4)$$

となる。また  $\bar{P}_s = (\int_0^L P_s dx) / L$  ( $L$ : 底泥床長さ) の関係を用いると $\alpha'$ が決定され、波高減衰率と平均飛び出し率から任意位置での飛び出し率 $P_s$ が求められる。

図-3~5はそれぞれ $x = 150\text{cm}$ での底泥波高、水平および鉛直流速振幅と局所飛び出し率との関係を調べたものである。なお底泥波高などは底泥の降伏値 $\tau_y$ と水と底泥の密度 $\rho_w$ 、 $\rho_m$ を用いて無次元化を図った

が、 $P_s$ はそのままの値で示している。また底泥の降伏値はスランプ試験により求められた値<sup>2)</sup>を用いた。これらの図からいずれの量も飛び出し率と関係が深いことはわかるが、 $P_s$ が無次元化されていないこともあり、それぞれが飛び出し率にどのように影響するかはまだ不明である。

(3)底泥表面付近の速度場 底泥表面付近の速度がどのように舞い上がり

と関係するかを調べるため、底泥床中央部で連

続的に測定した流速と底泥表面変動から図-6に示すような位相平均による速度ベクトル図を作成した。図は含水比170%入射波高5cmのケースで、底泥表面の速度は流速に比べて10倍大きめに表した。なお底泥の流速の $w$ 波形は底泥運動波形の3次近似微分波形を用い、 $u$ 波形は $w$ 波形から著者の1人の手法<sup>3)</sup>による振幅と位相の計算値を基に変換して表している。図よりわかるように底泥波が谷から峰へ移行して行くときに流速ベクトルと底泥運動ベクトルの差が最大となること、峰へ向かって水流が集中していく傾向があることがわかる。したがって底泥はその運動が上向きから下向きに変わるときに流れが集中し底泥粒子に大きな力が作用していると考えられる。またその直前では底泥表面での相対流速が最大になっており、これも考え合わせると主として峰の部分で底泥が舞い上がることが考えられ、実験時の観察でもほぼ同じ状況が見られた。

謝辞：本研究は文部省科学研究費補助金、奨励研究(A)「流れの中での波と底泥の相互干渉による底泥移動に関する研究」の補助を受けて行われたものである。ここに付記して謝意を表する。

参考文献 1) 楠田ほか：第35回海講論文集, 352-356, 1988., 2) 藤平ほか：42回中四支部概要集, 1989. 3) 中野：第43回年講, II, 770-771, 1988.

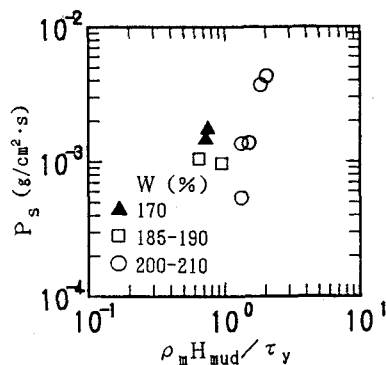


図-3 飛び出し率と底泥波高

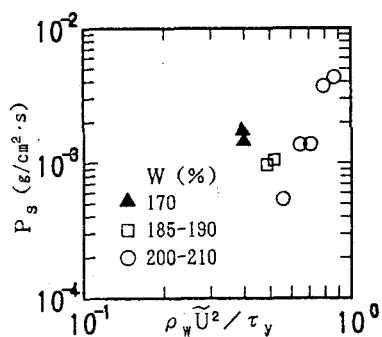


図-4 飛び出し率と水平流速振幅

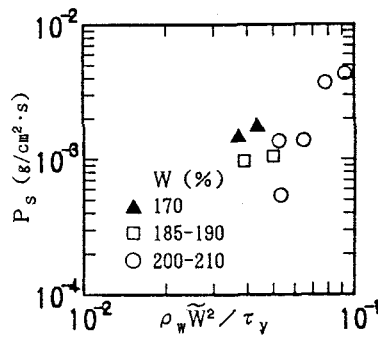


図-5 飛び出し率と鉛直流速振幅

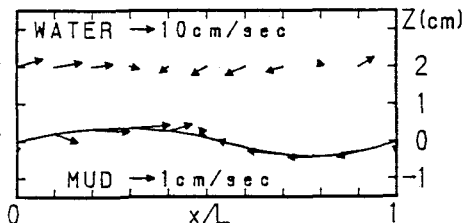


図-6 底泥表面付近の速度場