

海底軟弱土の巻き上げ・沈降特性に関する実験的研究

北海道工業大学大学院 土木工学専攻 学生員 ○諸橋 正
北海道工業大学大学院 土木工学専攻 龍野 暢啓
北海道工業大学 社会基盤工学科教授 正会員 水野 雄三

1. 目的

シルト、粘土のような微細な粒子が潮流や波浪によって巻き上げられ移動して航路や泊地に沈降堆積するシルテーションが問題となっている。そこで本研究は釧路港内の2ヶ所より採取した底質を用いて底質の巻き上げ・沈降特性を室内実験で検討したものである。

2. 実験概要

2-1 巻き上げ実験

本実験はアクリル製の幅8.0cm、高さ21cm、全長160cmの観察部と底部に逆台形型の高さ5cm、上底120cm、下底100cmの底質敷設部を有する振動流水路を用いて行った。本装置は、プーリーという回転部の回転速度を変化させることにより周期を変化させることができ、プーリーの半径を調整することによりピストン部の振幅を変化させて種々の流速振幅（最大振動流速振幅60cm/sec程度）を発生させることができる。

実験では底質敷設部に底質を敷き詰め、実験装置内に気泡が残らないように人工海水（ロートマリンⅡ）で満たし振動流を発生させた。振動流の周期Tは0.8、1.1、1.4secの3種類とし、周期毎に6～8種類の流速振幅を発生させ、所定の時間（0、10、30、60、120、240、360、600、1200、2400、3600、4800、6000、7200sec）ごとに、底質敷設面より2cm上に設置してある採水口より採水してSSを測定して解析に用いた。なお、実験に用いた底質の諸元を表-1に示した。

表-1 底質諸元

底質	No.1	No.2
含水比W(%)	130.57	83.35
土粒子の密度 ρ (g/cm ³)	2.519	2.572
50%粒径 d_{50} (cm)	0.022	0.13
d_{50} 単粒子の沈降 速度 ω (cm/sec)	0.032	1.159

2-2 沈降実験

高さ200cm、下部内径20cm、上部内径40cmの円筒形のアクリル製の沈降塔を用いて水面より30cmごとに設置してある5つの採水口から所定の時間（0、5、10、15、30、60、120、240、360min）ごとに採水してSSを測定して解析に用いた。なお、2種類の底質について初期濃度を4種類に変えて計8回の実験を行った。

3. 実験結果

3-1 浮遊特性

振動流による巻き上がりは、底質表面に作用するせん断応力が巻き上げ限界せん断応力以上に働いた場合に生じ、流速振幅が増加するとともにせん断応力が大きくなり、それに伴い浮遊濃度(SS)も増加する。底質が浮遊するとともに沈降も生じるのでSSは最終的にある値に収束し平衡状態となる。図-1は2種類の底質について、周期毎にSSが収束した平衡状態でのSS

と流速振幅との関係を示したものである。同図によると、流速振幅Uがある程度以上大きくなると、浮遊濃度SSは急激に濃くなるのがわかる。周期による違いを見ると、両底質とも短周期のほうが巻き上がりが早く大きいことがわかる。

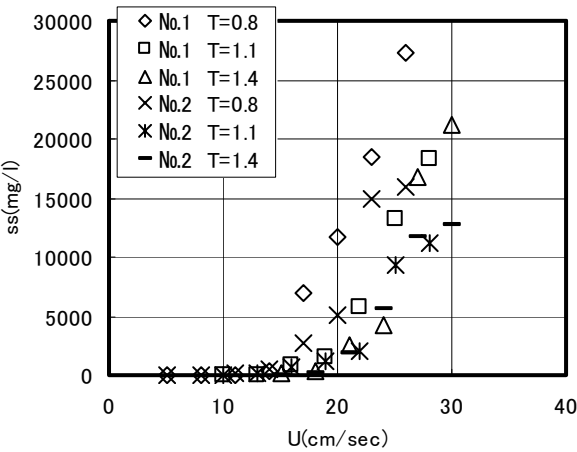


図-1 安定浮遊濃度

3-2 沈降特性

図-2、3は両底質について所定の初期濃度における沈降速度加積曲線¹⁾を示したものである。図-4は、両底質について初期濃度の

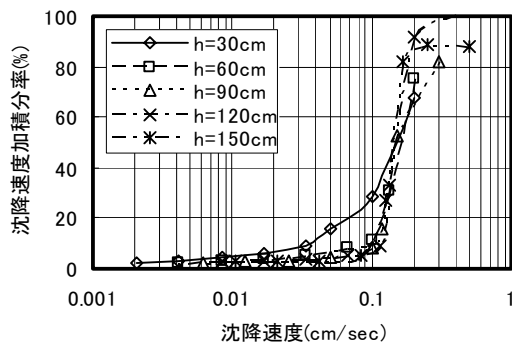


図-2 No.1 初期濃度 4111 (mg/l)

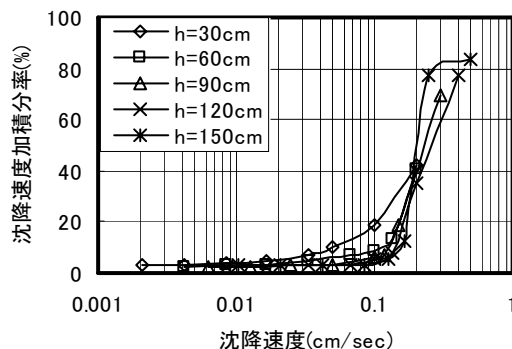


図-3 No.2 初期濃度 3779 (mg/l)

SSと計測深度90, 120, 150cmの25、50、75%加積分率の沈降速度の平均値から算出した沈降速度 ω_{25} 、 ω_{50} 、 ω_{75} との関係を示したものである。 d_{50} の単粒子沈降速度と ω_{50} を比較すると、No.1の底質では、凝集沈降で ω_{50} が早くなり、No.2の底質では、遅くなった。この遅くなった理由としては、大きな粒径を含む底質での沈降実験の場合、初期濃度を採水する前に大きな粒子が沈降してしまっていることがあり、これが原因と考えられる。両底質とも ω_{50} のピークはSSで3800mg/l付近に現れた。

4. 解析

流速振幅 U のときのせん断応力 τ は式(1)、(2)より求めた²⁾。ここに ρ ：海水密度(g/cm³)、 f_w ：底面摩擦係数、 U ：振動流速振幅(cm/s)、 σ ：角振動数($2\pi/T$)、 Z_0 ：粗度長さ($d_{50}/30$)、 τ_e ：底質の限界せん断応力である。 τ_e を求めるための限界流速 U_e は、流速振幅 U とSSとの関係から求めた。今回は採水口が完全に巻き上げられた底質で様に覆われたと考えられる200mg/lというSSに相当する流速を用いた。巻き上がり量と沈降堆積量が平衡状態にあるデータについて、式(3)より ω_{50} を沈降速度に用いて n 、 M を推定して表-2に示した³⁾。また、実験値と推定値との相関を図-5に示した。なお、No.1底質の決定係数は0.872、No.2底質の決定係数は0.733となった。

5. あとがき

両底質について、巻き上げ・沈降特性を表す n 、 M の係数を決定できた。今後の課題として、沈降速度と濃度については、沈降速度にピークが生じる特性があることが示されたが事例を増やしてこの特性を検討していきたい。巻き上げ・沈降特性については、 ω_{50} を使用して解析を行ったが、沈降特性の結果より粒径の大きさによっては ω_{25} 、 ω_{75} 等のほかの加積分率の沈降速度についても検討し精度を上げていきたい。

最後に北海道開発局釧路港湾建設事務所から底質の提供をいただいたことに対してこの紙面を借りて、謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 丹保憲仁・小笠原紘一：「浄水の技術」 pp. 283～291
- 2) 田中仁：「波・流れ共存場における底面摩擦係数の陽形式近似式」 土木学会論文集 第417号 pp. 285～288、1990年
- 3) 村上和男・管沼史典・佐々木均：「円形回転水路による底泥の巻き上がりと沈降に関する実験的研究」 港湾技術研究報告 第28巻 第1号 pp. 43～76、1989年

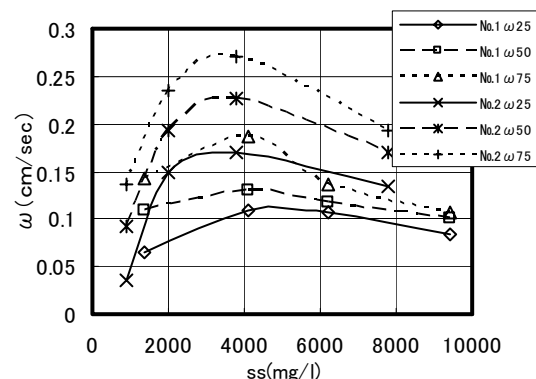


図-4 沈降速度と濃度の関係

$$\tau = \frac{1}{2}(\rho \times f_w \times U^2) \quad \text{式(1)}$$

$$f_w = \exp \left\{ -7.53 + 8.07 \left(\frac{U}{\sigma Z_0} \right) \right\} \quad \text{式(2)}$$

$$C \omega = M \left(\frac{\tau}{\tau_e} - 1 \right)^n \quad \text{式(3)}$$

表-2 底質ごとの n 、 M/β の値

底質	No.1	No.2
n	1.79	1.60
M	0.00490	0.00615

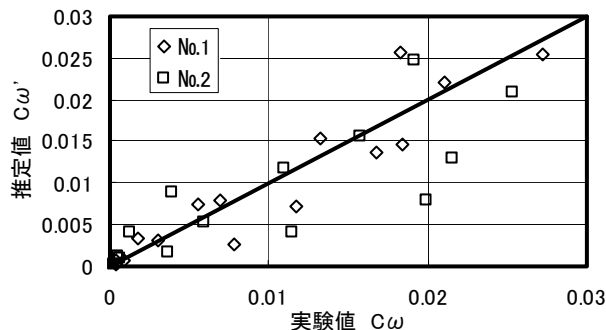


図-5 実験値と推定値