

振動流中の浮遊懸濁物質の挙動に関する実験的研究

九州大学工学部 学生員 大津圭祐 学生員 末次敏弘
 同上 正員 楠田哲也 正員 二渡了

1. はじめに

沿岸・河口域に存在する微細な粘土やシルト系粒子からなる軟弱底泥は、波や流れの影響を受けて、巻き上げ、沈降、輸送、堆積といった現象を繰り返している。それらは海上交通の拠点となる港湾において、水質汚濁や航路及び泊地の埋没等の諸問題を引き起こしている。現在これらの現象の解明による人工的制御が社会的に強く求められており、問題解決のための早急な研究が求められている。したがって、本研究では懸濁物質の鉛直輸送に大きな影響を与えていると思われる高濃度層(浮泥層)に着目し、振動流中における高濃度層の挙動、特にその限界状態(濃度層消失)について考察を加え、従来の研究結果¹⁾との比較検討も合わせて行った。

2. 実験装置及び方法

本実験に使用した全長5m、測定部断面幅及び高さ20cmの正方形断面を有するアクリル製U字型振動流水槽を図-1に示す。この装置では、波動下における水面変動の影響を生じさせない特徴を有する。無視することができる。また、水槽片端面からのピストン(ストローク、周期は可変でありこれによって底面剪断応力を変えることが可能)の往復運動により定常的な振動流を発生することができる。水槽側面中央部には、水槽内の濃度分布を求めるために、鉛直方向に10点(底面より0.1, 0.3, 0.6, 1, 1.5, 2, 3, 5, 7, 10, 14, 18cm)からステンレスパイプ(外径1.6mmφ)によって水槽中心部より採水できる装置を取り付けている。0.1, 0.3, 0.6cmの採水点は底面近傍の濃度が、高濃度層内の平均濃度に大きく影響を与えるために設けたものである。懸濁物質の濃度は透過式濁度計を用いて測定を行った。試料には牛津川底泥(比重2.51、中央粒径 $d_{50}=1.7\mu\text{m}$)を用い、所定の濃度に設定するために海水と混合した。実験は、懸濁液を素早く水槽片端から注入して行った。実験は、同一の初期濃度(C_0)の懸濁液に対して数通りに剪断応力を変化させて定常状態に達するに必要な300分程度行った。剪断応力は、周期を一定のまま振幅によって変化させている。詳しい実験条件は、表-1に示している。表中のRUN1~3は前報の実験、RUN4~6は今回の実験条件である。

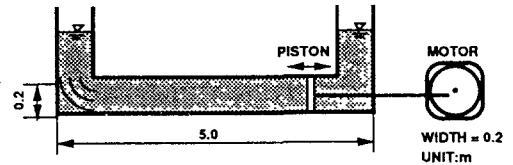


図-1 振動流水槽

表-1 実験条件

3. 実験結果及び考察

従来の研究によると、振動流中における鉛直濃度分布は堆積した圧密底泥直上に形成される高濃度層とその上に位置する濃度変化があまり見られない低濃度層との二層構造となる。今回の実験でも、その様子を確認することができた。この高濃度層について、層厚・層内平均濃度と剪断応力の関係について検討を加える。

(a)高濃度層厚

前報の実験では、高濃度層厚の決定を壁面からの目視によって行っている。しかし、初期濃度によって界面が明瞭でない時があるということと、水槽外側からの目視による境界面は壁面の影響を受けているということを考慮し、本報では求められた濃度分布(図-2)により決定している。図-3は、高濃度層厚と底面剪断応力との関係を示したものである。これまで高濃度層厚は剪断応

RUN No.	初期濃度 C_0 (kg/m ³)	周期 T (sec)	振幅 a (cm)	最大底面剪断応力 (N/m^2)
1-1	1.0	4.0	1.6	0.261
1-2			1.2	0.196
1-3			8	0.131
2-1	5.0	4.0	1.6	0.261
2-2			1.2	0.196
2-3			8	0.131
3-1	10.0	4.0	1.6	0.261
3-2			1.2	0.196
3-3			8	0.131
4-1	1.0	3.0	1.8	0.453
4-2			1.6	0.402
4-3			1.4	0.352
4-4			1.0	0.251
5-1	5.0	3.0	1.8	0.453
5-2			1.6	0.402
5-3			1.4	0.352
5-4			1.0	0.251
6-1	10.0	3.0	1.8	0.453
6-2			1.6	0.402
6-3			1.4	0.352

力、初期濃度が増加するにつれて大きくなると思われていたが、剪断応力に関して言えば、ある限界剪断応力値が存在しそれを越えるとはば一定となる傾向があることが解った。初期濃度に関しては、これまでと同様、濃度の増加にともなって厚くなっている。ここで $C_0=10\text{g/l}$ 、剪断応力 0.3N/m^2 以下の傾向が他と異なっているが、これは前報のデータであり、実験条件の違いによるものと思われる。

(b)高濃度層内平均濃度

図-4は高濃度層内平均濃度と底面剪断応力との関係を示したものである。懸濁粒子は海水が静止した状態で最も沈降すると考えられるので、高濃度層内の平均濃度は、底面剪断応力が大きくなるにしたがって減少していき、最終的に初期濃度に漸近することが予想された。前報の結果では、初期濃度によってその傾向が違っていたが、今回の結果では全ての濃度でその傾向が現れている。ここで、 $C_0=1.0\text{g/l}$ 、底面剪断応力 0.3N/m^2 以下の濃度が低いのは採水点の違いによるもので、底面近傍の濃度が求められていればもっと高くなると考えられる。しかし、 $C_0=5.0, 10.0\text{g/l}$ では今回の設定剪断応力ではある濃度に漸近してしまい、初期濃度に漸近するにいたらなかった。これは、初期濃度が高くなると懸濁液中の粘性が大きくなり、その分だけ高濃度層の動きが低下することが原因として考えられる。

4. おわりに

今回の実験では底面剪断応力と高濃度層厚・高濃度層平均濃度の関係から高濃度層消失に関する定性的な結果が得られた。今後、この定量的な評価のために、試料性状の変化等をなくし、これまでより大きな剪断応力及び種々の初期濃度の実験を行っていく予定である。

参考文献

1)末次，他；振動流下における懸濁物質の沈降過程と形成された高濃度層の特性，土木学会第45回年次学術講演会概要集Ⅱ，pp.672～673，1990。

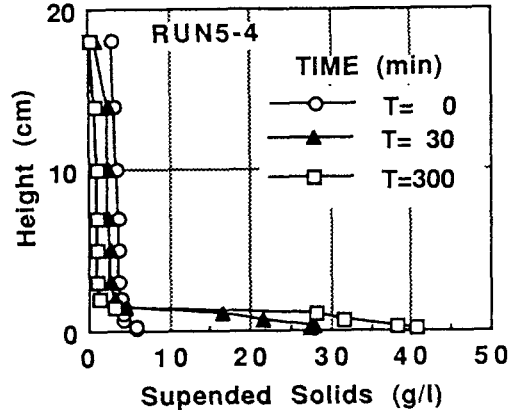


図-2 鉛直濃度分布

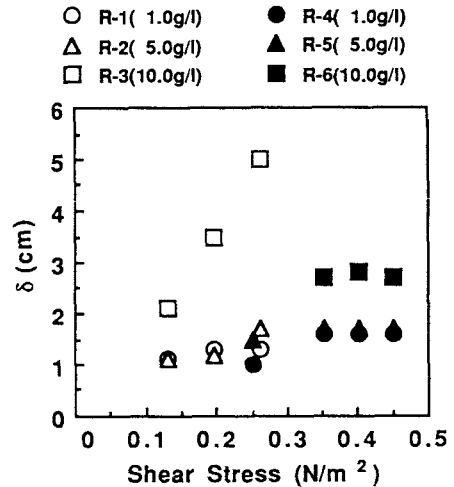


図-3 層厚と底面剪断応力の関係

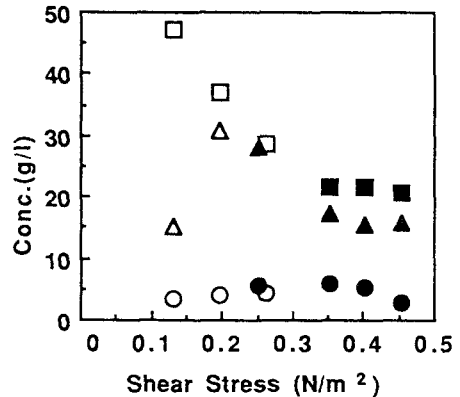


図-4 高濃度層内平均濃度と剪断応力の関係
(図中の記号は図-3と同じ)