

振動流下における底質の挙動に関する研究

九州大学工学部 学生員 吉見博之 学生員 山西博幸
同 上 正 員 楠田哲也 正 員 二渡 了

1. はじめに

海域において、底泥の巻き上げ、沈降、浮遊といった現象が繰り返されている。これらの現象は、航路や港湾建造物の埋没、海域の水質汚濁などの様々な問題を起こす原因となる。筆者らが従来行ってきた波作用下における巻き上げ実験¹⁾では、波高による圧力差や水路方向の物質輸送の問題があり、巻き上げ量を正確に評価できなかった。この問題を改善するために、本研究では、振動流型水路を用いた巻き上げ実験を行い、巻き上げ量の経時変化、巻き上げ速度と周期との関係、底泥の表面形状変化について検討を加えた。

2. 実験装置及び方法

実験には図-1に示すような振動流型水路(直線部分の全長3.9m、断面25×25cm)を用いた。試料には市販カオリンASP-600(比重2.66、中央粒径 $0.64\mu\text{m}$)を用い、比重1.025の海水中で実験を行った。実験は、所定の含水比に調整した試料を水路中央部(長さ180cm)に厚さ5cmに均一に敷き、海水を満たした後、流れを作用させて行った。実験中経時的にサイフォンにより採水を行い、濁度計を用いてSS濃度を測定した。採水時刻は1、2、3、5、7、10、15、30、60、120、180分とした。また採水口の位置は水路鉛直方向に底泥表面から0.5、1、2、3、5、7、10、15、20cmの9点に設定した。実験条件は表-1に示すように、5通りの周期に対して、底面剪断応力が波作用下での実験時とほぼ同一になるようにピストンのストロークを変えて行った。なお、試料含水比も波作用下で実験時とほぼ同一になるようにピストンのストロークを変えて行った。ただし、周期4.3secの実験では途中底泥の表面形状を観察するために実験開始1時間後に中断し、上層水を入れ換えた後再び2時間実験を続けて行った。

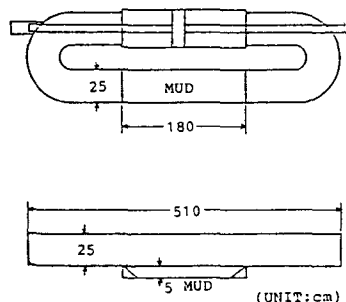


図-1 実験装置

表-1 実験条件

周期 (sec)	含水比 (%)	底面剪断応力 (N/m^2)
0.9	95.8	0.470
1.0	93.6	0.465
1.1	91.6	0.482
1.5	93.1	0.475
4.3	93.5	0.463

3. 実験結果及び考察

図-2に巻き上げ量の経時変化を示す。巻き上げ量は時間の経過とともに増加し、ある時間を過ぎると巻き上げ量の増加率は減少しており、波作用下の時と同じような傾向にある。振動流下における実験では物質輸送の影響は改善されており、このことから巻き上げに及ぼす物質輸送の影響は小さいことがいえる。また、振動流下の底泥の表面形状は波作用下と同様な変化が観察でき、これより時間が経過すると巻き上げ量の増加率が小さくなるという現象は底泥の表面形状の変化もしくは底泥の表層硬化が原因であると考えられる。このことは、実験途中で上層水を入れ換えた場合に後半において巻き上げがあまり起こっていないことからいえる。次に、図-3に巻き上げ速度の経時変化を示す。各周期での巻き上げ速度は、いずれも15分までにピーク値に達し、それ以後は時間経過とともに減少している。60分後の巻き上げ速度は、周期1.5、4.3secのものが周期0.9、1.0、1.1secのものに比べ2倍近く大きくなっているが、120分になると周期1.5secは極端に下がり、周期が短いときのものはあまり下がらない傾向にあることがわかる。また、周期を4.3secとして、実際の海域に近い周期での実験を行ったが、初期巻き上げ速度は周期1.1secよりかなり低くなっている。しかし、図-2に示されているように巻き上げ総量を全体的に比較すると、周期4.3secの場合は $3.5\text{kg}/\text{m}^2$ 程度まで巻き上げられている。一方、

底泥の表面形状は、周期が短いときは底泥の表面にリップルの形成が顕著に表れ、逆に周期が長いときは底泥の表面は平坦の状態に近かった。さらに、水と底泥の粘性係数の違いから起こる底泥上の水粒子の振動と底泥の振動とに位相差が生じる現象が実験中に観察できた。

巻き上げ量 E は、底泥の物性 F （含水比、粒度分布、比重など）や底面剪断応力 $(\tau - \tau_c) / \tau_c$ （ τ_c は底泥の巻き上げ限界底面剪断応力）、周期 T 、波高による圧力差 P の関数であると考えられる。

$$E = f(F, (\tau - \tau_c) / \tau_c, T, P)$$

本実験では F 、 $(\tau - \tau_c) / \tau_c$ を波作用下に合わせており、振動流下であることから P の要因は無視される。波作用下の場合と振動流下の場合の初期巻き上げ速度と周期との関係を示したのが図-4である。これらを比較すると両者ともに周期1.1secで初期巻き上げ速度はピーク値を取り、このことより巻き上げ量と周期との関連性があることがわかる。

以上をまとめると、周期と巻き上げ速度及びその時間変化との関係は、①底泥の表面形状の変化と周期の関係、②周期の違いによる水粒子と底泥の振動運動の位相のずれ、といった要因により支配されているものと考えられる。

4. おわりに

波作用下における底泥の巻き上げ実験での諸問題点を改善するために振動流型水路を用いた実験を行ったが、この巻き上げ現象に関与する要因として、底泥の表面形状変化や表層硬化と周期との関連があることがわかった。今後さらに、この点について検討を加えていく予定である。なお、本研究は、財団法人鹿島学術振興財団研究助成金による援助を受けたものであり謝意を表します。また、実験装置を提供して下さい九州大学応用力学研究所の方々にもお礼申し上げます。

<参考文献>

- 1) 山西、他；波による底泥の浮遊及び挙動に関する研究、第35回海岸工学講演会論文集、PP.352~356、1988

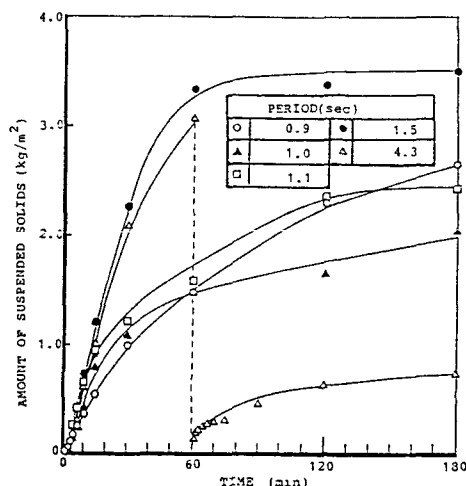


図-2 巻き上げ量経時変化

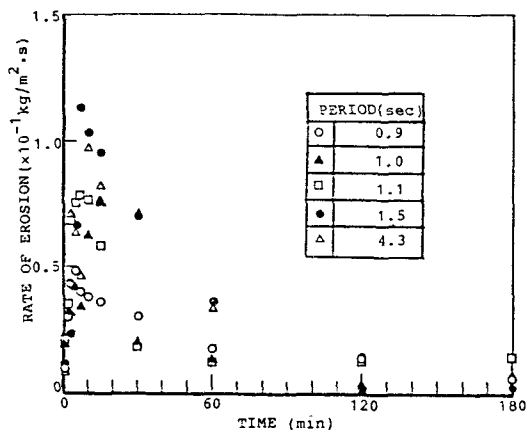


図-3 巻き上げ速度経時変化

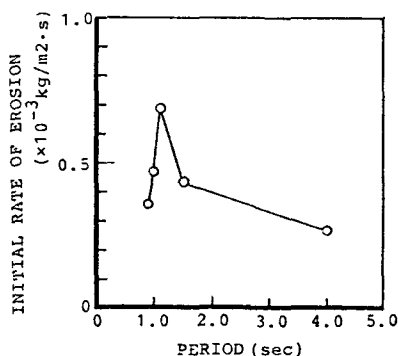


図-4 初期巻き上げ速度と周期との関係