

II-4

周期的に掃流力が変動する場合における底泥の巻き上げと沈降

九州大学 工学部 正 海田輝之 正 栗谷陽一
正 楠田哲也 学 石原達弘

1. はじめに

感潮河川部や湾等に流入、堆積した底泥は潮汐により巻き上げ、沈降、堆積を繰り返している。この底泥は水環境汚染源の一つとして、SS自体による濁りの問題や吸着した有害物質の輸送媒体として働く等の問題を引き起こす事が明らかにされてきた。しかしながら、底泥自体の潮汐等による輸送の機構については未だ不明な部分が多く、現象の充分な解明には至っていないのが現状である。本研究は以上の観点に基づき、感潮部での底泥の輸送現象の予測を可能とするための第一段階として、室内で周期的に掃流力が変動する場合を作製し、初期底泥堆積時間や最大掃流力の相違によるSSの挙動を実験的に検討し、さらに、感潮部での底泥の輸送のモデル化の方法を提案したものである。

2. 実験装置及び方法

実験は図-1に示した円形回転水路を用いて行なった。水路の詳細については別報を参照)流速は同期 690分の正弦関数の絶対値に従って周期運動させた。掃流力では流速の変動に従い、図-2に示す様に周期的に変動する。実験は3種の最大掃流力(0.05, 0.10, 0.15 N/m^2)について行なった。その実験条件を表-1に示す。表中のTは実験開始までの静置時間を示している。T=130時間の実験では試料を初期濃度(Co)40g/lで充分に攪拌し、130時間静置沈降させて底泥を形成した後、図-2のT=0から開始した。T=0時間の実験は試料を充分に攪拌し、図-2のTが最大の時点から開始した。試料としてはカオリン(Engelhard, Aspdoo)を用いた。その比重は2.65, 平均径 $0.64\mu m$ (ZIS A1204), 流性限界6%, 塑性限界36%であった。サンプリングは底泥界面より8cmの所で行なった。また、実験終了時には底泥を層別採取し、固体比率の鉛直分布を測定した。SSの測定には孔径 $0.4\mu m$ のメンブレンフィルター、粒度分布の測定には光透過型遠心粒度分布測定装置を用いた。実験は比重1.025の塩水中で行ない、実験中における試料の物性変化を防ぐため、すべての実験は $22\pm 1^\circ C$ の恒温室内で行なった。

3. 実験結果及び考察

図-3はRun Iでの3周期目のSSがピークの時の粒度分布を示す。この粒度分布は採取した試料をAは超音波破壊器に10秒間かけたもの、Bは分散剤としてヘキサメタリン酸ソーダを加え超音波破壊器にかけたもの、CはBの操作の前に塩水を抜き蒸留水を加えたものである。このように、B, Cになるに従って細かい粒子の比率が多くなり、事が解る。従って塩水注入により試料はかなりフロック化しており、Aよりもさらに大きな粒子が巻き上げと沈降を繰り返していると考えらる。次に図-4, 5に例としてRun I, IIの掃流力とSSとの関係を示す。また、図-6に各Runにおける周期回数と各周期のSSのピーク値との関係を示す。本研究で用いた試料の堆積時間は30時間での巻き上げの限界掃流力は約 $0.09 N/m^2$ であるため、Run Iでは巻き上げは生じなかった。またT=0時間の各Runの2周期目までは界面が形成され、この界面もかなり破打、図-4中のSSは水路底より120cmの点のものである。掃流力とSSとの関係は前報の実験と同様、各周期において図上で左回りのループを描いている。まず、周期的繰返しによるSSの挙動をみてみる。T=0時間の場合、SSは繰返しの回数が増加に伴って減少し、最終的には定常状態になっている。この定常時の最大SS

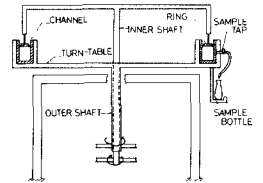


図-1 実験装置

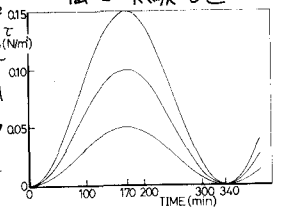


図-2 掃流力の時間変動

表-1 実験条件

Run No	τ_{max} (N/m^2)	T (hr)	C_0 (g/l)
I	0.15	0	40
II	0.15	130	40
III	0.10	0	40
IV	0.10	130	40
V	0.05	0	40
VI	0.05	130	40
VII	0.15	0	30

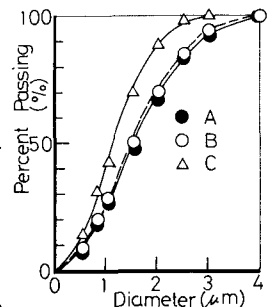


図-3 粒度分布

(C_{max})は実験時の最大掃流力(C_{max})が大きい程増加している。さらに、定常状態になるまでの周期数は C_{max} が小さくなるに従って少なくなっている。これらの理由として前周期の終る時付近から次の巻き上げまでに沈降した底泥の圧密の程度が関係あると考えられる。即ち前周期で巻き上げられた底泥は各Runにおいて掃流力が 0.01 N/m^2 程度になると急激に沈降する。しかし、次の巻き上げの限界掃流力になるまでの時間が C_{max} の小さなRunの方が長くなり圧密が進む。これを繰り返すため C_{max} の小さなRunの方が速く定常状態に入り、 C_{max} も小さくなると考えられる。さらに、同一実験条件で初沈降の外が異なるRun IとIIにおける定常時の C_{max} は、今回の実験ではほぼ同じ値になっていることが知られる。一方、 $T=133$

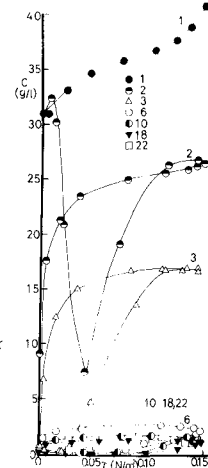


図4 掃流力とSSとの関係 (Run I)

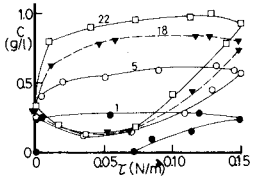


図5 掃流力とSSとの関係 (Run II)

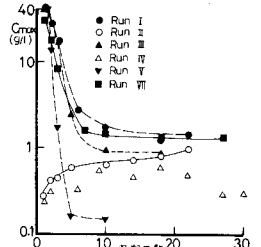


図6 周期回数と C_{max} との関係

時間沈降のRun IIでは周期数の増加により C_{max} は徐々に増加する傾向にあり、第22周期でも定常状態には至らず C_{max} はさらに増加すると思われる、かなり所定数の長い現象と言えよう。また、Run Iでは周期数の増加に伴い C_{max} は増加の後減少している。これは前に述べた巻き上げの限界掃流力と実験時の C_{max} の値が近いため、実験時のわずかな C_{max} の変動により巻き上げが影響されるためであろう。次に実験終了時の底泥の固相分率(%)及び粒度の鉛直分布の例をRun I, IIについて図-7, 8に示す。実際の堆積時間はRun IIの方が2倍程度長く(1枚は

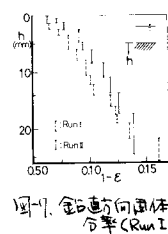


図-7. 鉛直方向固相分率 (Run I)

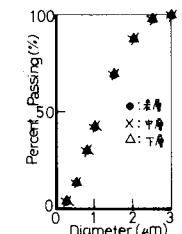


図-8. 鉛直方向粒度分布

全体的にはRun IIの方が大きい、下層部ではRun Iの方が大きくなっている。これは水流の剪断作用により新たに沈降した底泥の配向性に変化し、構造が緻密になったものと考えられ、底泥の堆積状態は沈降形態により異なる事がわかる。また、粒度分布(前述のCの方法による)については、鉛直方向には差認められず、Runの相違による差もなかった。従って、個々の粒子のレベルでは粒子の分級はさほどないといえる。次に、SSの増加を巻き上げ、減少を沈降として各々のフラックスF(巻き上げを正、沈降を負)と掃流力との関係をRun Iの第18周期目について示したのが図-9である。=より掃流力の増減に伴うFの挙動は5つの領域に分けて考える事ができる。即ち、①掃流力が0から徐々に増加するが、なお前周期からの沈降が続くSSが0に近くまで減少し、沈降のFが低下する領域、②掃流力が限界の掃流力を越えSSが急増し、急激に巻き上げのFが増加する領域、③SSが一足でFが0とみなしてよい領域、④SSが緩やかに減少し、沈降のFが大きくなる領域、⑤SSの低下が小さく急激に沈降のFが大きくなる領域、である。以上の各領域内ではFと掃流力との関係は第一次的には直線に近似してもよいと思われる。そこで

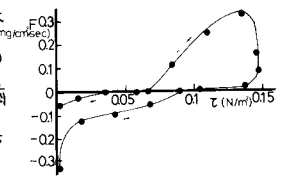


図-9. Fとtとの関係

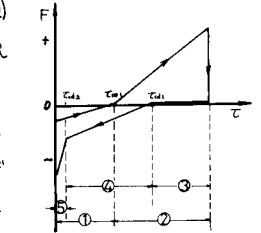


図-10. Fとtの模式図

以上をまとめ模式的に示すと図10のようになる。図中の C_{e1} は巻き上げの限界掃流力であり、この値は底泥の極めて表層の固相分率に依存している。 C_{e2} は全沈降限界掃流力であり、この値は先に示した様に同一の底泥であれば C_{max} が変化してもほぼ一定値をとる。 C_{e3} は最も粗い粒子(群)が沈降を開始する掃流力であり、フロックの径と水の密度、水流の鉛直方向流速及び境界層内において粒子に作用する浮力は依存するであろう。

参考文献

- 1) 海田、楠田、栗谷、則矩、底泥の巻き上げと沈降に関する研究、第17回衛生工学研究討論会、論文集442-448、1981.1.
- 2) 楠田、海田、底泥の巻き上げと沈降、第1回富山県問題シンポジウム、公害研調査報告第16号、pp 98-92、1981. B-16