

中央大学 理工学部 正会員 戸澤孝吾
中央大学 理工学部 正会員 斎藤伸夫

1 実験目的

グラフ浚渫に伴って発生する浮遊物質の拡散は、近年環境問題の重要なテーマのひとつになっている。この拡散は数値計算などによって追跡されるが、原点でどの位の浮遊物質が発生するかについては、全く推定の方法がないのが現状である。本論文は、浮遊物質の発生機構を明らかにする事を目的とした実験について報告するとともに、実験の相似律について、若干の考察を述べたものである。

2. 浮遊土砂発生機構。

実験を観察した結果、浮遊物質と発生させる過程と機構と次のように分類する事ができた。

- 1) 引揚過程。グラフが海底を融け水中を上昇していく過程である。グラフ外面に付着した土砂、および開放型では掘削土表面が流水で洗われた結果浮遊物質が発生する。この時の発生量を W_{LP} とする。
- 2) 浮上過程。グラフ上面が海面に達し、グラフ下面が海面と融れるまでを言う。引揚速度にくるべ、流水の勢いが大きく、特に開放型で満杯の時は、掘削土上面からの発生量が多い。発生量を W_{LS} とする。
- 3) 氷切り過程。グラフ内に残留した水を空中で切っている状態を言う。グラフの口が十分にしまっていない場合には、氷と共に発生する土砂量が増える。発生量を W_{LA} とする。
- 4) 投下過程。掘土の溜ったグラフが、口を閉いたまま落下していく状態を言う。グラフ内面に付着した土砂が、流水で洗われて、浮遊物質が発生する。発生量を W_{LD} とする。
- 5) 着底過程。グラフ下端が海底に衝突して静止するまでを言う。落下速度が大きく、又海底土の粒径が小さい場合着底時の衝撃により浮遊物質がまき上る。発生量を W_{LL} とする。

したがって以下に述べる実験では、これらの各過程での発生量をおおむねのように努力した。又掘削全量は W_T 、発生した全浮遊土量は $W_L (= W_{LP} + W_{LS} + W_{LA} + W_{LD} + W_{LL})$ と表す。

3. 実験方法。

実験には、断面 $60 \times 60 \text{ cm}$ 、高さ 80 cm の合成樹脂でできた透明な水槽を用いた。模型は原形 20 m^2 グラフの幾何縮尺 $1/30$ とした。実験は全て静水中で行なった。

浮遊物質の発生、及び発生量に影響する因子として、海底土の性質、グラフ引揚速度、水深、グラフ形状、掘削量等が考えられるので、これらを変化させて資料を採取した。(1) 海底土は、砂のみ、カオリンのみ、カオリン+砂(重量比 1:1) の三種類。(2) グラフ形状は、開放型、密閉型。(3) 掘削量は、グラフに満杯、半量の二種類。(4) 水深は、15, 30, 60 cm の三種類。(ただし砂のみの場合、15, 30, 60 cm。カオリンのみの場合、30, 60 cm。(カオリン+砂) の場合、60 cm のみ)。(5) グラフ引揚速度は、海底土が砂のみの場合、3, 7, 10, 15, 20 cm/sec。カオリンのみ、および(カオリン+砂) の場合は 7, 20 cm/sec とした。フルード則によれば、原形の引揚速度 500 cm/sec は模型では 7 cm/sec となっている。同一作業条件のもとで砂は四回、他は三回ずつ資料を採取した。海底土の性質により、浮遊土砂発生の状況が異なるが、カオリンの時の資料採取方法は次のようにした。

浮上過程と氷切り過程はひとつの容器にこれを受け取り、氷で稀釈した後濃度を計測して重量に換算した。すなわち $W_{LA} + W_{LS}$ である。もし投下過程で付着残土が水に洗われて、浮遊物質と発生せしめるとすると、 W_{ad} は W_{LD} の上限値を与える。引揚過程および着底時に発生した土砂は、水槽内の濃度から求める事にした。水槽内に平面的に 2ヶ所、鉛直方向に、6ないし 8 点サイフォンを設置しておき、このサイフォンから採水を行なって決定した。又実験が終了すると水槽内の水を全部採取して、その平均濃度を求めた。この二つの濃度をともに $1/7$

$W_{LP} + W_{LL}$ を計算した。落下速度が大きくない場合は、この値は W_{LP} に等しいと考えて良い。

3. 実験結果

ここでは斜敷の關係から、海産土かカオリンのみの場合の報告にとどめる。又図-1~5のうち黒丸は全て南政型グラフの資料、白丸は全て密肉型グラフの資料としてある。

1. 掘削土量 W_T と発生量 W_L との關係

図-1に結果を示す。 W_L は W_T の5~20%で平均として約10%であった。この図から見る限り、全発生量は型式によらず似通った値を示している事がしれる。

2. 掘削土量 W_T と引揚過程及び着床時の關係

図-2に結果を示してあるが、密肉型の方が引揚過程における発生量が多い事が知れる。この原因は今のところ明らかでなく、当初の予想と喰い違っている。考えられる原因の1つは、模型の大きさか若干設計と異なって、南政型が大きく出来上がった事が考えられる。そのため同量の掘削量に対し、密肉型はグラフ上端まで付着土があって、それが流出したのに対し、南政型はグラフ上端まで産せず、引揚時に流出する量に制限をうけたのであろう。今後やり直す必要がある。ただ平均として W_{LP}/W_T は2.5%前後であった。図中、 ϕ は引揚速度が20cm/secであり、速度が大きいと、引揚時には発生量も増加している事がわかる。

3. 浮上時、および水切り時の発生量

これは、 $W_{LS} + W_{LA}$ であり、これと掘削土量 W_T の關係を示したのが図-3である。掘削土がグラフ上端より上に露出する程多い場合を除くと、南政型、密肉型共あまり相違はない。ところが南政型の場合、グラフ上端に掘削土が入ってくると、浮上時に流出する量が多量に増加する。 $W_T = 120g$ 程度以上かそれより少ない場合は、 $(W_{LS} + W_{LA})/W_T$ は1~0.5%位であるのに、多い場合は10%にも達する。

4. 掘削土量と付着量の關係

図-4は捨て後の付着量であり、これがグラフ投下時に全て洗われ、浮遊砂を発生する原因になるとすれば、全発生量の大半はこれが占める事になる。実験では W_T の10%程度であった。掘削量と体積 V 、海産土との接触面積 S で表すと、実験で使ったグラフは、 $S \propto V^{0.435}$ の關係があった。又カオリンの粘着力は深さによって変化するの、この事を考慮に入れた計算すると、図-4に示す曲線となり、両者は可成り良い一致を示す。図-5は、 ϕ 、 ϕ_0 の模型での付着量の比較である。掘削量は全て黒丸である。この図より、付着量は、上の方式で計算した結果の曲線にほぼ沿うようであり、すくなくとも付着量についての相似律を与える事ばかりとなるものと言えよう。

図-1

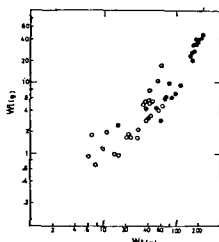


図-2

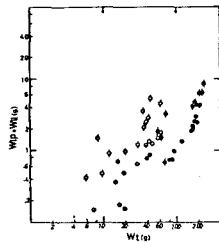


図-3

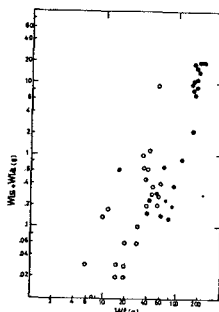


図-4

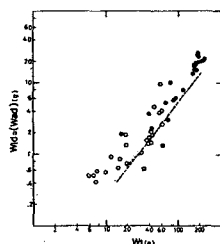


図-5

