

II-185 底泥のまき上げに関する基礎的研究(Ⅲ)

九州大学 工学部 正員 〇海田輝之

同 正員 栗谷陽一

同 正員 楠田哲也

同 大学院 学生員 別坂有晴

1. はじめに.

河川、河口感潮部、海域等その水中工事や土砂の浚渫の際や来水時等に底泥のまき上げが起こる。底泥の生成分はシルト及び粘土であり、また有機物を含みその物性は非常に複雑であり未知の部分が多い。しかし、まき上げは水質汚濁の一要因であり、水圏環境に与える影響もきわめて大きい。従って、これら微細粒子の集合としての「底泥」のまき上げ現象及びその機構を説明する事は欠くべからざる重要な課題である。まき上げ現象は底泥表面のみに生じる surface erosion と底泥の深さ方向に生ずる mass erosion とに分けられる。¹⁾ 本研究は前者を対象にし、比較的長時間にわたるまき上げ実験を行ない、掃流力とまき上げられた底泥の濃度及び粒度分布等との関係を実験的に求め、さらに、まき上げに寄与する底泥厚さについて論じたものである。

2. 実験装置及び方法

実験に用いた循環式水路及び掃流力の測定方法は従来と同様である。²⁾ 底泥の形成方法としては、所定の含水比に調整した底泥を水路床に敷きつめる方法を用いた。掃流力は 10 時間間隔程度で段階的に増加させた。サンプリングは上流端で行なった。これは、上流端ではポンプで混合されるため浮遊物濃度や粒度分布の水深方向の変化を無視できるためである。浮遊物濃度は濁度計、底泥の降伏値はコーンプレート粘度計により測定した。まき上げられた底泥の粒度分布は顕微鏡写真をプロジェクターでさらに拡大して体積粒度分布として求めた。この時の測定粒子個数は 1 サンプルにつき 200 個以上とした。実験に用いた試料は福岡市地下鉄工事現場で採取した粘性土で、比重: 2.75, 強熱減量比: 4.1%, 重量平均径: 0.024 mm, 塑性指数: 20%, であった。実験時のレイノルズ数は $(1 \sim 1.5) \times 10^5$ である。また、実験は洗堀が起こらない掃流力の範囲内で行なった。

3. 実験結果及び考察

表-1 に実験に用いた汚泥の含水比と降伏値及び塑性粘度を示す。図-1 は各含水比の底泥について通水を開始してから累積浮遊物濃度の時間変化を示したものである。図中の階段状の直線は掃流力を示している。これより浮遊物濃度は掃流力を増加した時点より急激に増加し、その後増加率が減少し、ほぼ一定値に近づいている。また、濃度が一定値になるまで数時間を要している。このように一定掃流力の下で浮遊物濃度が一定になる理由として次の二つが考えられる。一つはまき上げと沈降がバランスする事と、一つは底泥表面のまき上げられ得る粒子が全てまき上げられ下状態にあり、それ以上まき上げ得ることとができないということである。まき上げられた粒子の平均径は以下に示す様に 10μ 程度水路床に敷いた底泥でも 3μ であり、Stokes の式より得られる沈降速度 w_s は各々 0.0 cm/sec , 0.1 cm/sec となりかなり小さい。一方、底泥表面近くの鉛直方向乱流強度は清水の場合と同程度で、 $v'/u_* \approx 1$ であり、²⁾ 本実験では $u_* = 1 \sim 2 \text{ cm/sec}$ で $v' \gg w_s$ である。さらに図-1 中、

表-1
に示した様に Run 3, Run 4 で実験終了時に清水と入れ換え、同じ掃流力で再通水した時、濃度の増加がほとんどない事よりある底泥含水比である一定掃流の場合に単位底泥面積当りからのまき上げられ得る量に限界が存在す

Run No	w (%)	τ_0 (dyn/cm ²)	μ_0 (poise)
1	75.6	1910	1.51
2	104.3	355	0.36
3	135.8	97.8	0.25
4	183.8	40.6	0.22

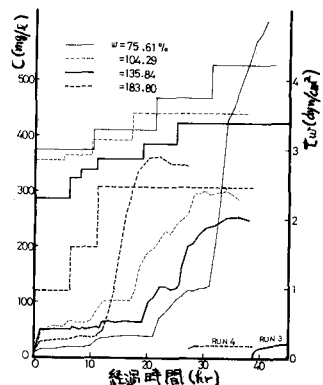


図-1. まき上げられた底泥の濃度の時間変化

ると考えられる。図-2は図-1の浮遊物濃度が一定となった時の濃度から換算した底泥単位面積当りのまき上げ量 M と掃流力 τ_w との関係を示したものである。図から明らかな様に、まき上げ量は底泥の含水比が大きい方が大きくなっており、まき上げ量が底泥の含水比、即ち含水比の相違による底泥の強度に関係している事がわかる。次に、まき上げられた底泥は顕微鏡下の観察では単粒子³⁾として存在し、フロック化はしていない。この事は村岡⁴⁾も指摘している。まき上げが粘土粒子の集合である構造単位⁵⁾であるのか、あるいは単位中の粒子⁶⁾であるかは明らかではないが、流速速時や塩分を含む時等を除いて粒子は分散した状態にあると考えて良いようである。そこで、まき上げられた粒子の体積粒度分布を測定した例が図-3、図-4である。まき上げられた粒子の径は元の底泥と較べかなり小さく、まき上げられない粒子があることがわかる。また、同一底泥含水比で一定掃流力の時、まき上げられた粒子の D_{max} (体積最大径)、 D_{50} (体積平均径)は、まき上げ開始初期を除いてほぼ一定である事より、底泥粒子は同じ粒度分布を持ってまき上げられるようである。さらに、底泥の含水比の違いによる、まき上げられた底泥の D_{50} と掃流力との関係を示したのが図-5である。同じ掃流力では底泥の含水比が大きい程 D_{50} も大きくなる事がわかる。以上より、底泥表面近くで、その物理的機構は明らかではないが、かなり分解作用が起っていると考えられる。そこで、まき上げられた底泥の濃度及び粒度分布、底泥の含水比及び粒度分布を考慮に入れ、底泥表面から深さ何mmまでの粒子がまき上げに寄与したかを計算したのが図-6である。底泥の含水比及び掃流力が大きくなるに従って寄与する深さが大きくなっている。また、かなり深くまで影響されていることがわかる。図-7の H とまき上げられた底泥の D_{max} との関係を示したものである。まだ底泥の含水比の影響は残るが、 H と D_{max} の間にはかなりの相関があるようである。

今後さらにデータの蓄積を行ない、底泥表面近くでの物理機構について、粗度を考慮に入れた検討を加えたい。

本研究は文部省科研費、総合研究(A)の補助を受けたものである。また本研究を行なうに当り近藤恒夫君(現、東洋建設)に多大なる協力を受けた。ここに謝意を表する。

<参考文献> (1) E. Partheniades, Erodability of channels with cohesive boundary, J. Hydraulics Division, 1970 Vol. 96 HY3 1105~1138

(2) 栗谷 博昭、海田 底泥の浮上に関する基礎的研究

第15回 衛生工学シンポジウム、1979、p.21~25

(3) 村岡：流れによる底泥浮上と水量の関係、第18回水理講演会、p.101~106

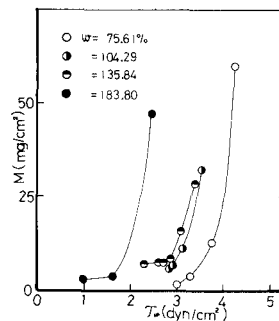


図-2. 掃流力とまき上げ量との関係

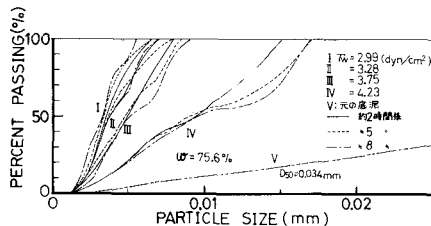


図-3. Run 1のまき上げられた底泥の粒度分布

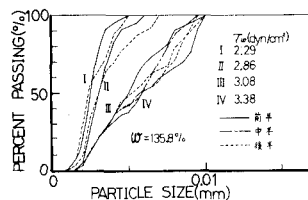


図-4. Run 3のまき上げられた底泥の粒度分布

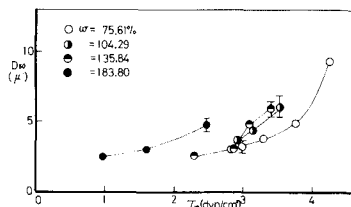


図-5. 掃流力と D_{50} (平均径)との関係

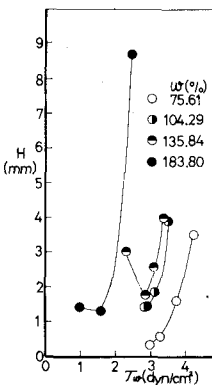


図-6. 掃流力とまき上げに寄与する深さの関係

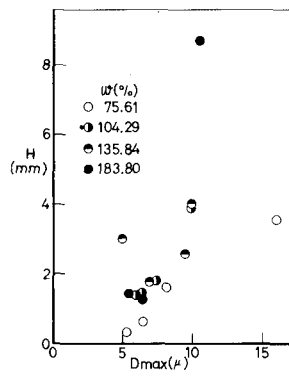


図-7. まき上げられた底泥の D_{max} (最大径)と H との関係