

九州大学 工学部 正 員 栗谷 陽一
同 正 員 楠田 哲也
同 正 員 海田 輝之
同 学生員 ○ 則松 秀晴

1. はじめに

河川、河口感潮部、海域等での水中工事、土砂の浚渫、あるいは、洪水などにより流速が限界を越えた時などに、底泥の巻き上げ、再浮上が起こる。巻き上げは、水質汚濁の一要因であり、水圏環境に与える影響も大きい。

このような水質汚濁の原因となる汚泥の多くは、凝集性を有し、その挙動も、通常の砂粒などとは大きく異なっている。したがって、水質問題を考えるに当り、これら凝集性を有する汚泥の巻き上げ現象、及び、その機構を把握することは欠くべからざる重要な課題であろう。

著者らは、凝集性を有する汚泥の物性、再浮上時の限界掃流力などに関する基礎的研究を行なつて来た。本研究では、巻き上げられた汚泥粒子に注目し、掃流力と浮遊物の濃度、及び、その粒度分布の関係を実験的に把握し、若干の考察を加えたものである。

2. 実験装置およびその方法

実験に用いた水路の概略を図-1に示す。水路は、全長13m、幅0.87mの可変勾配循環式で、上流側に整流板と3mの助走区間、中央部7mには汚泥を敷く区間、さらに下流側に1mの整流区間を設けたものである。上流助走区間と汚泥を敷く区間の段差部には約0.5mの傾斜板を取り付けている。水面勾配の測定には、水とトルエンを二液マノメーターとしたチマツクゲージを用いた。この際のピトー管は底泥下流端からほぼ1mと4mの所に設けた。また循環水量はオリフィスにより測定した。

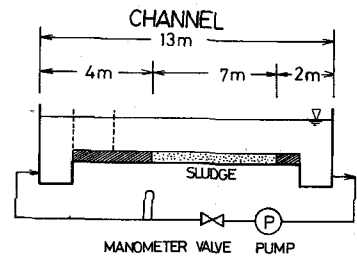


図-1

実験に際しては、所定の含水比に調整した汚泥を4~5cmの厚さで水路床に敷きつめて水を流し、水面勾配、及び、上流端での浮遊物濃度、粒度分布の時間変化を測定した。上流端では巻き上げられた汚泥はポンプで混合されるため、水深方向の濃度、粒度分布は無視できる。浮遊物濃度は濁度計で、粒度分布は顕微鏡写真によりそれぞれ測定した。流量を一定に保ち、水路内の水量を減ずるか、流量を増すかによって、30~40分間隔、あるいは、10時間間隔で掃流力を増加させた。

実験に使用した試料は、福岡市箱崎浜高遼道路工事現場、及び、同市中洲地下鉄工事現場から採取した粘性土A、Dである。粒度分布、その他については「基礎的研究[III]」に記した。

3. 実験結果と考察

図-2、3に、汚泥D(含水比75.6%)の巻き上げられた浮遊物質濃度C、浮遊物質総重量Wの時間的変化を示す。掃流力 τ_b は1.19, 1.93, 2.18, 2.98 (dyn/cm^2)の4段階に増加させ、各掃流力に対し10時間程度水を流した。図から、初めの三つの一定掃流力の各区間では、浮遊物質濃度は、掃流力を上げた時点から増加し始め、徐々に、その増加率が減少し、一定値に近づいている。各区間の最大浮遊物質総重量は、各々、ほぼ、150g

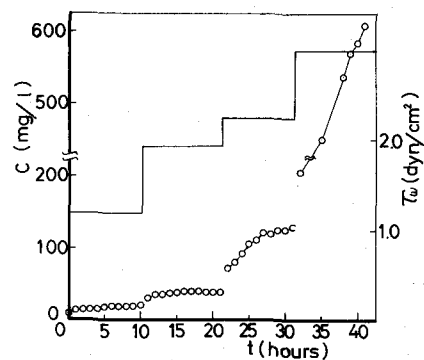


図-2

300, 850gとなる。巻き上げが全底泥面で一様に起こるものとして底泥厚に換算すると、各々 2.3×10^3 , 4.3×10^3 , $12 \times 10^3 \text{ mm}$ となる。この値は底泥粒子の体積平均径 D_{50} , $3.4 \times 10^{-2} \text{ mm}$ と比較して小さく、各々の τ_w に対する巻き上がり粒子の D_{50} , 3.3×10^3 , 3.7×10^3 , $5.0 \times 10^3 \text{ mm}$ とは、ほぼ等しいオーダーとなっている。(図-3, 4参照のこと、図-7については後述) つまり、巻き上がる粒子は、底泥表層部付近の細粒子に限られていると考えられる。この事びら、ある一定掃流力のもとでは、巻き上がり量が定まっていると考えられる。したがって、直線的に濃度が増加している $\tau_w = 2.98 \text{ dyn/cm}^2$ の区間においても泥堀が起きない限り、時間を経ると巻き上がり量は一定に落ち着くと考えられる。一方、巻き上げられた粒子についてさらに、検討を進めるため、元の底泥と、各一定掃流力において巻き上げられた粒子のほぼ2, 5, 8時間後の粒度分布を図-4に、図-3には浮遊物質の D_{50} の時間的変化を各々示す。図より、ある一定掃流力のもとでは D_{50} はほぼ一定となっており、濃度増加の著しい区間でも同様の傾向を示している。また、掃流力が大きくなるにつれ D_{50} も大きくなっている。すなわち、このような凝集性を有する汚泥でも、通常の砂粒と同様に巻き上がる粒子の径はほぼ決まっていると考えられる。巻き上げられた粒子は顕微鏡下の観察では単粒子で存在することびら、その粒子の平均径の最大値 $d \leq 0.001 \text{ cm}$ としてStokesの式より粒子の沈降速度を求めると 0.01 cm/sec となる。このように粒子の沈降速度が非常に小さいこと、凝集力を考えないとしたら、はるかに限界掃流力を越えているものと考えられることなどびら、粒子の再沈降量は無視出来る程小さいと推測できる。以上のことびら、ある一定掃流力に対し、巻き上がり量とその粒径が定まっていると考えられる。よって、今回の実験のように、巻き上がる底泥の厚さと巻き上がった粒子の D_{50} のオーダーが近い場合には、巻き上がり量は粒子径でほぼ推定することびらできる。

図-5には、汚泥Aで含水比 w を変えた場合の巻き上がり粒子の D_{50} と τ_w の関係を示す。図より、 τ_w 一定の場合でも、含水比を増し汚泥の強度を減じて行くと D_{50} が大きくなっている。このように同一の汚泥でも、その強度により D_{50} の値が変わっている。さらに、同じ τ_w に対する D_{50} の値が汚泥Dの場合のほぼ10倍程度となっており、汚泥の種類、粒度分布の違いなどによっても D_{50} の値が変わってくるものと考えられる。

4. まとめ

泥堀が起こらないような一定掃流力のもとでは、一定の最大巻き上げ量が存在し、巻き上げ量は浮上粒子径に密接にガガわっていることを実験的に明らかにした。今後は、汚泥の強度、種類が異なる場合について、巻き上げ量と巻き上がった粒子の粒度分布について検討を加えて行きたい。

5. 参考文献

1) 豊谷, 楠田, 海田: "底泥の巻き上げに関する基礎的研究" オ15回衛生工学研究討論会 論文集 P21~P26.

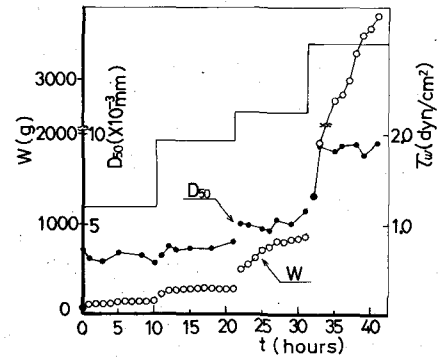


図-3

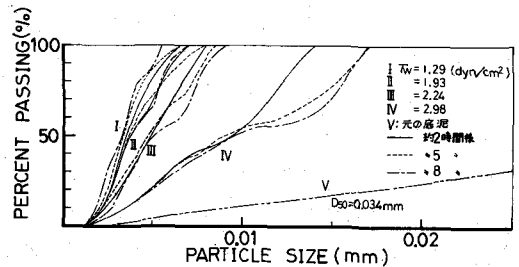


図-4

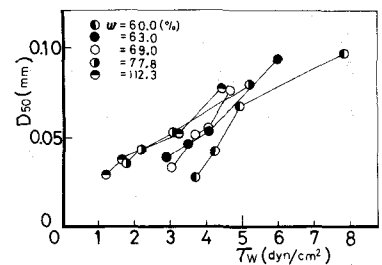


図-5