

波作用下における底泥の浮遊時の挙動に関する研究

九州大学工学部 学生員○山西博幸 学生員 川添正寿
同 上 正 員 楠田哲也 正 員 二渡了

1. はじめに

波作用下において、底泥粒子は様々な挙動を示す。浮遊した粒子は海域の汚染につながり、また浮遊していた粒子が再び海底に沈降、堆積すれば、航路の埋没といった港湾構造物の障害になっている。したがって、海域での環境問題や構造物の設計問題に際して、底泥粒子の挙動を知ることが、これらの問題解決に結びついてくる。本研究では、既に報告¹⁾した実験結果をもとに、底泥の巻き上げ速度が時間経過とともに減少し、最終的に巻き上げが停止する原因の解明を主目的として、底泥の浮遊時の挙動をさまざまな角度からとらえる実験を行い、若干の知見を得たので報告する。

2. 実験方法

実験装置には全長14m、高さ1m、幅0.5mのアクリル製直線造波水路を用いた。試料のカオリン(比重2.66、平均粒径 $0.65\mu\text{m}$)を水路中央区間7mにわたり層厚5cmに敷きつめた。カオリンの含水比をほぼ90~200%まで実験条件に応じて変化させた。水深が26.7cmになるように海水を入れ、周期1.1秒、波高10cmの波を作用させた。実験方法には次の2通りの方法を用いた。RUN1は、所定の波を一定時間作用させて行うものである。RUN2では、実験開始3時間後に水深を保ちながら新たに海水を入れ、水路内のSS濃度を希釈により低下させ5時間ほど実験を続けた。その後、高濃度のカオリン懸濁液を水路内に加え、さらに5時間実験を継続した。

各実験では、以下の4項目についての測定を行った。

- (1) SSの鉛直分布の経時変化 実験中経時的に、底泥表層より0.5、1、2、3、5、7、10、15、20cmの位置において、サイフォンを用いて水路中央部から採水を行った。SS濃度は、メンブランフィルターによる測定および光透過式濁度計を用いて求めた。
- (2) 底泥表層直下の粒度分布 (3) 底泥含水比の鉛直分布の経時変化 (2)、(3)ともに、所定の時間毎に底泥表面を乱さないように $45\text{mm}\phi$ の管を用いて試料を水路内より採取し、試料を層状に分割採取して粒度分布および含水比の測定を行った。
- (4) 底泥の挙動及び表面形状変化(写真撮影)

3. 実験結果及び考察

3-1 巻き上げ時の底泥の状況

(1) 底泥表層直下の粒度分布

RUN1の各時刻における底泥表層(0.5mm厚)の粒度分布測定結果を図-1に示す。これからわかるように、表面付近では時間の経過に伴う粒度分布の変化はなく、アーミングは生じていない。

(2) 底泥含水比の鉛直分布の時間的变化

同じく含水比測定結果を図-2に示す。底泥表層付近では、時間の経過とともに含水比が高くなっており、波圧や界面直上の水塊の動きによって、海水が底泥表層内に侵入し、底泥と海水の混合が生じ、含水比の上昇を引き起こしているものと考えられる。また、下層部では初期状態よりも含水比が低下しているが、これは自重圧密の影響である。

(3) 底泥の挙動及び表面形状変化

写真-1~3は、実験開始直前(写-1)と開始30分経過後(写-2)及び8時間経過後(写-3)の底泥表面のものを示す。これらより、30分経過時点ですでに底泥表面では形状変化を起こしており、細かな割れ目が流れと直角方向に数多く入っ

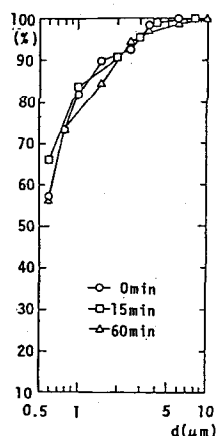


図-1 粒度分布図

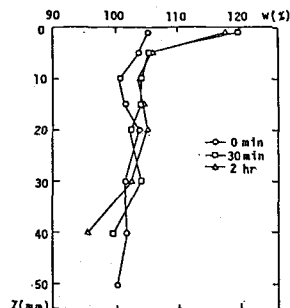


図-2 含水比鉛直分布図

ている。また、実験終了時にも細かな割れ目を持ち、さらに大きな凸凹のある形状となっている。実験8時間経過後には、ほとんど底泥が巻き上げられなくなっていたことを合せて考えると、ある剪断応力に対して、このときの底泥表面は、それに耐えうる強度をもつ構造に変化していたと考えられる。また、底泥側面に染料で鉛直方向に筋を入れ、水路側面より底泥の動きの観察を行った。底泥の含水比により速さは異なるが、波の進行方向へ底泥が輸送されていた。さらに、底泥も海水同様、楕円運動をしていた。

3-2 平衡濃度について

(1) SS濃度の鉛直分布の経時変化

図-3は、含水比100%のときのSS濃度の鉛直分布である。実験開始数分後までは、底泥直上数cmで高濃度層と低濃度層に分れているが、時間経過とともに徐々に濃度勾配はなくなっている。水路側面からの高濃度層の観察結果と濃度分布測定結果は一致している。この高濃度層厚と濃度は、含水比の高低によって変化し、含水比100%では3cmで2g/l、含水比200%では2cm程度で15g/lであった。この高濃度層は、底泥の巻き上げ、沈降、およびこの高濃度層界面からの上層水中への輸送の量的バランスにより、準定常的に保持されていると考えられる。

(2) 単位面積当りの巻き上げ量の経時変化

図-4は、RUN2のSS濃度の経時変化から算出した、単位面積当りの巻き上げ量の経時変化である。PHASE1では、初期の巻き上げ速度は、ほぼ一定であり時間経過とともに減少し、ある濃度で0となる傾向にある。PHASE2の場合、巻き上げ速度が低下していく状態のとき、水路内のSS濃度を希釈により低下させてもPHASE1のようなほぼ一定の増加は見られず、しかもPHASE1の場合と同じ平衡値に近づいている。PHASE3では、高濃度懸濁液を注入したが、この場合沈降が生じ、最終的な巻き上げ量はPHASE1、2で予測された平衡値に近づいている。

以上の結果をもとに考察を加えると、PHASE1では一定の濃度平衡値に近づくまで、底泥からの巻き上げが起り、底泥表面の形状も変化する。PHASE2では、巻き上げは少なからず起こるが、PHASE1のような傾向は示さないことから、この底泥表面の形状変化が、巻き上げ速度の減少に関与しているといえる。PHASE3では、浮遊したカオリン粒子の沈降量が、巻き上げ量よりも大きくなっているために巻き上げ量が減少し、平衡状態に近づいている。すなわち、懸濁物質濃度がある値に近づいていくとき、底泥からの巻き上げと浮遊している粒子の沈降が量的にバランスをとるといえる。

4. おわりに

底泥の含水比のちがいによって、底泥直上にできる高濃度層がその層厚を変化させたり、確認できなかったりという状況があるため、高濃度層形成の条件を明らかにする必要がある。また、底泥表層の形状をさらにミクロに観察し、巻き上げにどういった影響を及ぼしているのかを解明していくことも今後の課題である。

〈参考文献〉1)川添、蔵元、二渡、楠田；波による底泥の浮遊機構、土木学会年次学術講演会講演概要集Ⅱ、pp648～649、1987。

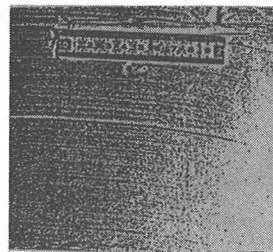


写真-1

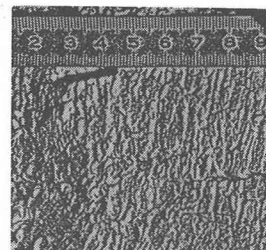


写真-2

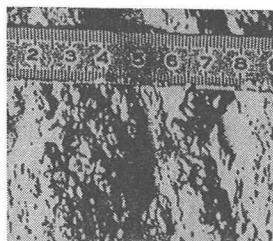


写真-3

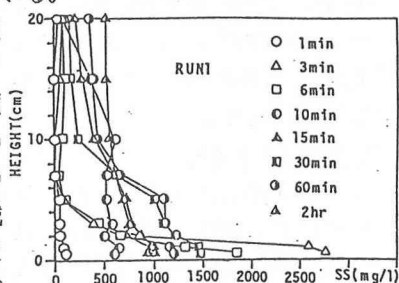


図-3 鉛直濃度分布図

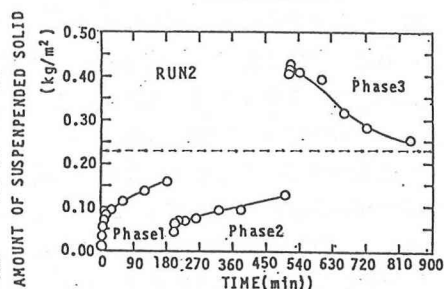


図-4 巻き上げ量の経時変化