

II-365

波作用下における底泥の挙動及び浮遊特性に関する研究

九州大学工学部 学生員 山西博幸 長 崎 県 庁 正員 川添正寿
同 上 正 員 二渡 了 九州大学工学部 正員 楠田哲也

1. 目的 一方向流による、底泥の巻き上げ輸送に関連する研究は数多くなされ、理論解析も行われてきた^{1) 2)}。沿岸域や半閉鎖的水域で、波によって底泥は巻き上げられるが、流れの向きが周期的に変化する振動流である波による底泥の挙動は一方向流下のものと違い複雑である。本研究では、このように振動流(波動)下と一方向流下での底泥の浮遊特性の差違という観点から、アーマリング現象を無視できる粒度分布のカオリンを試料として用い、底泥の挙動にかかわる要因を減少させ、現象をより簡単化させて実験を行なった。また、すでに報告した実験結果³⁾をもとに、底泥の巻き上げ速度が時間経過とともに減少する原因の解明を主目的として、底泥の浮遊時の挙動を明らかにする実験を行ない、若干の知見を得たので報告する。

2. 内容

2-1 実験方法； 実験装置には全長14m、高さ1m、幅0.5mの亚克力製直線造波水路を用いた。市販のカオリン(ASP600、平均粒径 $0.64\mu\text{m}$ 、密度 2660kg/m^3)を水路中央区間7mにわたって層厚5cmで敷きつめ、実海域(有明海)でみられる流動性(スランプ値)を示す程度に含水比の調整を行なった。波浪条件は、本海域の有義波高とそのときの周期に近いものとし、水深は同じく、底泥の移動がみられる水深4mとし、実験は幾何学的に1/15にスケールダウンして設定した(水深26.7cm、波高10cm、周期1.1sec)。

実験方法は次の3通りである。(1)実験開始30分、2時間、8時間後に巻き上げ実験を停止させ、水路内の海水を全て排出し、新たに海水を入れて波を作用させた(RUN1)。(2)実験開始2時間後に水深を一定のまま排水と注入を同時に行ない、実験を継続して行なった(RUN2)。(3)実験開始3時間後に水深を一定に保ちながら、新たに海水をいれ、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、その後、高濃度の懸濁液を水路内に加え、さらに5時間実験を継続させた(RUN3)。

以上の各実験過程において、底泥上層水中の懸濁物質濃度の鉛直分布の測定、底泥表層及び表面形状の時間的変化の観測を行なった。

2-2 実験結果及び考察**2-2-1 巻き上げ時の底泥の状況**

(1) 底泥含水比の鉛直分布経時変化； 底泥含水比測定結果を図-1に示す。底泥表層付近では、実験開始数分後で含水比が初期に比べ、かなり上昇していることがわかる。これは波による波圧や界面直上の水塊の動き、さらに底面剪断応力によって底泥中の主応力が回転し、微細なクラックが多数生じ、そこへ上層水が侵入し底泥との混合が生じるためと考えられる。一方向流では振動流と異なり一定方向のみの応力しか底泥に作用しないため、上述のようなクラックは生じず、含水比も表層では逆に低下する傾向にあることが解っている¹⁾。また、底泥下層部では含水比の低下が見られるが、これは自重圧密による影響である。

(2) 底泥表面の形状変化； 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)の底泥表面である。30分経過時点ですでに底泥表面は形状変化を起こし、微細な縦筋が1~2mm間隔で入っており、さらに時間経過とともにリップルも生じる。実験8時間経過後には、底泥がほとんど巻き上げられなくなっていたことを考え合せると、巻き上げ速度が徐々に減少するのは、底泥に作用する主応力の回転により底泥が圧密されてクラッ

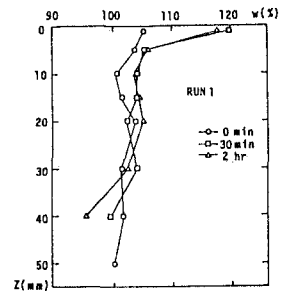
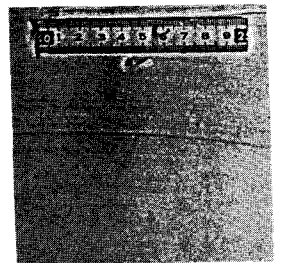


図-1 含水比の鉛直分布図



写-1

クが入り、結果として粒子間構造が底面剪断応力に耐える強度をなすものに变化したためだと考えられる。ところで、一方向流下での河床形態は一般に緩勾配と急傾斜を持つ鋸波に近い形をとるが、振動流においては左右の勾配がほぼ等しいリップルを形成し、波浪条件が同じでも底泥含水比が変化すれば、そのリップルの波高も変化することが観測された。

2-2-2 平衡濃度について

(1) 浮遊懸濁物質濃度の鉛直分布経時変化； 図-2は含水比100%のときの浮遊懸濁物質濃度の鉛直分布である。実験開始数分後で、底泥直上数cmに濃度差がはっきりわかる境界面が形成され、その面を境として上層で濃度が小さく、下層で大きくなっている。通常、一方向流では、このような高濃度層は形成されず、鉛直濃度分布はほぼ一定であることが確認されている¹⁾。また、この高濃度層厚と濃度は時間的にも、含水比によっても変化し、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。しかし、この上下層の濃度差も、時間経過とともに徐々に消滅する。この高濃度層は、底泥からの巻き上げ、沈降及び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って、準定常的に保持されていると考えられる。

(2) 巻き上げ量の経時変化； 浮遊懸濁物質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を図-3に示す。この図から明らかなように、一方向流下において10g/lのオーダーでは存在しないとされている¹⁾、巻き上げ平衡濃度の存在が確認される。Phase1とPhase2の大きな差異は、実験開始数分間でみられる巻き上げ量の直線的立ち上りの有無である。Phase2の場合、Phase1の実験過程で圧密された底泥等の影響により、この急激な巻き上げ過程の観測はされなかった。また、Phase3では浮遊した懸濁物質の沈降量が、巻き上げ量よりも大きくなっているために、見掛け上、巻き上げ量が減少し、平衡濃度に近づいている。すなわち、上層水中の懸濁物質濃度は一方向流下と異なり、振動流下では沈降と巻き上げフラックスの平衡により低濃度で定常状態になる。この原因として、波作用下では底面剪断応力が瞬間的に0となることが考えられる。

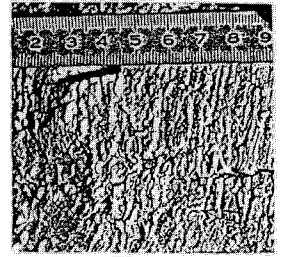
3. 結論 今回の実験結果をもとにまとめると、以下のようになる。

- (1) 底泥表層の含水比は、実験開始前よりもかなり高くなっているが、これは底泥上に形成されたクラック内に上層水が侵入するためである。底泥の巻き上げ速度低下の要因は、波作用によって生じる振動流の影響で底泥粒子が圧密され、巻き上げにくい粒子間構造をとるためである。
- (2) 通常、一方向流下では低濃度で存在しない平衡濃度が振動流下では存在する。

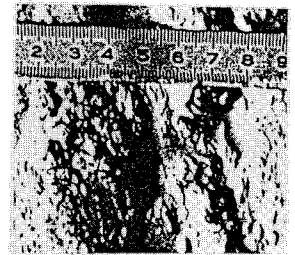
以上、主な結論をまとめたが、波作用下での高濃度層の挙動や主応力回転にともなう底泥の挙動、また底泥の形状変化の現地調査など諸問題が山積しており、今後の検討課題としたい。

＜参考文献＞

- 1) Kusuda, T. et al; Erosional Process of Cohesive Sediments, Wat. Sci. Tech., Vol. 17, pp. 891-901, 1984
- 2) Kusuda, T. et al; Depositional Process of Fine Sediments, Wat. Sci. Tech., Vol. 14, pp. 175-184, 1982
- 3) 川添ら；波による底泥の浮遊機構，土木学会年次学術講演会講演集Ⅱ，pp646～649, 1987



写-2



写-3

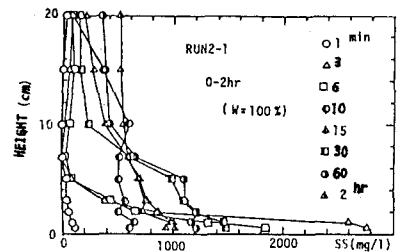


図-2 浮遊懸濁物質濃度の鉛直分布図

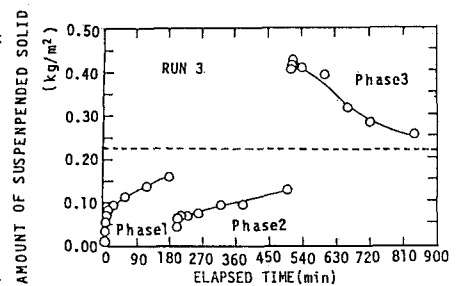


図-3 巻き上げ量の経時変化