

沿岸海域での土砂投棄工事における濁りの発生過程

大阪大学工学部 正員 室田 明
 大阪大学工学部 正員 中辻啓二
 大阪大学工学部 正員 玉井昌宏
 (株)奥村組 正員 町田博紀

1. まえがき ; 海岸・湾内における土砂投棄工事の際に発生する濁りの問題は、水域環境保全の立場から工事関係者の高い関心を集めている。濁りの発生が避けられない現状においては、工事の実施にあたり有効な濁りの拡散防止対策を確立しておく必要がある。近年では、数値モデルによるシミュレーションが試みられる傾向¹⁾にあるが、濁りの発生機構に関しては全く言及されていない。そこで、本研究では土砂投下をモデル化した水理実験を実施し、濁りの発生要因として主要と考えられる、土砂が海底面衝突後に発生する濁りの物理像を明らかにする。

2. 実験の概要 ; 実験は幅600cm、高さ50cm、奥行き15cmの二次元水槽を用いて行った。土砂の投下は水槽中央部に設置されたバージ船を模倣した投下箱の底扉を開口することにより行った。投下幅は5cmで、奥行き方向に一定である。落下時の流動を支配すると考えられる粗粒径砂(砂A)に、

表-1 供試土砂

砂種	用途	$d_{50}(\text{mm})$	$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	$U_{*0}(\text{cm/s})$	Re_{*0}
A	投下土砂	3.38	2.65	26.5	895
B	濁りの成分	0.15	2.65	2.02	3.03

濁りの成分としての細粒径砂(砂B)を混入して投下することにより、実現象の再現を試みた。供試土砂の諸元を表-1に示す。 Re_{*0} は粒子レイノルズ数である。実験条件は粗粒径砂の投下量 $Q=150, 300\text{cm}^3$ に対して、投下水深を $H=10, 20, 30\text{cm}$ の3通り変化させて実施した。また細粒径砂の混入量 Q^* は Q に対して1.7~33.3%の範囲で系統的に変化させた。

3. 定性的考察 ; 写真-1(a), (b)

に $Q=300\text{cm}^3$, $H=20\text{cm}$ の投下条件で、粗粒径砂の混入率が3.3%と16.7%の実験ケースを示す。写真の左に投下からの経過時間を示す。両実験ケースとも混入されていた細粒径砂は、粗粒径砂の落下にともなって発生した水塊と共に濁水塊を形成し、底面に沿って水平に放出される。濁水塊内部には循環が認められ、それに起因して水塊の後端より周囲水の連行が確認される。混入率の小さい(a)においては、濁水塊の高さは流下にともなって増大し、水面付近にまで達している。一方、混入率の大きい(b)では、初期において若干増大した後、高さはほぼ一定となって流下

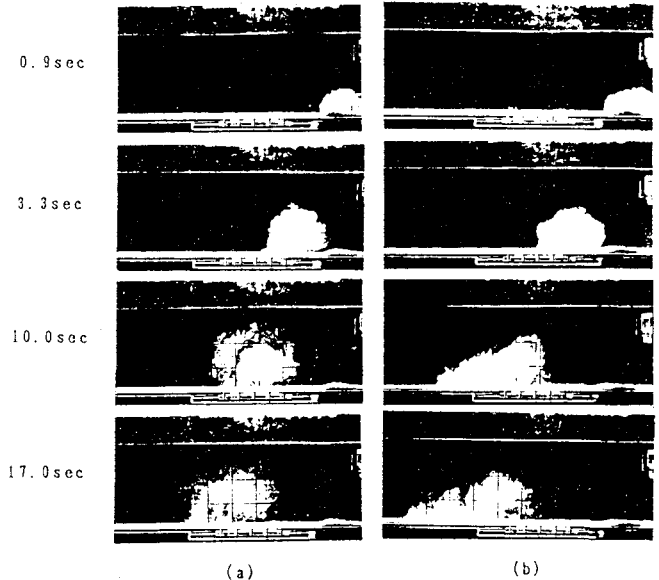


写真-1 濁水塊の挙動

Akira MUROTA, Keiji NAKATSUJI, Masahiro TAMAI and Hiroki MACHIDA

する。また濁水塊の移動速度も、混入率の大きい(b)の方が明らかに大きい。両実験ケースにおける濁水塊挙動にこのような差異が生じる原因として、細粒径砂の混入により周囲水との間に生じる密度差の違いが考えられる。

4. 定量的考察：図-1は濁水塊の高さの流下方向変化を示す。縦軸・横軸はそれぞれ高さ Δ と流下方向距離 x であり、濁水塊放出時の面積 A_0 の平方根で無次元表示されている。図中の実線は水面の位置である。また実験条件は初期密度フルード数 $Fd_0 = U_0 / (\varepsilon g A_0^{1/2})^{1/2}$ により表示している。ここに U_0, A_0 は濁水塊の放出速度と面積であるが、濁水塊の放出状態が明瞭でないため、土砂・水混相塊が底面に衝突する瞬間の落下速度と面積を用いた。全実験ケースにおいて濁水塊の高さは流下にともなって線形増大する。その増加率は Fd_0 の差異にかかわらずほぼ一定である。この線形増大は Fd_0 が大きい場合、水面に達するまで続いている。しかし Fd_0 が小さい場合には、水面に達するまでに線形増大を示さなくなり、高さはほぼ一定となって流下する。線形増大から離れ始める位置は、 Fd_0 が小さくなるほど投下地点に近づく。また、高さ一定となる高さも小さくなる。 Fd_0 が小さくなるほど細粒径砂混入による周囲水との密度差が大きな影響を示すようになり、鉛直方向の流体運動が抑制されるためと考えられる。一方、濁水塊の長さの流下方向変化は Fd_0 による差異はほとんど観られず、流下にともなって線形増大するという結果も得られている。次に図-2は濁水塊先端位置の走時変化を示す。縦軸・横軸はそれぞれ先端位置 x と経過時間 t であり、放出速度及び面積を用いて無次元表示している。図中の曲線(1)、(2)は底面摩擦を無視し、運動量保存則よりえられた走時曲線であり、次式の通りである。

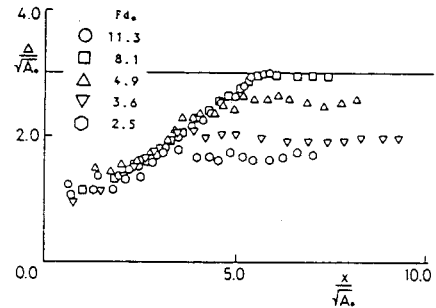


図-1 濁水塊の高さの流下方向変化

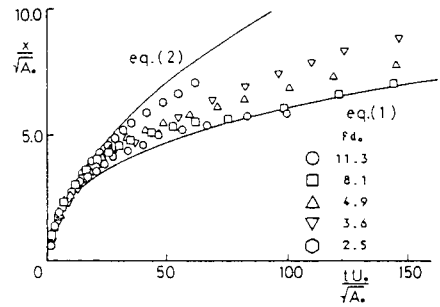


図-2 濁水塊先端位置の流下方向変化

$$\frac{tU_0}{\sqrt{A_0}} = \frac{1}{3C_1} \left(C_1 \frac{x}{\sqrt{A_0}} + 1 \right)^3 + C_2 \quad (1)$$

$$\frac{tU_0}{\sqrt{A_0}} = \frac{1}{2C_1} \left(C_1 \frac{x}{\sqrt{A_0}} + 1 \right)^2 + C_2 \quad (2)$$

ここに C_1, C_2 は実験的係数であり、 $C_1=0.6, C_2=0.5$ としている。式(1)は濁水塊の高さと長さが流下にともなって線形増大するとして求めた。そして式(2)は長さのみが線形増大し、高さは一定として求めた。実験値は Fd_0 大きいケースにおいては式(1)によって表現されていると言えよう。そして Fd_0 が小さくなるにつれて式(1)の曲線とのずれが大きくなり、逆に式(2)の曲線に近づく。これは前述したように、 Fd_0 が小さくなるほど早い時期に高さが一定となり、式(2)の仮定に近づくためと考えられる。

5. あとがき：投下された土砂が海底に衝突後形成される濁水塊の挙動は、海底衝突時の土砂・水混相塊の落下速度と面積、そして濁りの成分の混入量によって予測が可能である。また、濁水塊の移動特性は運動量保存則により表現できることがわかった。

(参考文献) 1) 例えば、堀口・古土井・堀江 海岸工学講演会論文集、1985