

成層下への土砂投入にともなう濁りの拡散特性

東亜建設工業(株) 正会員 ○津田宗男 横浜国立大学大学院 松澤圭祐
 横浜国立大学 正会員 佐々木淳 東亜建設工業(株) 正会員 武田将英
 東亜建設工業(株) 正会員 松田信彦 東亜建設工業(株) 正会員 五十嵐学

1. 研究の目的

内藤ほか¹⁾によると、底開式土運船を用いた窪地の埋戻し時に濁りの現地観測を行った結果、成層発達期の夏には濁りが窪地内部に留まり、成層が弱まった秋には濁りが窪地の外にも拡がる事が報告されている。このように、夏季の窪地など密度成層の発達した水域では、その微小な密度差が土砂投入にともなう濁りの拡散に影響を及ぼすことが知られている。しかし、密度成層の状態が、これらの濁りの拡散現象にどのような影響を及ぼすかは明らかになっていない。本研究では、窪地などの二層の密度構造を対象に、水理実験と数値解析を行い、成層水域における下層への土砂投入にともなう濁りの拡散特性を明らかにすることを目的とした。

2. 研究内容

本研究では、小規模な水理実験により、下層への土砂投入にともなう濁りの拡散特性を把握した後、数値計算によって、濁りの拡散機構についての検討を行った。

(1) 下層への土砂投入にともなう濁りの拡散特性

a) 実験方法

図-1に示す上下2層の密度構造を模擬できる実験装置を用いて、濁りの投入実験を行った。下層に濁りを直接投入できるように、トレミー管を模擬した鉛直管を用いて投入を行った。密度成層の最大密度差は、内藤ほか¹⁾の研究を参考に 2kg/m^3 とし、実験中の水温変化は微小なものとして塩分で水槽水の密度を調整した。また、土砂を直接投入すると微妙な条件の違いによって濁り発生量が大きく変化するため、実験の再現性が高い濁水を投入した。濁り粒子にはカオリン(最大粒径 0.0750mm 、粘土分 77.6% 、シルト分 22.4% 、土粒子密度 $\rho_s = 2690\text{kg/m}^3$)を、溶媒には水槽水と同じものを用いて密度 1010kg/m^3 の濁水を作成した。濁水供給バルブを瞬時に開放することにより、4秒間で 100cm^3 の濁水を連続的に投入した。実施した実験ケースを表-1に示す。

b) 実験結果

投入開始10秒後と同5分後の濁りの拡散状況を図-2に示す。いずれも投入初期には底層を這うように濁りが拡

がった。ケース①のように濁水の溶媒が投入地点の水塊と同密度の場合、濁りは底層に限定された。一方、ケース②・③のように、濁水の溶媒が投入地点の水塊よりも軽い場合、濁りは時間の経過とともに徐々に上昇した。また、ケース③の場合、濁りは密度成層に遮られ下層に留まった。このように、密度成層の有無、投入する濁水の溶媒と投入地点の水塊との密度差によって、濁りの拡散特性は大きく異なることが分かった。

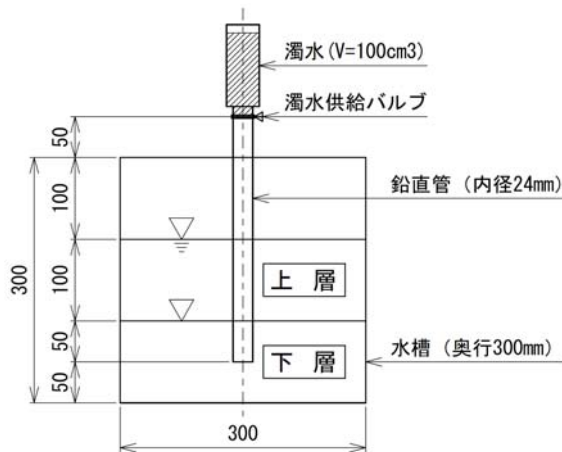


図-1 実験装置

表-1 実験条件

ケース	成層の有無	水槽水		濁水	
		上層密度 (kg/m^3)	下層密度 (kg/m^3)	溶媒密度 (kg/m^3)	濁水密度 (kg/m^3)
①	なし	1002	1002	1002	1010
②				1000	
③	あり	1000	1002	1000	

(2) 数値計算による濁りの拡散機構

a) 計算方法

水理実験では物理量の取得ができなかったため、数値計算によって濁りの拡散機構について検討した。用いた支配方程式は、非静水圧近似の運動方程式、非圧縮流体の連続式、水温・塩分・濁り(質量濃度)の移流拡散方程式、海水の状態方程式(UNESCO)である。これらを、直交座標系の3次元自由水面モデルを用いて、奥行1格子

の断面2次元計算を行った。なお、用いたモデルには、最小格子間隔の制限があったため、密度フルード相似を用いて実験の60倍縮尺とした。

b) 計算結果

図-3に濁りの拡散状況、図-4に密度分布を示す。数値計算でも、実験と同様の濁りの拡散現象が再現できた。下層と濁水の溶媒の密度が等しいケース①では、濁り粒子が沈降し、底層の密度が上昇した。一方、密度の小さい溶媒を用いたケース②、③では、濁り粒子が一部沈降した後に、濁りは下層水塊よりも密度が軽くなり浮上した。ケース③では、上層の密度までは軽くならず、濁りは下層に留まることが分かった。

3. 主要な結論

1) 濁水密度と投入速度が同じでも、濁水の溶媒密度と投

入位置の水塊密度の関係によって、濁りの拡散特性は大きく異なることが分かった。

2) これらの濁りの拡散機構は、粒子の沈降にともなって発生する浮力に起因することを明らかにした。

3) 例えば、トレミー船による土砂投入工事では、土砂閉塞防止のためにポンプで汲み上げた海水をトレミー管内に供給することがよく行われている。秋の窪地などの成層が弱まった海域における土砂投入では、上層の密度の小さい海水を用いた結果、濁りが浮上する可能性があり、施工時に十分配慮する必要がある。

参考文献

- 1) 内藤了二, 井上徹教, 中村由行, 浦瀬太郎, 久野賢二; 三河湾窪地の埋め戻し土砂投入時における濁りの拡散特性と密度成層の効果, 海岸工学論文集, 第55巻, pp. 1251-1255, 2008.

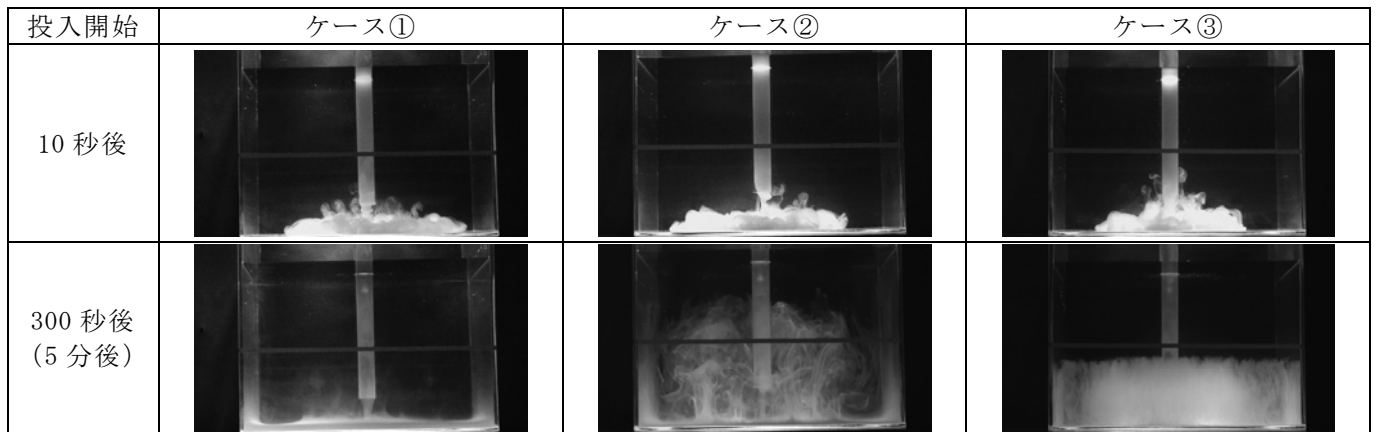


図-2 濁りの拡散現象 (水理実験)

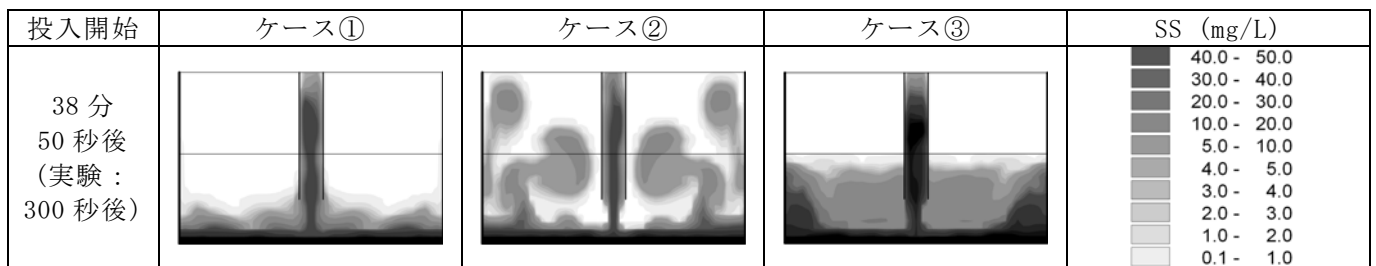


図-3 濁りの拡散現象 (数値計算)

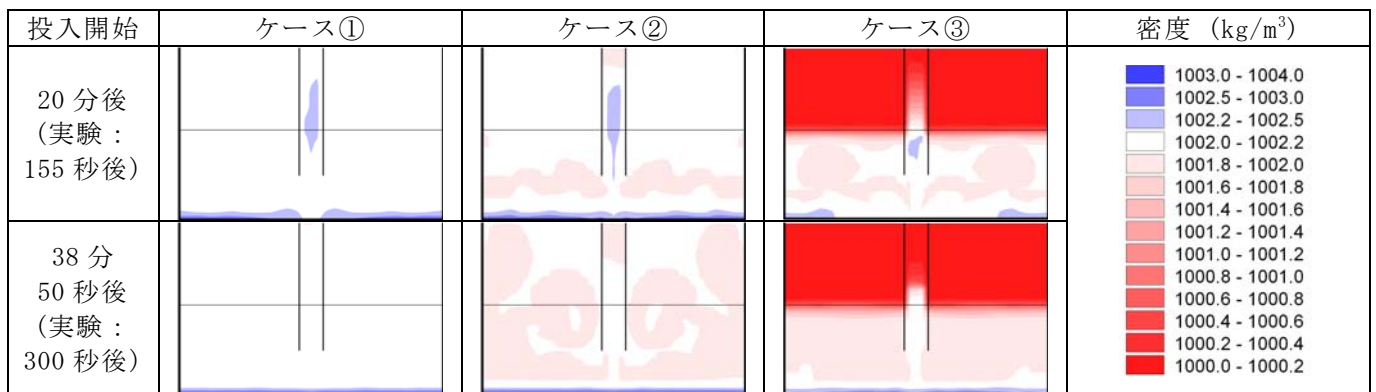


図-4 密度分布 (数値計算)