

濁水密度流に於る濁質の沈降について

九州大学工学部 正 平野 宗夫
 山口大学工学部 正○羽田野架義
 名古屋大学大学院 学 中原 博隆

1 まえがき

濁水密度流は貯水池濁水問題などに密接に関連するため、これまで活発に研究がなされ多くの知見が得られている。特に2層流モデルで粒子のまき上げや沈降を考慮した取扱いがいくつか報告1) 2) 3)がされている。しかしながらこのような流れにおける粒子の沈降特性については検討があまりなされていない。本研究は、上記の問題を検討するため、流量と密度をほぼ同じ条件にして行なった、塩水と濁水による下層密度流の実験で密度のてい減特性を比較検討したものである。

2 実験の概要

実験装置は、長さ5m、幅12.5cm、高さ40cmの側面アクリル、底面アルミ製の2次元可変勾配水路である。実験では、底面を所定の勾配にセットして、水道水をみたしたのち、密度差 $\Delta\rho=0.005\text{g/cm}^3$ の着色塩水およびカオリン懸濁液を0.15l/sの流量で供給し、密度流を発生させた。底面勾配は塩水実験で0.0063、0.012、0.0337、0.055 濁水実験で0.0063、0.012、0.0337、0.055 として行なった。なお、濁水実験では、濁水供給前に濁質の沈降による密度低下を防ぐため、head tank 内および濁水槽内を攪はんした。また、定常状態を維持するため、供給流量に等しい流量で、流下後の下層流流体を排すいた。濁水実験に用いたカオリンの粒度分布および沈降速度の分布は図-1 2にすようである。

実験では、上流端から1.3、2.3、3.3 および4.3 m地点における密度分布を測定した。また一部の塩水実験ではこれらの点における流速分布を測定した。塩水実験における密度測定は、計測技研社製導電率計MK103により、また濁水実験における密度測定は正豊工学社製光電式濃度計により行なった。塩水実験における流速分布は、ポリスチレン粒子をトレーサーとして投入し、その軌跡をVTRで録画・再生し、これをトレースすることにより求めた。

3 実験結果と考察

a) 密度分布 図-2は勾配0.055の条件で各々5回ずつ行なわれた塩水実験および濁水実験で得られた平均的な密度分布である。いずれの場合も密度が流下方向に減少している。また、両者の分布を比較すると、塩水実験では濁水実験に比べて密度分布形がやせているようであるが、底面での密度では両者ともほぼ一致

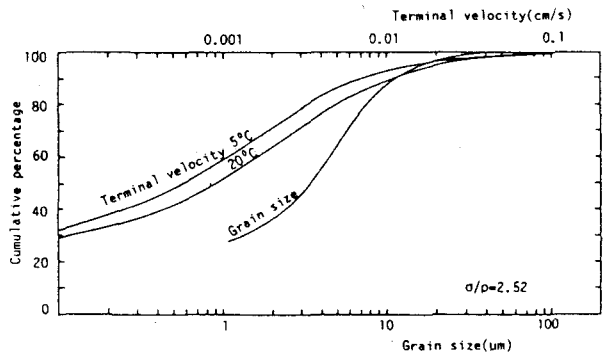


図-1 粒径・沈降速度の関係

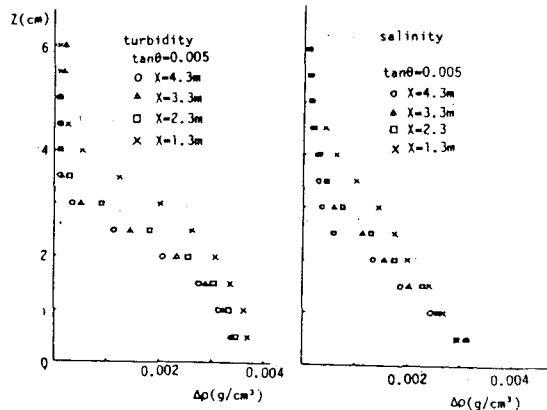


図-2 密度分布

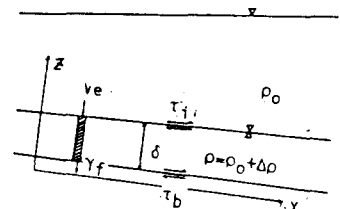


図-3 2層流モデル

するようである。なお、ここでは図は割愛するが、底面勾配が急になる程、高密度の部分は底面近くに限られるようになり、流動厚さが減少する傾向がある。

b) 密度のてい減特性 2層流モデルにおいて粒子の沈降特性を検討する。現象は2次元の定常な下層流であり、図-3のモデルで考える。下層流体に関する体積保存則および質量保存則は各々次式である。

$$\frac{dq}{dx} = Ve - rf \quad (1) \quad \frac{d(\rho q)}{dx} = \rho_0 Ve - \{\sigma(1-\lambda) + \rho_0 \lambda\} r_f \quad (2)$$

ここに、 σ は粒子の密度、 λ は堆積状態の空けき率、 Ve は進行速度、 rf は粒子沈降による路床上昇速度である。 $rf = c \omega \sigma / (1 - \lambda)$ 、 $E = Ve / u$ として変形すると、

$$-\frac{\delta}{\Delta \rho} \frac{d\Delta \rho}{dx} = E + \frac{1}{1-\lambda} \frac{\sigma(1-\lambda) + \rho_0 \lambda}{\sigma - \rho_0} \frac{w_0}{u} \quad (3)$$

図-4は上式の左辺の値を、密度分布と流動厚さの測定結果から求め、流下距離に対してプロットしたものの一例である。図では流速ゼロ点を境界とした場合、および平均的な濃度分布図において各点の最大密度の10%となる高さを境界とした場合について示している。それによると $-\delta / \Delta \rho \cdot d\Delta \rho / dx$ の値は流速ゼロ点を境界とした場合の値が10%程度の点を境界とした場合の値に比べて大きくなっている。また、個々実験で値はかなりばらついているが濁水実験の結果は塩水実験の結果比べ若干大きいようである。次に、個々の実験で得られた $-\delta / \Delta \rho \cdot d\Delta \rho / dx$ の値の流れ方向の平均値を求め勾配に対してプロットしたのが図-5である。下層流の流動厚さを前図と同様2通りに用いて示した。それによると $-\delta / \Delta \rho \cdot d\Delta \rho / dx$ の値は、流速ゼロ点を境界とした場合には勾配が急になる程増大するのに対し、10%濃度の高さを境界とした場合には勾配による変化がほとんど認められない。なお、濁水実験による値と塩水実験による値の差異は上記の2通りの境界を使用した場合ともほぼ同様に平均的にみて濁水実験の値の方が0.002 ~ 0.004 程大きいようである。

参考文献

- 1) F.H.Chu W.D.Pilkey and O. H.Pilkey ; An Analytical study of turbidity current steady flow Marine Geology 33 1978.
- 2) 中川 一; 芦田 和男、江頭 進治; 粒子沈降が濁水塊の挙動に与える影響について、第37回土木学会年講、1982.
- 3) 平野 宗夫、羽田野袈裟義、外村 健次; 泥水密度流先端部の挙動について(第6報)、土木学会西部支部、1983.

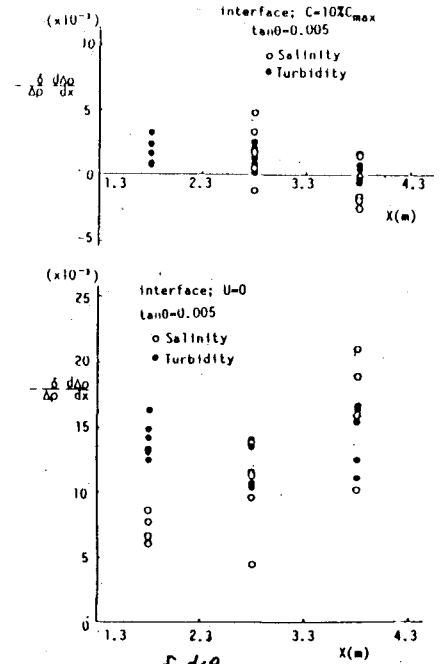


図-4 $-\frac{\delta}{\Delta \rho} \frac{d\Delta \rho}{dx}$ の流下方向の変化

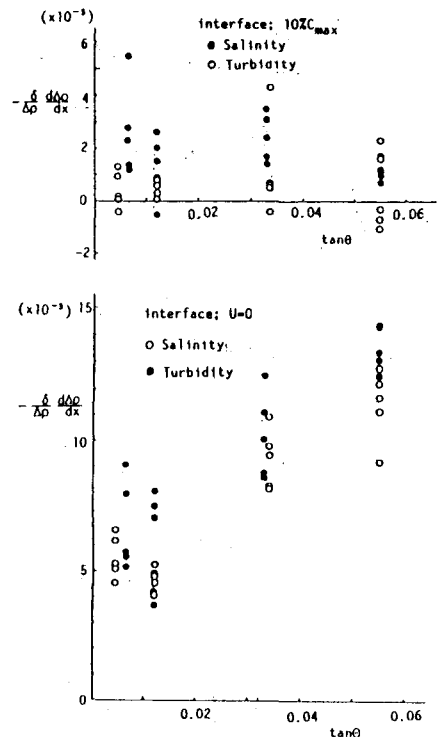


図-5 $-\frac{\delta}{\Delta \rho} \frac{d\Delta \rho}{dx}$ の勾配による変化