

九州大学工学部 正員 平野宗天

九州大学工学部 正員の村田野袋漢義

日本国土開発 K.K. 高倉三弘

1. まえがき

濁水が貯水池に流入した場合、泥水密度流として流動する。このような傾斜密度流はその先端部に特徴的な head を形成し、その挙動は後流のそれとかなり異なっている。筆者らは前報¹⁾に於て、密度流先端部の流動特性について若干の実験と解析を行なった。その後さらに実験を行ない、密度流先端部の現象について新たな知見を得たのでここに報告する。

2. 実験

実験は前回と同様、底面の傾斜した2次元水路に濁水を満たしておき、上流から一定流量・密度の濁水・パールクレイ懸濁液を供給して密度流を発生させ、その先端部の流れ特性を調べた。尚今回の実験に用いた水路は幅0.2m、高さ0.4m、長さ6.0mの片面アクリル張り可変勾配水路である。測定は先端のくらくらの発達、形状、周囲水の運動について行なった。周囲水の運動は清水中にポリスチロール球(沈降速度 1.62 cm/s, 200 cm/s)を予め散りばめておき、密度流先端部が通過する時の粒子の動きをモータードライフカメラで撮影し、沈降速度を考慮して周囲水の流速ベクトルを求めた。

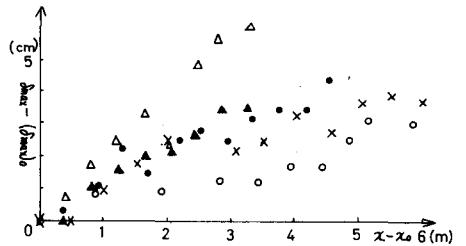


図-1 先端部最大厚さの変化

3. 実験結果および考察

1) 先端部の厚さ 前報の如く密度流先端部は盛り上がっており、周囲水の連行および流速のひずみによって厚さを増大していく。最先端の位置を x とし、その位置 x とその時の先端の最大厚さ δ_{max} を種々の水理条件についてプロットしたのが図-1 である。尚、図では x, δ_{max} とともに基準点における値との差を示している。これによると、先端部の最大厚さが流下とともに増大する傾向は共通して認められる。また先端部は伸縮をくり返しながら流下するため、 δ_{max} の変化は多少不規則となっているが、平均的には流下距離に対して直線的に増大するとみなせる。この先端部の最大厚さの増加割合 $d\delta_{max}/dx$ は種々のパラメータによって変化するものと考えられる。ここではパラメータとして勾配・密度差および流量を考え、これらを種々変化させて $d\delta_{max}/dx$ の変化を調べた。その結果、密度差・流量による差異は今のところ認められず勾配による差異が認められた(図-2参照)。それによると、先端部の最大厚さの増加割合は勾配とともに増大しているのが認められる。これは定常傾斜密度流では連行係数が勾配とともに増大するという

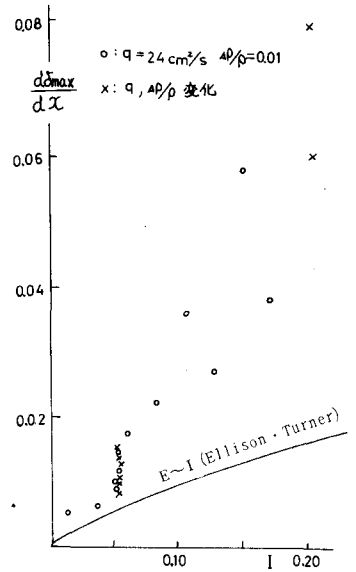


図-2 $\frac{d\delta_{max}}{dx} \sim I$

Ellison・Turner²⁾の結果と同様の傾向である。なお図には定常流におけるEllison・Turnerの進行係数の曲線も記入した。 dx_{max}/dx がEllison・Turnerの進行係数の曲線より上にプロットされているが、これは密度流の先端部は進行の他流速のひすみによってもふくらむためであろう。また、先端部では進行が図-4に示す様な形でおこなうため、進行係数自体、定常部における値より大きいものと考えられる。

2) 先端部の形状 Ippen・Harleman³⁾は密度流先端部の形状を調べ、その形状は先端部の最大厚さで無次元化すれば勾配によらず相似形状になるとしている。また、Keulegan⁴⁾も先端部の形状について実験を行ない、前者とは若干異なった相似形を与えている。今回、パールフレイ懸濁液を用いた実験の結果を示すと、図-3のようになる。図にはIppen・HarlemanおよびKeuleganの結果も記入したが、それによると今回の結果は両者の中間的なものになっている。また、当初、形状は勾配・密度差によって変化するかと思われたが実験の範囲では、水理条件の差よりも、先端部の周期的な伸縮による差が出ているといえよう。

3) 周囲流体の運動 前述の方法によって求めた密度流先端部の周囲水の流速ベクトルを示したのが図-4である。また、先端部は円形に似ている事から、静止流体中を円柱が移動する場合の周囲流体の流れを速度ポテンシャル理論から求めたのが図-5である。密度流先端部の前半分に対しては

ポテンシャルによる解とはほぼ同じパターンとなるが、定常後続流との境界近くで周囲水の著しい進行がみられる。従って、密度流先端部の流体の断面の大部分はこの後続流との境界近くで起こっていると考えてよいであろう。福岡⁵⁾は密度流先端部の挙動について理論的考察を試みているが、彼らは密度流の先端部は単に流速のひすみのみによってふくらむというモデルを考えている。しかしながら進行現象は図-4に示す様に生じており、密度流のdriving forceは流体中重力であり、進行はこれを減じる方向に働く。また進行はその他、慣性抵抗としても作用する。彼らの理論に於て抵抗係数が密度流としては過大な値となっているのは進行を無視したためではないかと考えられる。

参考文献

- 1) 平野・羽田野・赤司；泥水密度流先端部の挙動について、第33回土木学会年講、1978。
- 2) Ellison・Turner；Turbulent entrainment in stratified flows, J. Fluid Mech. vol 16. 1959.
- 3) Ippen・Harleman；Steady State Characteristics of Subsurface Flow, U.S. Bur. Standards. Circ. 521. 1952.
- 4) Keulegan；Twelfth progress report on model laws for density currents. The motion of saline fronts in still water, U.S. Natl. Bur. Standards. Rep. 5871. 1958.
- 5) 福岡・水村・加納；密度流先端部の流動機構に関する基礎的研究, 工学会論文集, 第274号, 1978.

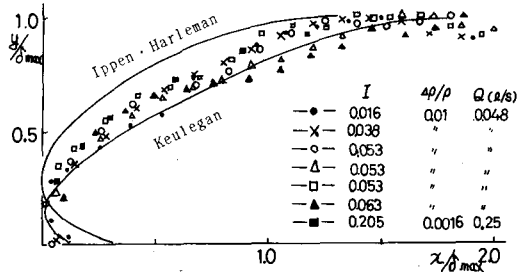


図-3 密度流先端部の形状

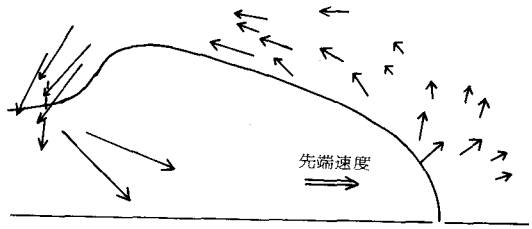


図-4 密度流先端部の周りの流れ

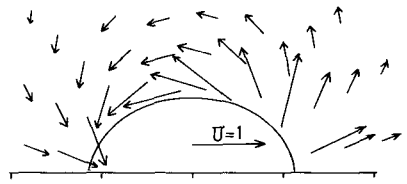


図-5 円柱の移動による流れ