

下層密度流先端部の流れ特性

山口大学工学部 正会員 利田野繁義
九州大学大学院 学生員 杉岡 伸一
山口大学工学部 正会員 斎藤 隆
青池組 西田 圭吾

1. 序

泥水密度流などの下層密度流は、我々の活動に深くかかわっているものが少なくない。したがって下層密度流の流動について活発に研究が行なわれ、多くの知見が得られている。しかしながら、泥水密度流による土砂移動を考える上で特に問題となる、密度流内部の詳細な流れ構造については殆んど明らかにされていない。今回、水素気泡法により、下層密度流の先端部から後継部に至る間の流速分布を測定し、速度諸量の関係を調べたのでその結果を報告する。

2. 実験装置と方法

実験装置を図-1に示す。実験水路は、長さ3m、幅12.5cm、の可変勾配水路で、上流端から2.2mの場所に水素気泡発生用タングステン線が断面から垂直にとりつけられている。実験は水そうに水道水を満たしたのち、上流から0.15ℓ/sの流量で濃度20%の着色塩水を供給することにより行なった。

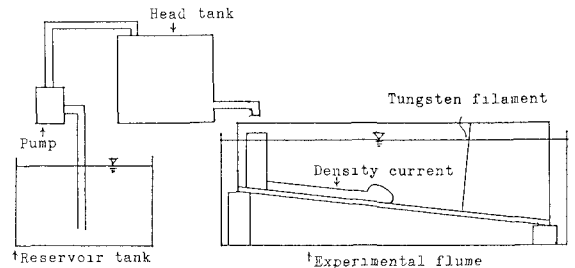


図-1 実験装置

底面勾配は、0.0063、
α/23, 0.0327,
0.0550 の4種で行
なった。水素気泡の
発生周期は50msec。
継続時間は5msec
とした。

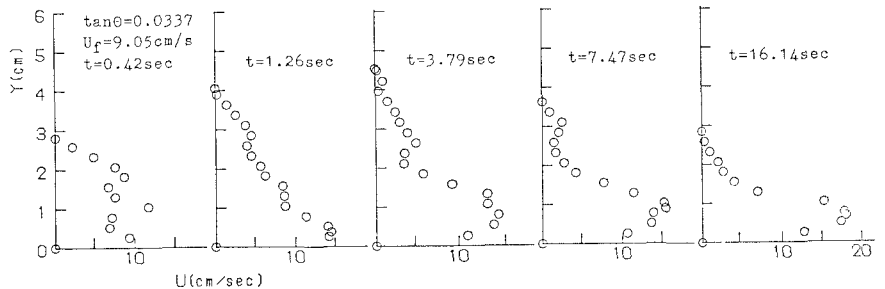


図-2 流速分布の変化

3. 実験結果

タングステン線設置位置における流速分布が図-2に示されている。フロント通過後は、先端部の複雑な流れを反映して流速分布はかなり複雑に変動するが、後継部では流速分布は安定し、既報¹⁾と同様の分布形になる。また、流動厚さ¹⁾が先端部で大きく後継部で小さくなる様子¹⁾がうかがえる。

つぎに、流速分布面より流速ゼロ点と断面最大流速の生ずる高さを求めその時間的変化を示したものの1例が図-3である。流速

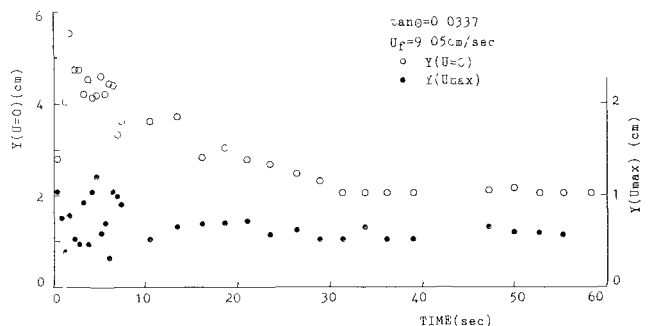


図-3 流速ゼロ点と断面最大流速

ゼロ突はフロント部で急増し、のち減少しながら一定値に近づく傾向があり、目視による境界高さの変化とよく対応している。また、断面最大流速を与える高さはフロント部でかなり変動し、後続部ではほぼ一定値に近づくようである。フロント部における平均値は後続部における値とほぼ同じ程度である。

断面最大流速 U_{max} と断面平均流速 $\bar{U}$ (底面～流速ゼロ突) の変化の一例を示したのが図-4である。 U_{max} はフロント到達急増し、その後漸増して定常な後続流の値に近づく。 $\bar{U}$ はフロント部でかなり変動したのち、バラつきながらも後続流の値に近づくようである。この例では $U_{max}/\bar{U}$ の値は、フロントから後続流にかけて2.5程度の値である。また、フロント速度を U_f とし、定常な後続部について U_{max}/U_f , $\bar{U}/U_f$, $\bar{U}/U_{max}$ の平均を求め、勾配に対してプロットしたのが図-5である。 U_f は変動するため精度には問題はあるが、本実験では U_{max}/U_f は1.5～2.2の値をとり、勾配が急な程大きな値を示す。 $\bar{U}/U_f$ は0.8程度の値で、勾配による差異は余りみとめられない。 $\bar{U}/U_{max}$ は0.4～0.5程度の値を示し、勾配が急な程小さい値となる。

最後に、流速のひずみによる流動厚さの発達割合を示す $\delta/\bar{U} \cdot \partial \bar{U} / \partial x$ について述べる。フロント部の流動を2層流モデルと特性曲線法により取り扱う方法²⁾が提案されておられ、下層流の流動厚さは周囲流体の連行と流速のひずみによって増加することが示されている。今回流速分布の測定結果より $\delta/\bar{U} \cdot \partial \bar{U} / \partial x$ を求めた。その結果が

図-6に示されている。フロント部から後続部に至る間で一貫して $\delta/\bar{U} \cdot \partial \bar{U} / \partial x$ は負値をとり、このことは密度の測定結果を用いて示された、*plume* (密度流流体が定常的に供給される)³⁾では $\delta/\bar{U} \cdot \partial \bar{U} / \partial x$ は負値をとり *thermal* (短時間に供給される) では正値をとるという前報の結果と一致している。なお、図から明らかなように、絶対値はフロント部で大きく、後続部にいくに従って減少しゼロに近づく。このことは後続部では等流に近い流れになることを示している。

参考文献

- 1) T.H. Ellison, J.S. Turner; *Turbulent entrainment in stratified flows*, J.F.M. Vol. 6, 1959.
- 2) 平野宗夫・羽田野俊義; 密度流先端部の流動特性について, 土木学会論文集, No. 314, 1981.
- 3) M. HIRANO, K. HADANO, T. MATSUO; *On motion of turbidity current head (Part 3)*, 4th Congress of APD. of IAHR, Vol. II, 1984.

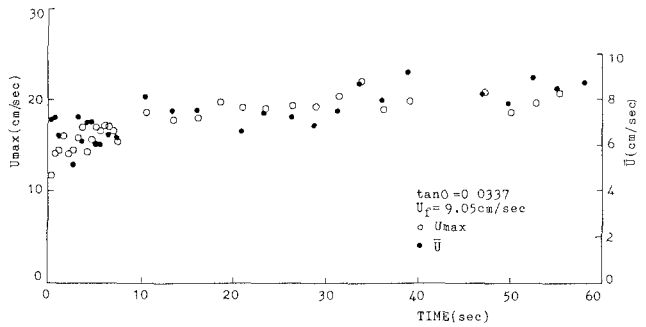


図-4 断面最大流速と断面平均流速

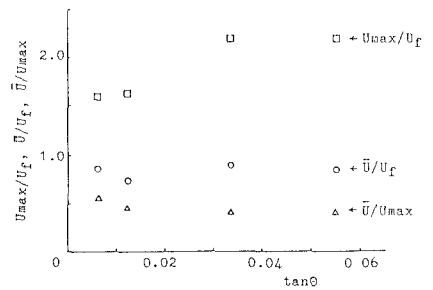


図-5 流速諸量と勾配の関係

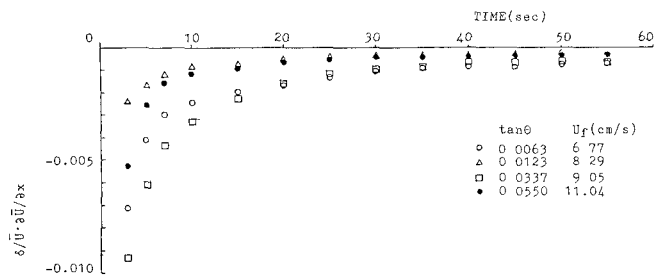


図-6 $\delta/\bar{U} \cdot \partial \bar{U} / \partial x$ の値の変化