

II-109 下層密度流フロント部の流速特性について

山口大学工学部 正会員 羽田野 義義
 山口大学工学部 正会員 斉藤 隆
 九州大学工学部 正会員 平野 宗夫

1. まえがき

泥水密度流による土砂移動を考える場合、密度流の底面せん断力と内部の流水構造が問題となる。前者については著者らの、後者については Middleton²⁾, Britter・Simpson³⁾ らの研究があるが未解明の点が多い。今回、水素気泡法により下層密度流のフロントから後続部に至る間の流速分布を測定し、流速諸量の間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

実験水路は、長さ3m、幅12.5cm、高さ40cmの一定幅、可変勾取水路である。実験は、水路を所定の勾配にして上流から濃度20%の着色塩水を0.15ℓ/sの一定流量で供給させることにより plume を発生させて行なった。底面勾配は0.0063, 0.0123, 0.0337, 0.0550の4種で変化させた。上流端から2.2mの位置に、直径80μmのタングステン線を水路底面から垂直上方に張り、これより水素気泡を発生させ、水路側方からエーサードライカメラで水素気泡列を撮影した。水素気泡の発生時間間隔は50msec、継続時間は5msecとした。フィルムをスライドプロジェクターにより投影し、写し出された水素気泡列を白紙にトレースして流速分布を求めた。

3. 実験結果

タングステン線設置位置における流速分布の時間的変化の一例を示したのが図-1である。フロント部では複雑な流れ構造を反映して流速分布は不規則に変動するが、後続部では流速分布は安定し、既報と同様の分布形となっている。また、流動厚さが先端部で大きく、後続部で小さくなっている。

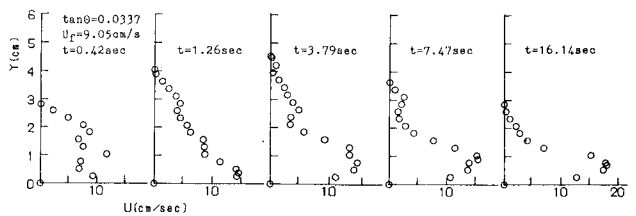


図-1 流速分布の変化

図-2は各時刻の流速分布図より流速ゼロ点と、断面最大流速の生ずる高さ求めてその時間的変化を示したものの一例である。流速ゼロ点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にあり、目視による境界高さの変化と割合よく対応している。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、後続部でほぼ一定値に近づく傾向にある。フロント部における平均値は後続部における値と同じ程度である。

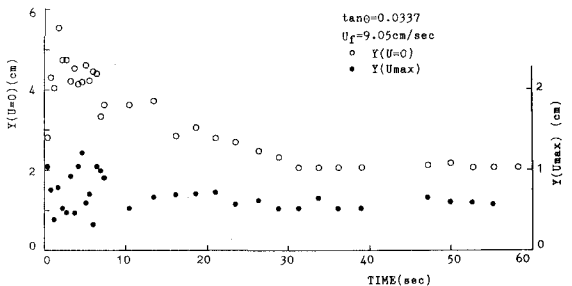


図-2 流速ゼロ点と断面最大流速点の変化

断面最大流速 U_{max} と断面平均流速 \bar{U} (底面～流速ゼロ点) の変化の一例を示したのが図-3である。 U_{max} はフロント到達後急増し、その後漸増して後続部の値に近づく。 \bar{U} は変動しながら増大し、後続部の値に近づくようである。また、フロント速度を

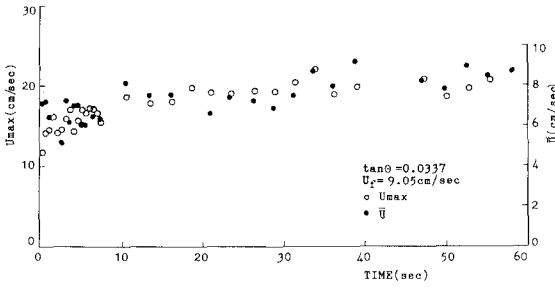


図-3 断面最大流速と平均流速の変化

U_f とし後続流について U_{max}/U_f , \bar{U}/U_f , \bar{U}/U_{max} 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。 U_f は変動するため値自体に問題はあるが、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とる。 \bar{U}/U_f は 0.8 程度の値で、勾配による差異はみとめられない。なお、Middleton によると、 \bar{U}/U_f は勾配 0.003 に於て 1 程度、勾配 0.04 に於て 0.7 程度となり、勾配が急な程小さくなっている。 \bar{U}/U_{max} は 0.4~0.5 程度の値を示し、勾配が急な程値は小さくなっている。再現性も考慮し更に詳細に調べることがある。

最後に、流速のみずみによる流動厚さの増加割合を示す $\delta/\bar{U} \cdot \partial \bar{U} / \partial x$ (δ は流動厚さ) について調べる。密度流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扱う方法が提案されており、下層流の流動厚さは周囲流体の連行と流速のみずみにより増大することが示されている。連続する枚の流速分布図から $\frac{\delta}{U_f} \cdot \frac{1}{U_f} \frac{\partial U}{\partial x}$ により評価された $\delta/\bar{U} \cdot \partial \bar{U} / \partial x$ の値の変化が図-5 に示されている。フロント部から後続部に至る間で負値をとり、このことは密度の測定結果を用いて示された、plume (密度流流体が定率的に供給される) では $\delta/\bar{U} \cdot \partial \bar{U} / \partial x$ は負値をとり、thermal (短時間的に供給される) では正値をとる、という前報⁶⁾の結果と一致している。その絶対値はフロント部で大きく、後続部では減りしでゼロに近づく。これは後続部では等流に近くなることを示している。また、フロント部における $\delta/\bar{U} \cdot \partial \bar{U} / \partial x$ の値を示したのが図-6 である。図には密度の測定結果から求めた前報の結果も示されているが、本実験の結果は前報に比べ絶対値が小さくなっている。一定幅の流束と漸減流、データのとり方の差異、再現性の問題などの影響が出ているものと思われる。これをふまえて、今後更に詳細に検討する必要がある。

参考文献

- 1) 利田野・春藤・平野; 第40回土木学会年講, pp.349-350, 1985.
- 2) Middleton; Canadian Jr. of Earth Science, pp.523-546, 1966.
- 3) Britter・Simpson; J.F.M., vol. 88, part 2, pp.223-240, 1978.
- 4) Ellison・Turner; J.F.M. vol. 6, pp.423-448, 1959,
- 5) 平野・利田野; 土木学会論文集, No.314, pp.67-73, 1981
- 6) Hirano; Hadano・Matsuo; 4th Congress APD-IAHR, vol. II, pp.1647-1661, 1984.

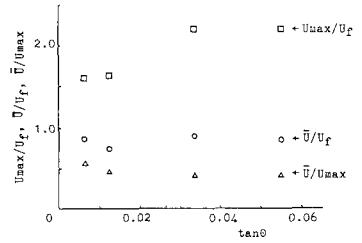


図-4 流速諸量と勾配の関係

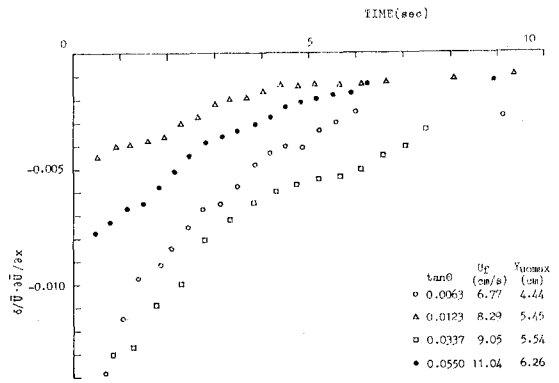


図-5 $\delta/\bar{U} \cdot \partial \bar{U} / \partial x$ の値の変化

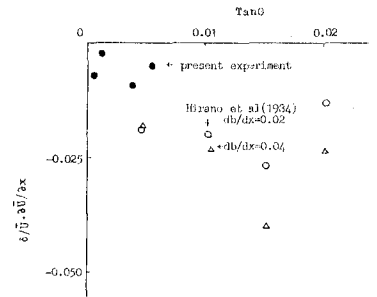


図-6 $\delta/\bar{U} \cdot \partial \bar{U} / \partial x$ と勾配の関係