

傾斜密度流に関する一考察

関西大学工学部 正員 山岡 一三
 関西大学工学部 正員 西形 達明
 前田建設工業(株) 正員 〇小西喜代治

1. まえがき: 最近各地で問題になってゐる貯水池における濁りの長期化現象、貯水池内の堆砂の問題に関する研究、あるいは河床・湖床・海底等に堆積した底泥の浚渫時に生じる濁りの防止に対する研究は重要なものになってきてゐる。これらの問題を解明するにあたって密度流の研究は有用な情報を与えるものと思われる。福岡¹⁾は、塩水密度流先端部の挙動を最先端の三角形部分とそれに続く水面に平行な内部境界面を持つ台形部分から成るモデルで仮定してゐる。また芦田²⁾は、このモデルを改良し、上面からの連行現象・周囲水の取り込みを考慮したモデルを提案してゐる。本研究においては、芦田らのモデルを参考に、先端部からの周囲水の取り込み高さ、抵抗係数等について一考察を行なうものである。

2. 解析モデル及び理論解析: 解析モデルは芦田らのモデルを参考にして、突出部下側(CD面) から周囲水の混入を考慮してゐるが、流入する高さは突出部下側の高さ(δx)の全体から流入するのではなく、次式の境界層の排除厚の考え方を用い、一定の高さ(δa)から流入するものとする。(図-1, 図-2 参照)

$$\int_0^{\delta a} (\bar{U} - u) dy$$

$$\delta a = \int_0^{\infty} (1 - \frac{u}{\bar{U}}) dy = 1.7208 \left(\frac{\nu \cdot x}{\bar{U}} \right)^{1/2}$$

δa : 排除厚 ν : 動粘性係数 x : 先端からの距離

また、上面から上層流体への連行速度は Keulegan の連行速度³⁾から次のように表わされる。

$$v_j = K \cdot (U_i - 1.15 U_{ic}) \quad K = 3.5 \times 10^{-4} \quad (3)$$

v_j : 連行速度 U_{ic} : 限界流速

以上の考え方を用い、式(5)、式(6)、式(7)の非定常運動量方程式及び質量保存方程式を連立させ逐次計算を行い、先端部における移動速度、最大高さ、内部密度に於いて解析を行う。

$$F = \frac{d}{dt} (m \cdot v) = \frac{d}{dt} (P_2 \cdot V \cdot v_2)$$

$$\frac{dP_2}{dt} \delta x = \delta_2' (v_2 - v_1) \delta x + \delta a v_2 \delta x - (\overline{DE} + \overline{EA}) \cdot v_j \cdot \sin \theta \delta x$$

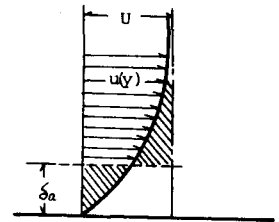
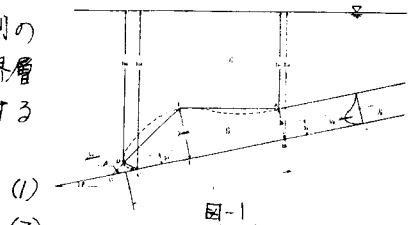
$$\frac{dP_2}{dt} \delta x = \frac{U \cdot P_2 + \delta_2' (v_2 - v_1) \cdot P_2 \delta x + \delta a v_2 \cdot P_1 \delta x - (\overline{DE} + \overline{EA}) \cdot v_j \cdot P_2 \delta x}{V + \delta_2' (v_2 - v_1) \delta x + \delta a v_2 \delta x - (\overline{DE} + \overline{EA}) \cdot v_j \delta x} - P_2$$

F : 外力 V : 先端部体積 v_1, v_2 : 先端部・定常部速度 P_1, P_2, P_3 : 周囲・先端部・定常部密度

Yamaoka Ichizou

Nishigata Tatsuaki

〇 Konishi Kiyoji



3. 解析結果及び考察: 図-3と図-4は、流入高さの違いによる先端部移動速度と先端部最大高さを表わしたものであるが、 δ_0 の高さから流入する場合($AD=\delta_0$)は流入量が多すぎるため、実測値より先端部移動速度では小さく、先端部最大高さでは大きい。排除厚 δ_0 から流入する場合($AD=\delta_0$)は移動速度で大きく、最大高さで小さくなり実測値に近づく。以上のことにより、流入高さに排除厚を用いることが実際現象をより表わしていると考えられる。

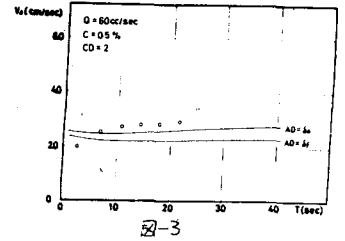


図-3

次に抵抗係数についてみると、図-5より先端部移動速度は抵抗係数が大きいほど小さくなる。また初期においては抵抗係数が大きい方が、それ以降においては抵抗係数が小さい方がより実測値に近い値をとる。先端部最大高さでは図-6から抵抗係数が大きいほど先端部最大高さは大きい。これは抵抗係数が増加すると移動速度が減少し、定常部からの塩水供給量が増加することから明らかである。

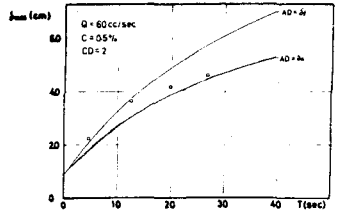


図-4

以上の二つのグラフを見ると、先端部移動速度・先端部最大高さ共に初期において実測値と差が生じる。この原因の1つとして抵抗係数と定数として取り扱ったことが考えられる。抵抗には形状抵抗・表面抵抗が考えられるが、これらの抵抗式中の抵抗係数はReynold数を含む式で表わすことができる。図-7は実験より得た抵抗係数とReynold数の関係を示したものであるが、このグラフよりReynold数が同じであれば内部密度の大きい方が抵抗係数が小さくなっている。このことより今回は、抵抗係数をReynold数と密度比(周囲水の密度 ρ_1 と流入塩水密度 ρ_2 の比)の式として取り扱い次式を導いた。

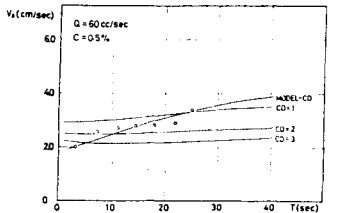


図-5

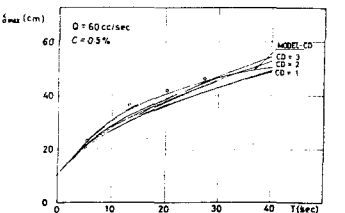


図-6

$$C_D = K \cdot Re^{-0.94} \quad K = 660 - 0.9 \cdot \rho_1 / (\rho_2 - \rho_1) \quad (7)$$

この抵抗係数式を用いて計算を行ったものが図-4、図-5のMODEL-CDで表わしてあるが、抵抗係数式が減少形であるため初期において抵抗係数が大きく、徐々に小さくなる。そのため初期における問題点も解消され、より実際現象に近づいていると考えられる。

参考文献

- 1) 福岡捷二・水村和正・加納敏行: 密度流先端部の流動機構に関する基礎的研究, 工学会論文報告集, 第274号, 1978.
- 2) 芦田和男・江頭進右・中川一: 密度流先端部の挙動に関する研究, 工学会関西支部年次学術講演会要録集, 1979.
- 3) Simpson, J.E.: Effect of the lower boundary on the head of a gravity current, J. Fluid Mech., vol. 53 part 4, 1972.

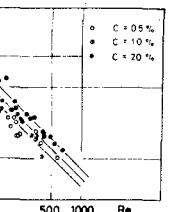


図-7