

開水路底面近傍における沈降性粒子の挙動

九州工業大学大学院 学生員 ○松本耕治
九州工業大学工学部 正会員 藤崎一裕

1.はじめに

水路底面近傍における沈降性粒子の挙動に関しては、これまでに、掃流・浮流限界などの関連から、水路底部に粒子が多く存在する場合については多数の研究がなされている。それらは河川等における実用上の必要性から調べられているものである。しかし、これらの結果は室内実験で浮遊砂流れを調べるような時には利用できにくい場合が多い。そこで本研究では、滑面開水路の底面近傍における沈降性粒子の現象を調べるための数値計算を行った。

2.基礎式

図1のように座標軸をとると、常用の記号を用いて開水路2次元流の基礎式は以下のように与えられる。

$$\frac{\partial}{\partial x}(U^2) + \frac{\partial}{\partial y}(UV) - \frac{\partial}{\partial x}\left(\nu_t \frac{\partial U}{\partial x}\right) - \frac{\partial}{\partial y}\left(\nu_t \frac{\partial U}{\partial y}\right) = -\frac{\partial P}{\partial x} \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial x}(UV) + \frac{\partial}{\partial y}(V^2) - \frac{\partial}{\partial x}\left(\nu_t \frac{\partial V}{\partial x}\right) - \frac{\partial}{\partial y}\left(\nu_t \frac{\partial V}{\partial y}\right) = -\frac{\partial P}{\partial y} - g \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial x}(U) + \frac{\partial}{\partial y}(V) = 0 \quad (3)$$

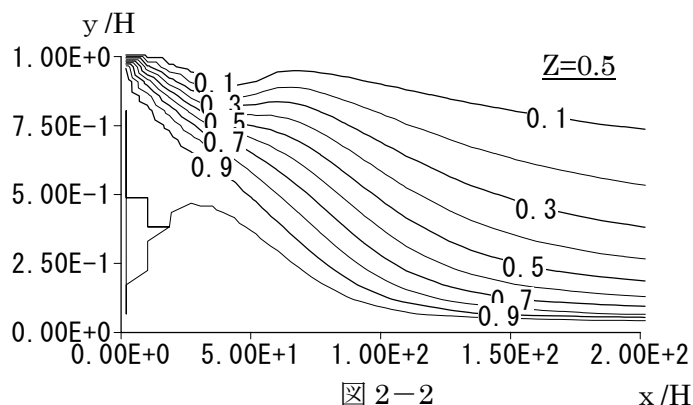
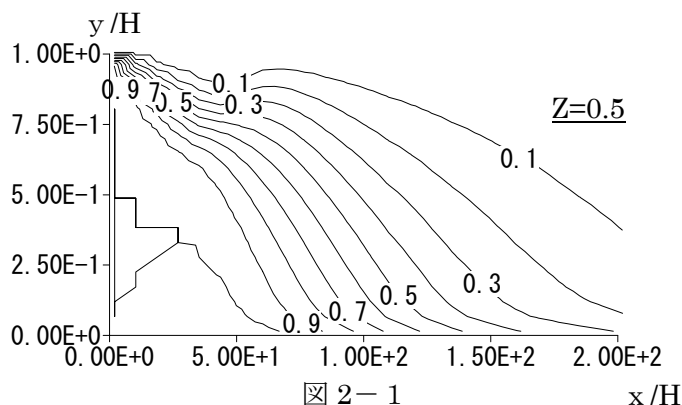
$$\frac{\partial}{\partial x}(UC) + \frac{\partial}{\partial y}\{(V - W_0)C\} - \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\nu_t}{\sigma_t} \frac{\partial C}{\partial x}\right) - \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\nu_t}{\sigma_t} \frac{\partial C}{\partial y}\right) = 0 \quad (4)$$

乱流モデルとしてk-εモデルを用いた。そして、水路底部の境界条件として(5)式を用いた。

$$\frac{\nu_t}{\sigma_t} \frac{\partial C}{\partial y} + \alpha W_0 C = 0^{1),2)} \quad (5) \quad \text{ここで、} \alpha : \text{反射率, } W_0 : \text{沈降速度, } \sigma_t : \text{定数 (=1) とする。}$$

3.計算結果と考察

沈降速度の無次元表示 $Z = W_0 / ku_*$ と反射率 α の値を種々変えて ($\alpha = 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9$) 数値解を求めた。計算条件として $U/u_* = 20$ とし、入口で一樣流速・一樣濃度とした。その他の条件は表1に示す。図2-1～4に Case1, 5, 16, 20 の濃度分布を示す。それぞれ縦軸に鉛直方向距離、横軸に流下方向距離をそれぞれ水深で無次元表示したものをとっている。図中の曲線は等濃度線である。



Keyword 浮遊砂濃度分布、沈降性粒子、沈降速度

連絡先：〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1 Tel093-884-3106 Fax093-884-3100

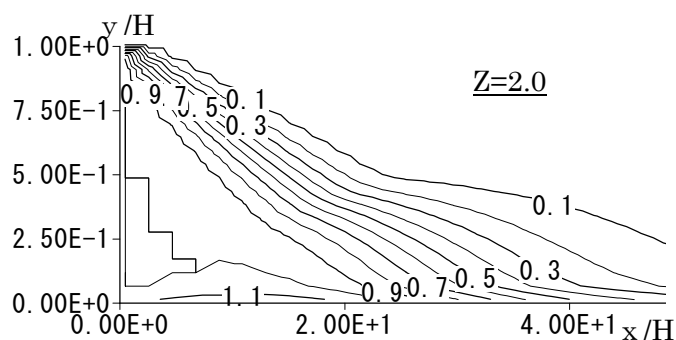


図 2-3
Case1~5

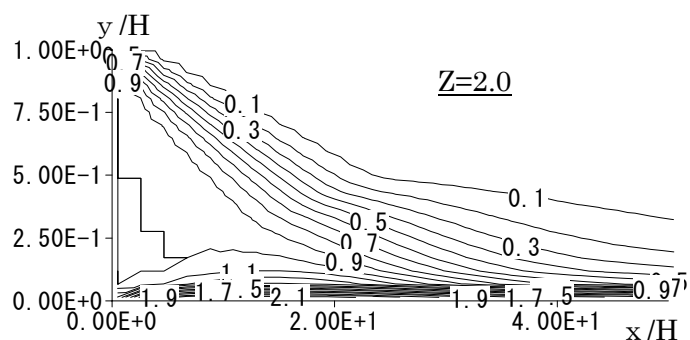


図 2-4

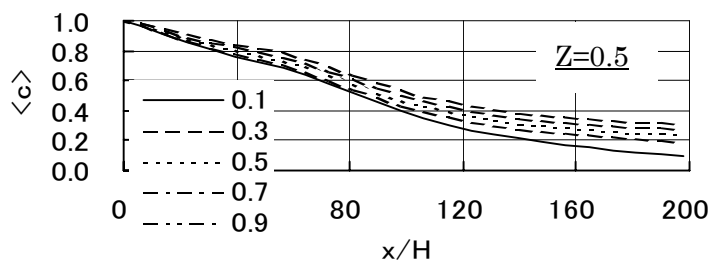


図 3-1

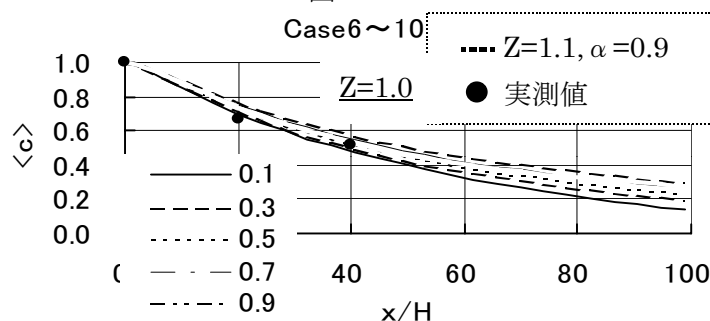


図 3-2

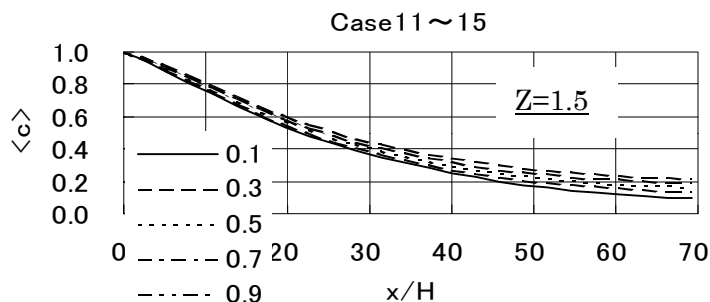


図 3-3

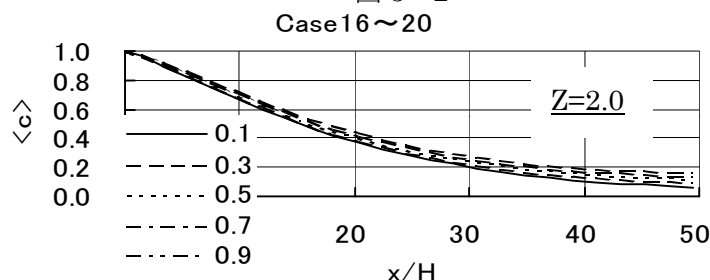


図 3-4

図 2-1,2 はいずれも相対的に沈降速度が小さい時で、図 2-2 の場合には、 α の値が大きく、底面に沈積する粒子のほとんどが再浮上するため濃度の鉛直分布が Rouse 分布に近い形になる。図 2-3,4 は相対的に沈降速度が大きい時で、図 2-1, 2 と同様のことが言えるが、水深の上半分の部分では濃度分布の差が少ない。そして底部の境界条件の影響は主として水深の下半分程度のところに表れている。

図 3-1~4 に種々の Z における α による水深平均濃度の流下方向変化を、縦軸に平均濃度、横軸に流下方向距離をそれぞれ無次元表示したもので示す。図より、 Z の値が小さいほど流下距離に対する濃度の変化が α によって大きく変わることがわかる。

また、このモデルの有効性や限界を調べるための室内実験を行った。実験は幅 40cm、長さ 10m のアクリル製の矩形断面方開水路を用い、水深 5cm、平均流速 60cm/s、平均沈降速度 2.5cm/s の条件で流下方向濃度の変化を求め計算値と比較した(図 3-2 参照)。 $Z=1.1$ の場合に対して $\alpha=0.9$ の濃度の計算値が実測値に近い値となった。今後は実験により更にデータを増やし、このモデルの妥当性を調べる予定である。

4.おわりに

本研究では、水路底面近傍の粒子の挙動を反射率 α を用いて表すための第一段階として、濃度分布に及ぼす α の影響を数値解により検討した。なお室内実験より $Z=1.1$ の状況では、 $\alpha=0.9$ の時におおよそ実測濃度分布を再現することができた。

5.参考文献

- 1) Jobson, H.E. and Sayre, W.W. : J. of Hydraulics Div, P.ASCE, 96, HY.10, p.703~724 (1970)
- 2) Becher W. et al : J, Hydraulic Eng. vol110. No3(1984). p.234~