

静止流体中に瞬間的に投下された重たい流体塊の流動特性

九州工業大学工学部 学生員○天田 尚志、今宮 盛雄
同 上 正 員 秋山 壽一郎、浦 勝

1. はじめに

近年、沖合における海上空港、沿岸・港湾域におけるウォーターフロントなどの建設を目的とした水域への土砂投下工事が各地で行われている。この際、経済性を考慮して、底開バージによる土砂直投工が用いられるのが通常である。しかし、直投工では多量の土砂が水面付近から投入されるため、土砂の拡散により計画堆積断面形状が効率良く得られなかったり、微細土粒子による大規模な汚濁が発生することが問題となっている。本研究は土砂投下にとまなう微細土粒子の水質汚濁問題を対象として、静水中を降下する2次元濁水塊の流動特性の解明を目的としたものである。

2. 実験および実験結果

本研究は、一様流中に瞬間的に投下された濁水塊の流動・拡散過程の解明を最終的な目的とするものであるが、ここではまず、その基礎的な流動特性の解明を目的として、塩水塊を用いた。

実験装置は、前面アクリル性水槽(幅1.5m、深さ1.5m、奥行き0.1m)である。静水(密度 ρ_0)中にホッパを模した投下装置(単位幅体積 A_0)から所定の濃度の塩水(初期密度 ρ_0)を水表面より瞬間的に流入させ、静水中における重い流体塊の流動・拡散過程について検討を加えた。以下、塩水塊をサーマルと呼ぶ。実験条件を表1に示す。表1において、 ϵ_0 は初期相対密度差($=(\rho_0-\rho_0)/\rho_0$)、 W_0 は初期総有効重力($=A_0\epsilon_0 g$)である。

図1はサーマルを幅方向に最大幅Hで、長さ方向に最大長さLで正規化した無次元形状と円との比較を示したものである。これより、サーマル形状はほぼ楕円形で近似できることわかる。

図2は式(1)で定義される断面アスペクト比Fと W_0 との関係を調べたものである。これより実験値はややばらついているものの、Fは W_0 には傾向的に依存しないことがわかる。

サーマルの最大層厚Hは流下距離z

に対して線形的に増大し、その変化率 dH/dz とzとの間には、 $dH/dz \sim z^{-2}$ なる関係があることが認められた。そこで、 dH/dz と W_0 との関係について調べたものが図3である。これより、 dH/dz は W_0 に対して減少傾向にあることがわかる。サーマル重心移動速度Vは $V \sim z^{-1/2}$ なる関係を有することが認められた。Vと W_0 との関係を調べたものが図4であるが、 dV^{-2}/dz は W_0 に対して減少傾向にあることがわかる。サーマルの有効重力Bは $B \sim z^{-2}$ なる関係を有することが認められた。Bと W_0 との関係を調べたものが図5であるが、 $dB^{-1/2}/dz$ は W_0 に対して減少傾向にあることがわかる。図6は式(2)で定義されるサーマルのOverall Richardson数 R_i とzとの関係を調べたものの一例である。

$$F = H/L \quad \cdots (1) \quad ; \quad R_i = \frac{FW_0}{S_i V^2 H} \quad \cdots (2)$$

同図より、十分に発達したサーマルでは、 R_i 数がzに対して一定となることがわかる。図7は R_i 数と W_0 との関係を調べたものであるが、得られた R_i 値にばらつきがあるため断定できないが、 W_0 に対して傾向性を持たないようである。

サーマルの連行係数 E_d を式(3)で定義し、式(4)に基づき算定された E_d と W_0 との関係を調べたものが図8である。これより、 E_d は W_0 に対して減少傾向にあることがわかる。

表1 実験条件

	初期相対密度差 ϵ_0	初期単位幅体積 $A_0(\text{cm}^2)$	初期総有効重力 $W_0(\text{cm}^3/\text{s}^2)$
CASE-1	0.26	0.80	203.84
CASE-2		1.15	293.02
CASE-3		1.50	380.20
CASE-4	0.32	0.65	203.84
CASE-5		0.95	297.92
CASE-6		1.25	392.00
CASE-7	0.38	0.55	204.82
CASE-8		0.80	297.92
CASE-9		1.05	391.02

$$E_d = \frac{q_0}{S_2 \sqrt{HLV}} \cdots (3)$$

$$E_d = \frac{2S_1}{\sqrt{FS_2}} \frac{dH}{dz} \cdots (4)$$

参考文献:今宮、秋山、浦、天田・(1997)西部支部.

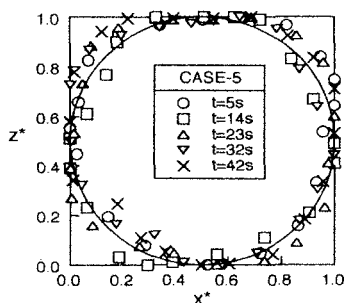


図1 無次元形状と円との比較

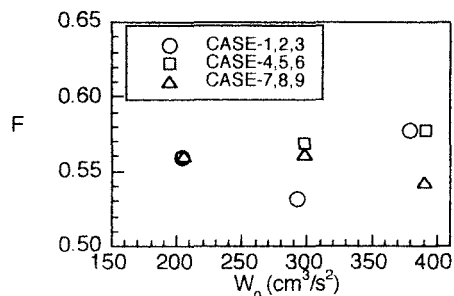


図2 Fと W_0 との関係

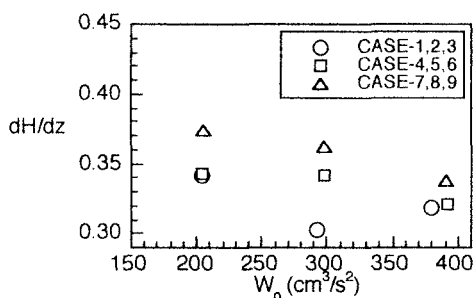


図3 dH/dz と W_0 との関係

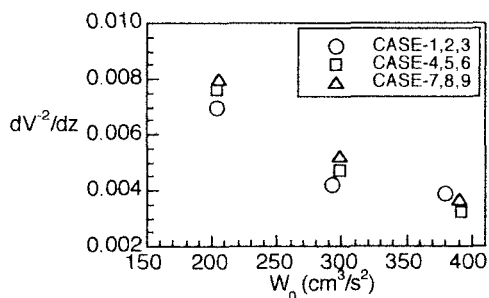


図4 Vと W_0 との関係

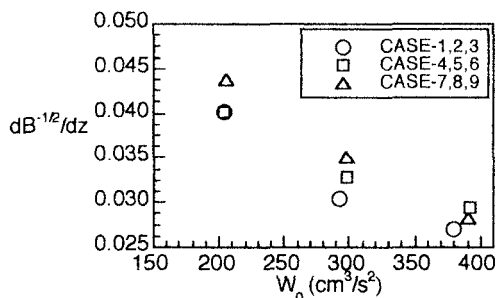


図5 Bと W_0 との関係

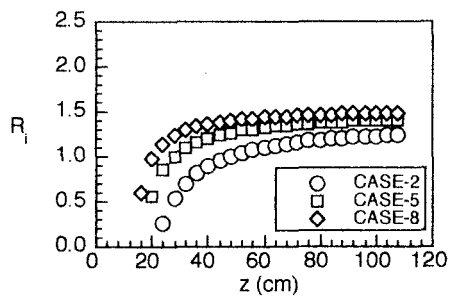


図6 zと R_i との関係

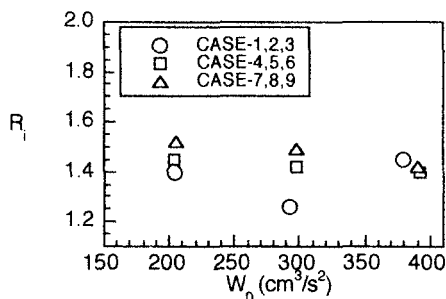


図7 R_i と W_0 との関係

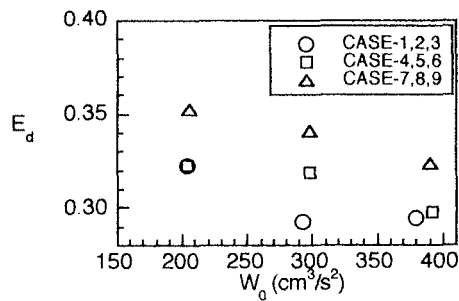


図8 E_d と W_0 との関係