

流水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 ○早川 史郎、西森 秀樹
同 上 正 員 秋山 壽一郎、浦 勝

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。このような土砂投下工事は年々大型化するとともに、より沖合の大水深・強潮流下で施工される傾向にあり、施工の効率化のみならず地球環境の保全の立場からも、様々な状況下における投下土砂の流動・拡散・堆積現象の水理学的特性を解明する必要がある。本研究は土砂投下にともなう微細土粒子の水質汚濁問題を対象として、一様流での濁水塊の流動・拡散過程の解明を目的としたものである。

実験および実験結果

流れの定義図と実験条件を図1と表1にそれぞれ示す。実験装置および流況は別報⁽¹⁾に示した通りである。問題とする現象は、周囲流体の一様流速 U と流入条件である濁水塊の初期相対密度差 $e_0=(\rho_0-\rho_a)/\rho_a$ および初期単位幅体積 A_0 によって支配されると考えられる。ここに、 ρ_0 =流入濁水の密度、 ρ_a =周囲流体の密度である。なお本研究では、 e_0 は0.32に固定されている。特性量はパソコン制御が可能なVTR(SONY製Hi8)に収録し、その画像をパソコンに取り込み解析し求めた。

図2は $U=6.46\text{cm/s}$ の場合における濁水塊の x 方向移動速度 V_x と流下距離 x との関係を調べたものである。これより、濁水塊の移動速度は流入条件に依存せず、濁水塊は一様流速 U で移流することがわかる。このような傾向は、他の一様流速の場合でも同様であった。

図3は $U=6.46\text{cm/s}$ の場合における濁水塊の z 方向移動速度 V_z と降下距離 z との関係を調べたものである。 $U=1.57\text{cm/s}$ では、静水中の場合と同様に $V_z \sim z^{-1/2}$ なる関係がほぼ成立するが、より大きな U では、図3から明らかに V_z は静水中の場合よりもやや早く減衰することが認められた。

図4は $U=6.46\text{cm/s}$ の場合における z 方向の拡がり幅 H について調べたものである。 e_0 は一定値であるので、 e_0 の効果については定かではないが、 H は U および A_0 には依存せず、 z に対して線形的に増加することがわかる。この傾向は静水中の場合と同様であるが、静水中での増加率 dH/dz は0.3~0.4程度であるので⁽²⁾、一様流中ではその2~3倍となっていることがわかる。このような傾向は、 $U=1.57, 4.77\text{cm/s}$ の場合でも同様であった。

図5は濁水塊の傾き角度 β と U との関係を示したものであるが、 β は変動するものの平均的にはほぼ 10° 程度であり、 U には依存しないようである。

図6と7はそれぞれ式(1)、(2)で定義される連行係数 E_d' 、 E_d と U との関係を調べたものである。

$$E_d' = \frac{q_e}{CV_z} \dots (1) \quad ; \quad E_d = \frac{q_e}{CV} \dots (2)$$

ここに、 q_e =連行率、 C =濁水塊の周囲長、 $V = \sqrt{V_x^2 + V_z^2}$ である。

連行係数は微小時間 Δt における濁水塊の単位体積変化量 ΔA を求め、 $\Delta A/\Delta t$ より q_e を求め、式(1)、(2)よりある瞬間における多数の連行係数を算出し、各々の集合平均を取ることによって、 E_d' 、 E_d を算定した。同図より、 E_d' は U に依存せず、ほぼ0.57程度であり、静水中の連行係数(0.3~0.5程度)よりもやや大きいことがわかる。また、 E_d は U が増加すると減少することがわかる。これは $V_x \approx U$ であるためであると考えられる。

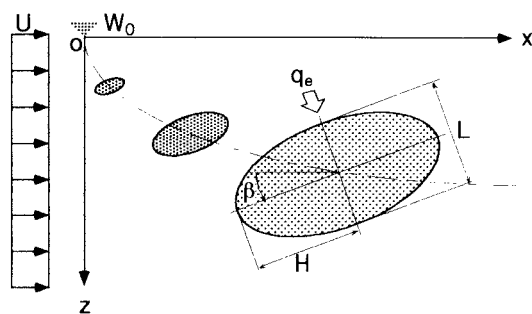


図1 流れの定義図

表1 実験条件

	U(cm/s)	ε_0	Aa(cm ³)	Wa(cm ³ /s)	symbol
case1			0.65	203.84	—
case2	1.57		0.95	297.92	
case3			1.25	392.00	▽
case4			0.65	203.84	×
case5	4.77	0.32	0.95	297.92	+
case6			1.25	392.00	△
case7			0.65	203.84	○
case8	6.46		0.95	297.92	□
case9			1.25	392.00	◇

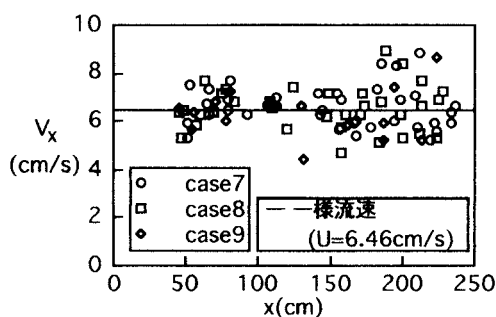


図2 x方向の重心移動速度 V_x

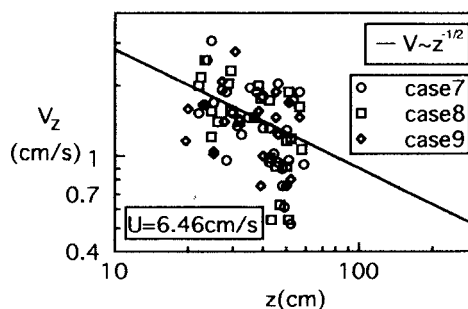


図3 z方向の重心移動速度 V_z

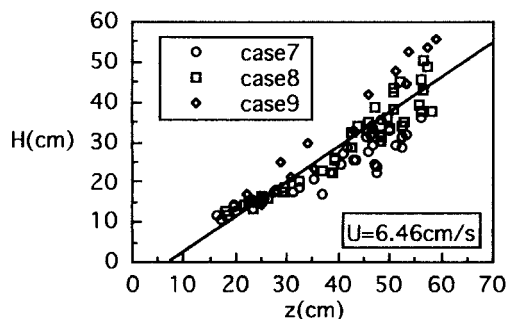


図4 層厚変化率 dH/dz

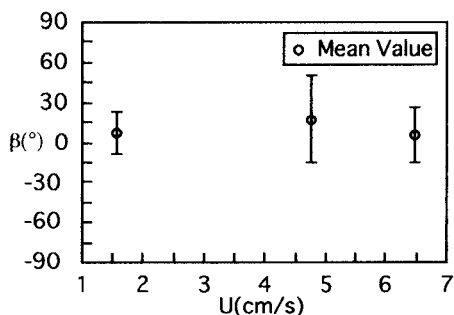


図5 傾き角度 β

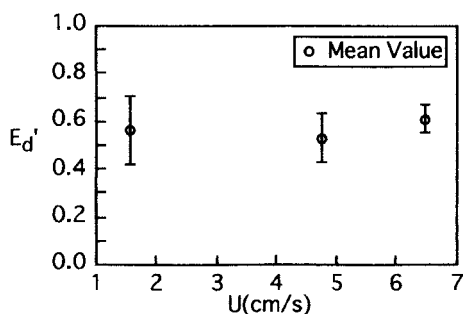


図6 連行係数 E_d'

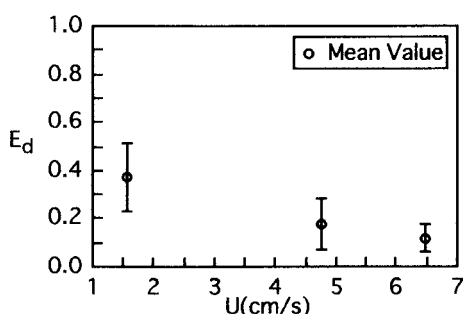


図7 連行係数 E_d

参考文献：(1) 西森、秋山、浦、早川 (1997) 西部支部。(2) 天田、秋山、浦、今宮 (1997) 西部支部。