

傾斜面上での濁水塊の挙動特性

大阪大学工学部 正 員 室田 明

大阪大学工学部 正 員 中辻啓二

大阪大学工学部 正 員○玉井昌宏

鳥 取 県 浅井 修

1. まえがき 土砂直投工において発生する濁りの拡散は、土砂の落下により誘起される流れ場と潮流や波浪等の周囲環境中の流動との両者の影響を受けると考えられる。本研究では、前者による濁りの拡散を対象としている。投下土砂中に含まれる微粒子は、土砂落下時に誘起された流動とともに、濁水塊を形成し、海底面上を移動する。昨年度、関支講¹⁾において報告したように、筆者らの水平床上での実験によれば、濁りの総量と濁水塊の初期運動量の比率を示す初期密度フルード数をパラメーターとして、濁水塊の挙動を分類することが可能であることがわかった。現実の海底面が凹凸や傾斜を有していることから、濁質の混入による周囲環境水との密度差は、傾斜面上では重力として作用し、濁水塊を加速あるいは減速させる直接的な外力となる。本研究では、土砂直投工をモデル化した水理実験を実施し、傾斜面上での濁水塊の挙動について検討した。ここでは、下流側濁水塊の挙動の概要について述べる。

2. 実験の概要 実験は長さ500cm、奥行き30cm、上流端部高さ50cm、下流端部高さ100cmの亚克力製台形水槽である。水槽内には水平からおよそ60°程度まで任意に勾配を変化させることが可能な塩化ビニール製の斜面を設けた。土砂投下は水槽中央部に設置した底開バージを模倣した投下

表-1 供試土砂

	$d_{50}(\text{cm})$	$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	$U_d(\text{cm/s})$	Re_d
粗粒砂	3.38	2.65	26.5	895
細粒砂	0.15	2.65	2.02	3.03

箱の底部を開口することにより行った。底部の開口幅は5cmである。現実の土砂直投工においては、粗い粒径の土砂は投下点直下に堆積し、沈降速度の小さな微小な粒子が濁質となって拡散すると考えられる。本実験では、表-1に示した2種類の土砂の混合粒径砂を投下することにより実現現象の再現を試みた。実験条件は、粗粒径砂の投下量 Q を300cm³と600cm³の2種類に対して、細粒砂の混入量 $Q' = 10, 25, 50, 100\text{cm}^3$ の4種類の投下条件を設定した。また、傾斜面の勾配は1:4と1:3の2種類とした。土砂投下高さは20cmである。

3. 実験結果 写真-1に $Q=300\text{cm}^3$ 、 $Q'=100\text{cm}^3$ 、勾配1:3の投下条件での濁水塊の挙動を示す。底面衝突後、全ての粗粒砂は衝突点付近に堆積し、細粒砂だけを含む濁水塊が形成される。衝突が完了すると2つの濁水塊に分離し、それぞれ上・下流方向へと移動し始める。 $t=3.0\text{sec}$ において、濁水塊は下流方向に尖った楔型の形状を呈している。この形状は水平床上でのそれに類似している。後方部には循環が存在しており、周囲水を連行しているのがわかる。斜面下向きの重力効果より初期運動量の卓越した領域であることが予想される。濁水塊の形状は概ね相似に成長するが、 $t=5.4\text{sec}$ では、先端部が急速に成長しており、2山の構造を有するようになっていく。後方の山は衝突直後に有している初期運動量により形成されるものであり、前方の山は高密度流体が集中的に流れ込むことによって形成されるものと考えられる。 $t=10.2\text{sec}$ では、後方の山の高さは緩やかに減少し始め、濁水塊の形状は斜面方向に引き伸ばされた台形状へと移行する。この形状は、Beghinら²⁾による傾斜面上での乱流サーマル（以下では、傾斜サーマルと呼ぶ。）のそれに類似している。

Akira Murota, Keiji Nakatsuji, Masahiro Tamai and Osamu Asai

次に、図-1に濁水塊の高さおよび長さの流下方向変化を示す。斜面の勾配が1:3のケースを合せて示した。縦軸は高さ Δ と斜面方向の長さ λ であり、横軸は流下方向距離 x である。両軸ともに斜面衝突直前の土砂・水の混相流体塊の単位奥行き当りの面積 A_0 の平方根により無次元化されている。 $x/A_0 < 6$ の領域において、高さ、長さともに概ね線形に増大している。この領域における長さの成長率は高さのそれのおよそ2倍である。既往の傾斜サーマルの実験値を参照すれば、同程度の勾配上におけるこの比率は4倍程度である。いずれの投下条件においても $d\Delta/dx$ は0.2程度であり、この比率のまま高さが線形に増大しても、濁水塊の上端部は水表面に到達しない。 $x/A_0 > 6$ においては、高さは概ね一様となるが、この傾向は水平床上の濁水塊に関する実験においても同様に観察された。これは、周囲水との密度差の影響が大きくなったために、流体塊の鉛直方向の成長が抑制されたことに起因すると考えられる。

t = 3.0sec
t = 5.4sec
t = 7.8sec
t = 10.2sec



写真-1 濁水塊の挙動

図-2に濁水塊高さと先端部の移動速度の流下方向変化を併せて示す。投下条件は $Q=300\text{cm}^3$ 、勾配1:4である。移動速度は衝突直前の混相流体塊の落下速度により無次元化した。移動速度は衝突直後に最大となり、その後は単調に減少する。高さが概ね線形に増大する $x/A_0 < 4$ の領域では、速度の分布に大きな差異はない。つまり、この領域では濁水塊の挙動に対して細粒砂はあまり影響を及ぼしていないようだ。しかし、高さが一定となる $4 < x/A_0 < 8$ の領域においては、 Q' が大きくなるほど速度の減衰が小さくなり、密度差の違いの影響が顕著に現れている。また、この領域では濁質混入量の大きいほど高さが小さくなっている。この傾向は水平床上での実験においても同様に認められた。

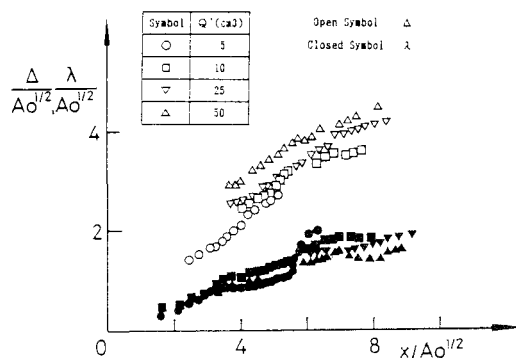


図-1 濁水塊形状の変化

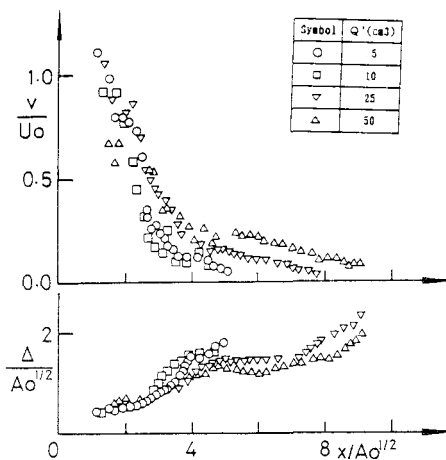


図-2 濁水塊の移動速度と形状特性

参考文献) 1)室田・中辻・玉井・町田：沿岸海域での土砂投棄工事における濁りの発生過程、昭和63年度関支講、1988。 2)Beghin・Hopfinger・Britter：Gravitational Convection from Instantaneous Sources on Inclined Boundaries, J. Fluid Mech., Vol.107, 1981。