

火砕流の運動機構に関する実験

建設省土木研究所 石川芳治 ○山田 孝
(株)建設技術研究所 中村淳治 松原智生

1. はじめに

火砕流本体部の運動モデルについては、これまでも提案されているが¹⁾、溶岩塊から発泡される火山ガスの影響が物理的に評価されていなかったり、深さ方向の土砂濃度分布を一定と仮定しているなど、運動機構を明らかにするうえで今後改良すべき点が多い。演者等は本体部の抵抗則を明らかにするために、条件を簡単にした模型実験を行い、深さ方向の流速分布、濃度分布などを測定した。

2. 実験方法

実験流路は長さ5.3m、幅30cm、高さ30cmの直線流路であり、流路床から空気を一定量、上方に供給することができる(図-1)。流路上端にホッパーを設置し、粒径0.1~0.3mmの乾燥砂(比重2.6) 105lとトレーサー用の粒径1.8~2.2mmの乾燥砂(比重2.6) 45lとを良く混合させた砂(計150l)をその中に1回の実験毎にいれた。実験に用いた混合砂の空隙率、静止摩擦角は各々、35%、35°である。流路勾配は20、22、24、26、28°の5種類、流路床から供給する空気の上昇速度は0.4m/secであり、流路床には特に粗度を付けていない。実験では、まず、流れの深さ方向の速度分布を把握するために、流路末端部付近の横に高速VTRカメラ(200コマ/sec)を設置し、定常状態における深さ方向並びに平面方向の流れを撮影してトレーサの運動の軌跡を判読した。次いで、流路末端部に土砂採取装置(採取口高:5cm)を設置し、定常状態において砂を採取して単位時間当りの採取量の実体積と流量との比から全土砂濃度を算出した。さらに、流路末端に採取口高を変えた各種の土砂採取装置(採取口高:2mm、5mm、8mm、11mm)を設置して、各採取口高ごとの単位時間当り採取量の実体積と採取口に流入する流量との比から、各々の土砂濃度を算出し、流れの深さ方向の土砂濃度分布を求めた。

3. 実験結果

図-2に深さ方向の速度分布を示す。ここで、縦軸の h/H は流路床からの鉛直高 h と流動深 H との比、横軸の V_h/V は流路床から h の高さにおける V_h と最大流速 V_H との比を表している(流動深 H は0.8~1.1cm、壁面沿いの最大流速は1.8~2.4m/sec、流心の最大流速は3.2~4.8m/secである)。 h/H と V_h/V_H との間は、ほぼ比例的な関係とみなせ、勾配の違いによらずほぼ同じような速度分布型を示す。

図-3は h/H と流速係数 V_h/V_* との関係を示したものである。全体的な傾向として、 h/H が増加するにつれて流速係数もほぼ比例して増加する傾向が認められる。図-2、3に示した速度分布型から判断すると、実験で対象とした本体部の流れはダイラタント流体の速度分布に近いことが分かる。

図-4は流路勾配と全土砂濃度との関係を示したものである。流路勾配が14~18°にかけては勾配の増加にほぼ比例して土砂濃度が増加し、勾配が24~28°の間では土砂濃度が約50%とほぼ一定の値を示している。ちなみに、これまでに提案されている本体部の局所平衡状態での土砂濃度と流路勾配との関係についての理論式は流路勾配(エネルギー勾配)の3乗に比例して、土砂濃度が急激に増加していくものである。今回、得られた両者の関係によれば、理論式ほど土砂濃度が流路勾配に敏感に反応して増加していない点が特徴的である。

図-5に深さ方向の土砂濃度分布を示す。今回の実験結果では、流路床近傍で30%、流動深の中間

付近で50%、流れの表面より全体の流動深の2割程度下の所で50%弱であり、中間付近の土砂濃度がもっとも高い結果となっている。土石流や乾燥砂の実験では、流路床近傍の土砂濃度が最も高いことが明らかにされており、今回の実験結果はそのような結果に適合しない。これは、今回の実験では、実験砂の安息角以下の勾配で実験砂を流動化させる手段として流路床から空気を鉛直方向に供給していることによるものと思われる。

4. 今後の課題

理論式では、平衡状態にある本体部の流れの深さ方向の土砂濃度分布を一定と見なしているが、図-2、3からも明らかなように鉛直方向の速度変化は極めて大きく、また、深さ方向の土砂濃度分布の変化も比較的大きい。今後、より広範囲な実験条件で深さ方向の土砂濃度分布ならびに速度分布を詳細に調べ、適切な本体部のモデルを作成する必要がある。

参考文献

- (1)石川芳治、山田孝、矢島重美、水山高久(1991)：火砕流の流動機構と数値シミュレーションならびに対策工に関する研究、土木研究所資料第3005号、1991年4月、

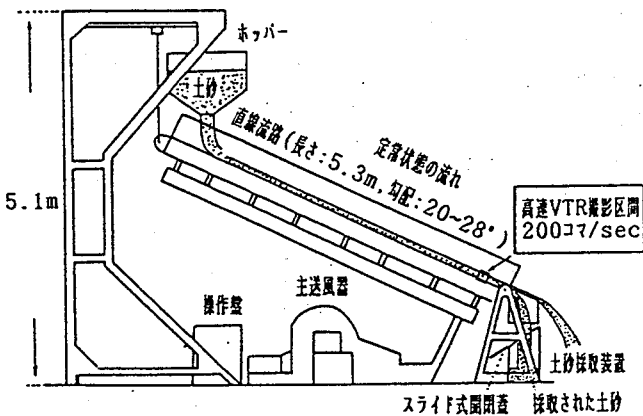


図-1 実験装置の概要

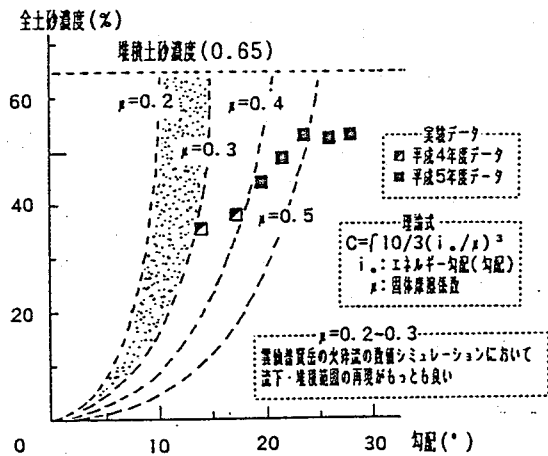


図-4 勾配と全土砂濃度

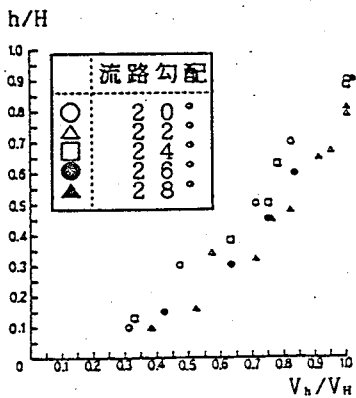


図-2 深さ方向の流速分布

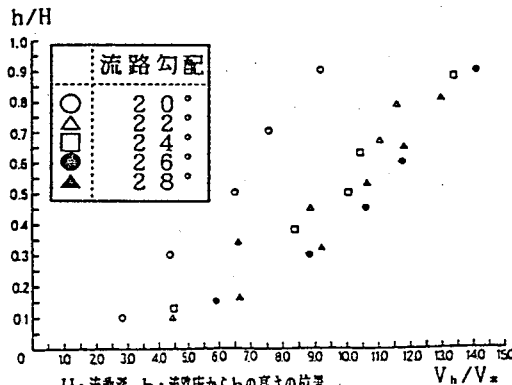


図-3 流速係数と流動深

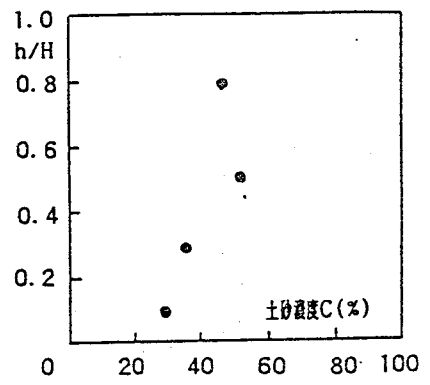


図-5 深さ方向の土砂濃度分布 (流路勾配=20°の場合)