

3 火砕流対策工に関する実験

建設省土木研究所 ○山田 孝

石川芳治

(財)建設技術研究所 中村淳治

1. はじめに

火砕流による災害を防止・軽減するための対策工は世界的にみても全く施工された事例がないため、その構造や規模の計画・設計方法については不明な点が多い。しかしながら、雲仙普賢岳で発生している火砕流の流下・堆積実態とある程度の比高差を有する屈曲部などの自然地形がそれらに及ぼす影響との関係から小規模な火砕流の本体部についてはある程度、導流堤で流向を制御したりすることが可能ではないかと思われる。ここでは、模型実験により、火砕流本体部の流下・堆積に及ぼす導流堤の影響とその効果について検討したので以下に報告する。

2. 実験の相似則

実際の火砕流の流動・堆積現象、流動化現象を支配している物理法則や構成パラメーター間の物理的関係がほとんど明らかにされていないという問題は依然としてあるものの、いくつかのVTR解析から火砕流本体部を重力流と見做すことができるため、支配的な物理法則を慣性と重力とした。なお、粘性は二次的に作用すると考えた。慣性力は主として水平方向に作用し、重力は鉛直方向に作用しているから2つの方向に対して別々に相似則を求めることができる。流路における流れの代表要素に働く重力は $\rho g z l^2$ である。ここに、 l は水平方向の代表長さ、 z は鉛直方向の代表長さ、 ρ は流れの密度、 g は重力加速度である。重力の流れ方向の分力によって流速が保たれ、その分力は $F_{g, flow} = \rho g z l^2 \cdot z/l$ 、流れの方向の慣性力は $F_{i, flow} = \rho z l^2 \cdot l/t^2$ であるから、これら2つの力の比をしめす主要パイナナンバーを考えると相似則は $z/z' = v^2/v'^2$ となる。ここに、 t は時間、 v は水平方向の流速である。ただし、この相似則は水平方向の流れのみに適用できる。今回の実験の火砕流本体部の流動深 z は1.0~1.2cm、流速 v は3~4m/secなので、実際の火砕流として流動深1m、流速30m/sec程度の流れ（例えば雲仙普賢岳で1991年6月8日昼に発生した小規模火砕流）を想定すれば、上述の相似則から慣性力と重力の相似はある程度なされていると考えられる。

3. 導流堤の効果に関する実験

実験装置は図-1のようであり、発生部、流下部、堆積部からなる。実験条件である流路勾配、土砂量、粒径、空気上昇速度、導流堤の断面形状と長さ、設置位置、設置角度については表-1のとおりである。実験ケースはこれらを適宜組み合わせで計81ケース実施した。導流堤の効果としては流向制御効果、氾濫面積縮小効果、流下距離短縮効果を考えた。流向制御効果は堤内での平面的な氾濫角度の大きさ、氾濫面積縮小効果は堤内と堤外の氾濫面積の比、流下距離短縮効果は無施設の場合の流下距離と導流堤を設置した場合のそれとの比で表すものとした。得られた実験結果を要約すると以下のようである。

- (1) 導流堤を施工した場合は、無施設の場合と比較して最大5割程度、流心線（堆積土砂の各横断面において最比高点を連ねた線）上の流速を低減できる。導流堤の高さが高いほど、表のり勾配が急であるほど、導流堤の設置角度が流れに対して大きいほど流速の低減度は大きい。
- (2) 導流堤施工区間外をも含んだ全体的な土砂堆積厚分布については導流堤の高さ、表法勾配、導流堤の設置角度による違いはそれ程大きくはないが、導流堤施工区間内に限っては、導流堤の高さが高いほど、流れに対する導流堤の設置角度が大きいほど厚く堆積する傾向がある。表法勾配による堆積厚分布の違いはそれ程大きくはないが、表法勾配が緩くなるほど厚く堆積するようになる。
- (3) 導流堤の高さが高いほど、表法勾配が急であるほど流向制御効果、氾濫面積縮小効果とも大きい。流向制御効果については、導流堤の高さが本体部の導流堤衝突直前の流動梁の3倍程度以上になると急激に大きくなるようである（図-2）。さらに、導流堤の流れに対する設置角度が20° ならびに30° の場合のほうが40° の場合よりも流向制御効果、氾濫面積縮小効果とも大きい。流下距離短縮効果については導流堤の高さ、表法勾配による違いはほとんど認められない。但し、流れに対する導流堤の設置角度が大きいほどこの効果は大きいようであり、設置角度が40° の場合は無設置時と比較して約3割ほど短縮できる。

尚、上述の(1)、(2)、(3)は、導流堤衝突直前の流速が一定の場合についてである。

- (4) 流向制御効果、氾濫面積縮小効果とも導流堤衝突直前の速度が小さいほど大きい。

4. 今後の課題

火砕流本体部に対する導流堤の効果が定性的ではあるがある程度把握できた。次のステップとして、弯曲部における火砕流本体部の偏流機構を定量的に明らかにし、偏流高を予測できる計算式を提案することならびに火砕流本体部の実験のより適切な相似則を、模型実験と実際の火砕流の流動・堆積実態との関係から検討し、提案することが必要となる。

表-1 実験条件

流路勾配	10° 15° 20°
土砂量	10t
粒径	0.1~0.3mm
空気上昇速度	0.5m/sec
導流堤	● 長さ 1.0m ● 高さ 2.0cm, 4.0cm, 8.0cm ● 表のり勾配 1:0.2, 1:0.5, 1:1 ● 流れに対する設置角度 20° 30° 40 ● 設置位置 流路出口から1m下流の位置

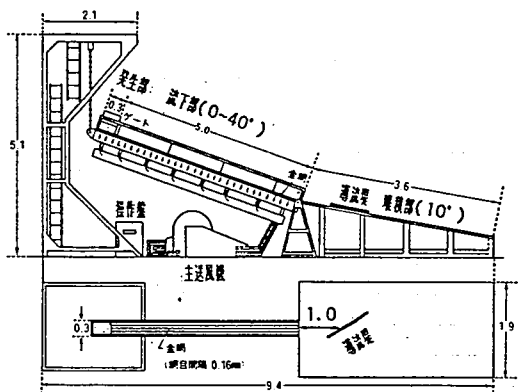


図-1 実験装置の概要（単位はm）

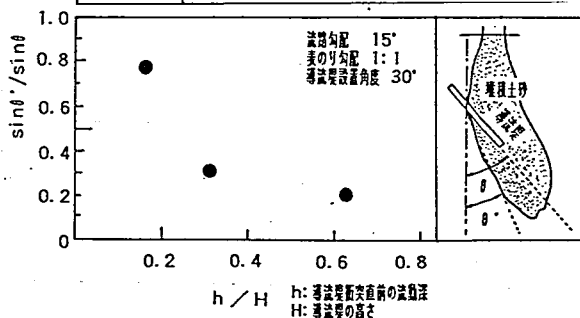


図-2 導流堤の流向制御効果