

建設省土木研究所 水山高久
建設省 砂防課 米沢谷誠悦

1、緒言 土石流がその材料によってビンガム的な挙動やダイラタント的な挙動を呈することはすでに、栃木や大同¹⁾によって述べられている。その中で、ダイラタント的な流動をする砂礫流については、最近、高橋²⁾や大同、その他の研究着によってかなり解明されてきた。一方、細粒土砂を含む土石流についてはあまり研究されていない。そのような材料は常に流水を受ける河床堆積物ではなく、崩壊土砂がそのまま流動化して土石流になる場合に見い出されるものである。昭和53年5月18日融雪に伴って発生した土石流はその代表的なものであると考えられる。そこで、妙高土石流の堆積土砂を用いて、流動限界含水比、抵抗則、砂防ダム周辺での挙動、等を実験的に検討したので報告する。なお、妙高土石流の材料の粒度分布を他の例と比較して示すと、図-1 のようになる。

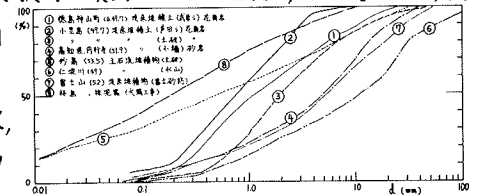


図-1 土石流材料の粒度分布

2、実験の方法 妙高土石流材料の25.4mm以下について、種々の割合で水と混合し、これを幅15cm、長さ5mのアクリル製水路の上流端に投入し、約3m流下した地点でモータードライブカメラを用いて波高、波速を測定した。また、フロント部の土砂濃度、粒度分布も適宜採水して調べた。

3、実験の結果

3.1 フロントの移動速度 水路勾配を種々変化させてフロントの移動速度を調べると図-2 のようになった。図中、(滑) は水路底がアクリル滑面、(粗) は1.8mm砂をニス付けした粗面である。投入総量は、3ℓおよび6ℓである。結果をまとめると次のようになる。

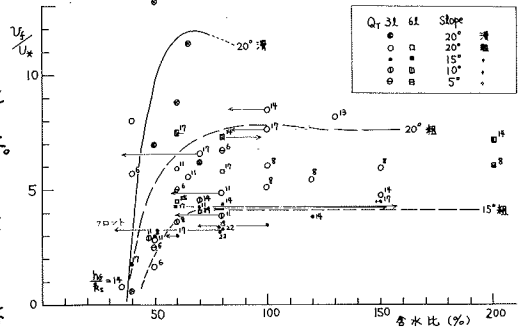


図-2 フロントの移動速度

- ① 勾配20°では含水比35%以上で流動し、粗面では $v_f/v_{*c} \approx 6$ 、滑面では10程度となる。
- ② 勾配15°では含水比55%以上で流動したがフロントでは32%含水比のものもあった。 $v_f/v_{*c} \approx 4$
- ③ 勾配10°では一部堆積するようになるが、河床に泥を敷いた場合や総量の多い場合は、含水比60%以上で流動する。
- ④ 勾配が5°になると、上流より1.5mの範囲にほとんど堆積し細粒分だけが流出する。
- ⑤ 清水(3, 6, 9, 12ℓ)を投入した場合のフロントの移動速度は、図-2とほぼ等しく、水山や高橋による等流状態の測定値とも類似している。(図-3)

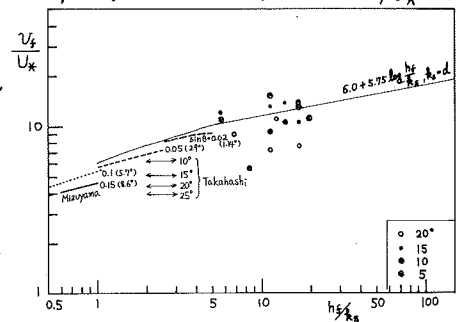


図-3 清水のフロント移動速度

以上の結果は砂礫流の結果に比べて1オーダー程度速くなっており、妙高土石流の推定平均流速、11~17 m/sec を説明しうるものである。

3.2 流動限界含水比 流動限界の判定は、最大粒径を含む全材料が堆積することなく、等速運動したとみなせる場合とした。したがって勾配20°でゆっくりと移動する場合も流動しているとした。図-4に1.8 mm砂粗面とアクリル滑面または泥面に分けて流動限界含水比を示す。ここで泥面とは河床粗面上に5 mm程度の厚さで飽和状態の同じ材料を敷いたものである。ただし、流動限界含水比に対する波高の影響については、実験範囲が狭いため今回は議論できない。なお、妙高土石流材料の土質試験では、液性限界39~44%，発生日調査した堆積土砂の含水比は44~53%であった。

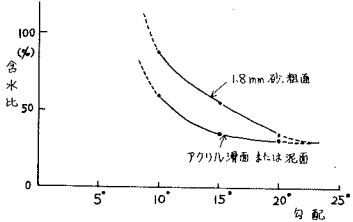


図-4 流動限界含水比

3.3 フロントの粒度分布 広い粒径範囲の混合砂礫を用いた実験では、毎回の実験材料を同じにすることはむずかしい。したがって粒度分布の変化について明確なことはいえないが、フロント部の土砂の粒度分布は例えば図-5のようになり、砂礫流の場合と同様フロントの粗粒化が確認された。

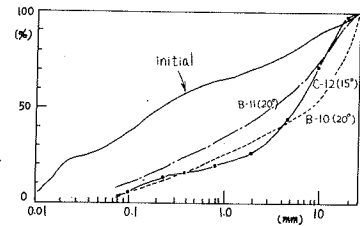


図-5 フロントの粒度分布の例

3.4 砂防ダム周辺の土石流の挙動 高さ10 cmの板を水路床に垂直に立て(3.5m地点)、ここに土石流を流し堆積状況、越流状況を観察した。初期状態は堆砂の無い場合とレベルに堆砂している場合の2種類とした。堆砂状況は、ほぼ河床勾配と等しい勾配で堆砂する砂礫流の場合とは対象的で、図-6に示す例のように流体的な挙動を呈し、次のような特徴がある。

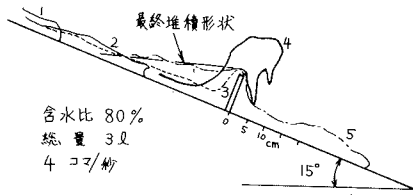


図-6 砂防ダム周辺の土石流の挙動

①空の状態ではフロントは板に沿って上方にジャンプする。その高さは、 $\frac{v^2}{2g}$ より大きい場合もあった。ここで v は平均流速である。(図-7)

②最終堆砂勾配は、水路勾配20°、15°、10°、のいずれについてもレベルである。ただし10°では典型的な土石流は形成されなかった。

③レベルに堆砂したところに土石流が流れる場合には、侵食も堆積もほとんどなく、飛距離は質点力学的にほぼ算定される。

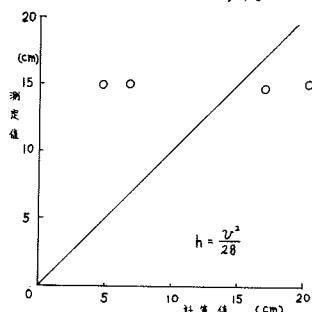


図-7 砂防ダムでのジャンプ高さ

3.5 投入総量とピーク流量の関係 崩壊に伴って発生する土石流では土石流総量からピーク流量を推定する必要がある。両者の間に1対1の関係があるかどうか疑問であるが、本実験および枝島の観測結果を示すと図-8のようになる。

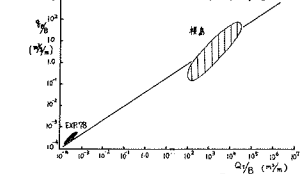


図-8 投入総量(土石流総量)とピーク流量の関係

4. 結論 以上、泥漿型の土石流の研究も妙高土石流材料を用いた実験によって行なった。今後さらに系統的に研究を進める予定である。

(参考文献)

- 1)大同淳之;土石流の流動について,第2回災害科学総合講演会,1965,10
- 2)高橋保;土石流の発生と流動の機構,土と基礎,vol.26, No.6,1978,pp.45~50