

1. はじめに

間隙流体中に細粒土砂を含む土石流は一般に流動性に富み、緩勾配でも高濃度で流動し続ける傾向があると言われている。しかしながら、細粒土砂の含有が流動特性に与える効果やそのメカニズムについては十分には明らかにされておらず、その解明は防災上の重要な課題であるといえる。ここでは細粒土砂を含む土石流の流動特性について実験的に検討を行った結果を報告する。

2. 実験の概要

実験の方法としては、長さ4m、幅10cmの可変勾配水路上に土石流材料となる試料を5cm厚で敷き詰めて移動床条件とし、ここに水路上流端から初期給水を行って完全に飽和させ、実験条件として設定された流量の水を与えて土石流を発生させた。発生した流れは下流端から80cmの地点で側面からハイスピードビデオで録画するとともに、下流端で採泥して土砂濃度を測定した。実験条件としては水路勾配が 11° と 14° の二段階、試料は $\phi=5\text{mm}$ のほぼ粒径が一様な礫のみを用いたものとこの礫に $\phi=0.18\text{mm}$ または $\phi=0.64\text{mm}$ のほぼ均一な砂をそれぞれ25%、40%の二段階で混合したものの合計5種類で、給水流量は単位幅流量として $50\text{cm}^2/\text{sec}$ と $75\text{cm}^2/\text{sec}$ の二種類の給水量を設定した。

3. 土砂輸送能について

図1・図2に水路勾配に対する礫の濃度及び固相全体の濃度の関係を示す。図中の曲線は次の土石流の濃度式で間隙流体密度を1と1.2とした場合の計算値である。

$$c = \frac{\rho \tan \theta}{(\sigma - \rho)(\tan \phi - \tan \theta)} \quad \dots\dots (1)$$

勾配がやや小さいためか礫のみの場合は計算値を下回っているが、砂の混合が濃度を上昇させる効果があることがわかる。 $\phi=0.18\text{mm}$ の砂（以下、細砂と呼ぶ）を混合したときはすべてのケースで濃度が上昇しており、この程度以下の粒径の土砂は土石流中では液体相として働き、見かけの間隙流体密度の上昇を引き起こすと考えられる。一方、 $\phi=0.64\text{mm}$ の砂（以下、粗砂と呼ぶ）を混合したケースでは、勾配が 14° の場合は細砂と同じような傾向が見られるが、 11° の場合には礫濃度がかえって小さくなっており、粗砂が固相として働いたと考えられる。図3は礫に対する相対水深と流速係数の関係である。全体的に抵抗の大きい流れとなっているが、 14° のときには砂の含有が抵抗を減少させている傾向が見られる。 11° のときには逆に砂を含まない流れの方が抵抗の小さい流れとなっているが、これは土砂濃度の差によって抵抗が変わったためと考えられ、いずれの場合も細粒土砂の含有が急激な大量の土砂輸送を引き起こす効果を持つことがわかる。

4. 流速分布

図4に流速分布の一例を示す。ややデータのばらつきが大きい、いずれも移動床での土石流の流速分布といわれる曲線にあう傾向があり、材料による大きな差はみとめられない。前述のように、細粒土砂の含有によって流動性（抵抗）が変わり、絶対的な流速に違いが見られるのにも関わらず、流速分布形に大きな差がないということは抵抗のメカニズムの中で歪み速度に依存しない准静的な摩擦による抵抗の影響が非常に大きいことを示すものであると思われる。

5. あとがき

細粒土砂を含有することによって土石流の土砂輸送能は増大し、土石流としての流動下限勾配が小さくなることなどは確認されたが、データが十分でないこともあって液体相として働く細粒土砂の粒径範囲や間隙流体の密度の上昇を定量的に評価するにはいたらず、課題として残った。また、抵抗則については今回の実験条件ではいわゆる非速度依存型の抵抗が支配的であることが推測され、流速分布形の解析よりも内部のせん断摩擦についての検討が重要であると考えられる。あわせて今後の課題としたい。

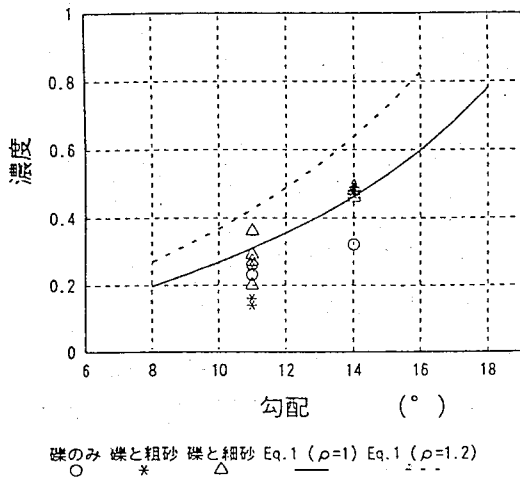


図-1 勾配と礫濃度の関係

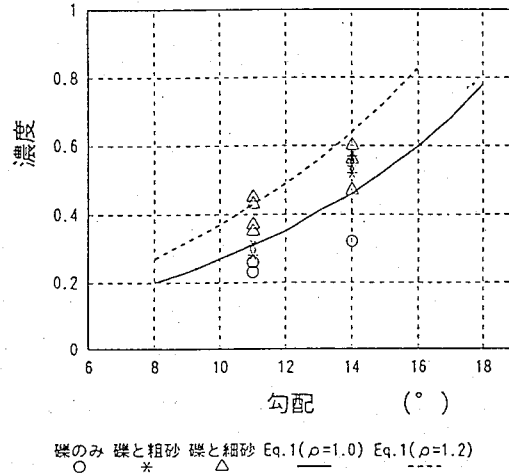


図-2 勾配と固相全体の濃度の関係

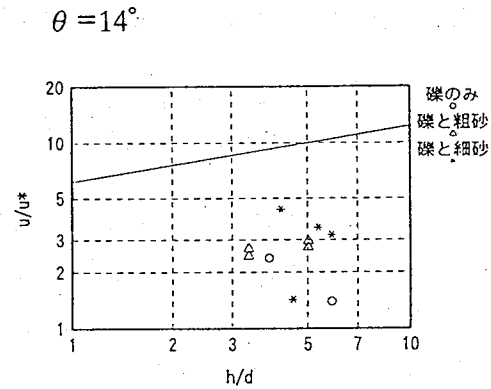
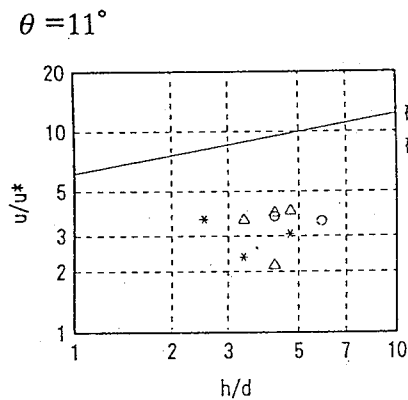
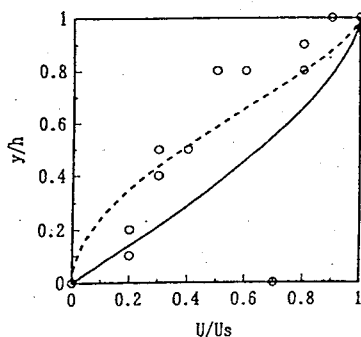
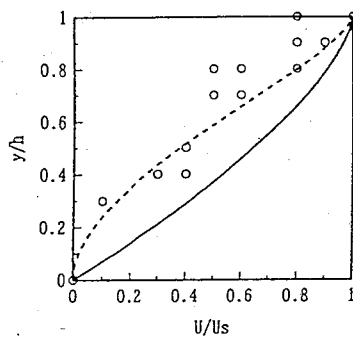


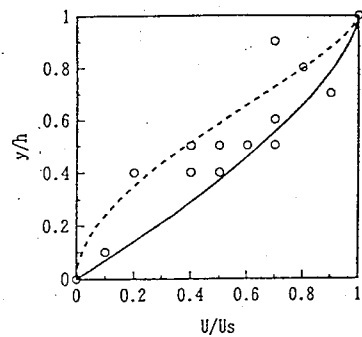
図-3 相対水深と流速係数の関係



(a) $\phi = 5\text{mm}$ 100%



(b) $\phi = 5\text{mm}; 75\%, \phi = 0.18\text{mm}; 25\%$



(c) $\phi = 5\text{mm}; 75\%, \phi = 0.64\text{mm}; 25\%$

図-4 流速分布

(勾配はいずれも 14° , 点線は $u/us = 1 - 1/2(1 - y/h)^{3/2}(2 + y/h)$, 実線は $u/us = 1 - (1 - y/h)^{3/2}$ による計算値を表す)