

崩壊土砂の流動化特性について

京都府立大学

○三好岩生, 石川芳治, 水原邦夫

建設省新庄工事事務所

伊藤誠記

1. はじめに

最近の土石流災害の発生形態を見ると、崩壊土砂がそのまま流動化する例が多く見られるが、その力学的機構については未解明な点が多い。また中でも、山体・河道に貯留されていた水分量が、土石流化には十分ではなかったと考えられる例がしばしば見られる。このような課題を解明するためには、提供される水分量を精度良く予測する一方で、崩壊土砂の流動化に必要な水分量を明らかにする必要がある。そこで、崩壊流動型の土石流履歴のある地点を含めた複数の地点から採取した土砂試料について、土石流としては比較的少ない水分条件にある土砂・水混相体のレオロジー特性を調べる実験を行った。ここでは、実験結果に基づいて、崩壊土砂の流動化に必要な水分条件について考察した結果を報告する。

2. 実験材料・装置と実験方法

実験に用いた土砂試料としては、過去の災害履歴や母材の違いを考慮して、神奈川県小田原市の根府川地区、長野・新潟県境の蒲原沢、鹿児島県出水市の針原川、京都市北山の静原地区と兵庫県芦屋市の芦屋川上流域の5地点から、溪岸あるいは山腹の表層土を採取し、実験手法上の制約から粒径 $425\ \mu\text{m}$ 以上の砂礫を取り除いたものを用いた。実験装置はFan社製のVGメーターという回転2重円筒式の粘度計である。方法としては、各土砂試料に徐々に水を加えてゆき、せん断を加えた際に流体としての性質を示すようになってから、混相体としての性質が示される範囲で、各試料に対して10~20段階程度に水分量を変化させたときのひずみ速度とせん断応力の関係を測定した。

3. 結果および考察

図-1に計測された各土砂試料のひずみ速度とせん断応力の関係を示す。レオロジー曲線としてみると、全体的に上に凸なカーブを描いており、疑似ビンガム流体的な性質を持っていることがわかる。これは試料から砂礫成分を取り除いているための影響もあるが、実際の現象でも本来的に細粒成分の性質が大きく影響を与えるものと思われる。試料によってひずみ速度に対するせん断応力の値、あるいはその含水比に対する変化の様子が異なっており、土石流化の可能性を予測するためにはこのような工学的な試験も有効であることがわかる。試験から得られたひずみ速度-せん断応力-含水比の関係は、三者を変数とした立体内の連続した曲面として表される。そこで、実験結果から三元の回帰を行い、三者の関係を回帰式として定量化した。それらの回帰式から、それぞれの試料に対して、勾配 θ (deg.) の斜面上にある厚さ h (cm)の土層が動的な状態となったとき、ひずみ速度 \dot{u} でせん断され得る最小含水比を求める式を導いた。このように、試験結果を示す指標を含水比におくことにより、図-2のように従来からの様々な指標と比較することが可能になる。図-2においては、今回の実験から得られる流動化の指標である γ を、流動化と停止の境界値として $\dot{u}=1$ 、実験レベルでの土石流の規模を念頭に置いて $h=5\text{cm}$ 、 $\theta=10^\circ$ および 20° として算出した値を示している。また、平衡濃度とは次の(1)式によって算出される土砂の容積濃度 C_d を含水比に変換した値である。

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

各指標に対する考え方にもよるが、この図から今回の試験結果から得られた指標と他の含水比指標の関係が各試料採取地での土砂災害履歴と合致する傾向も読みとれ、このような指標が流動化の指標として有効となる可能性を示している。この試験結果からすぐに流動化の指標を導けるものではないが、このような細粒成分の効果を汲み取った動的な試験結果が、指標化のための有効な情報となると考えられる。

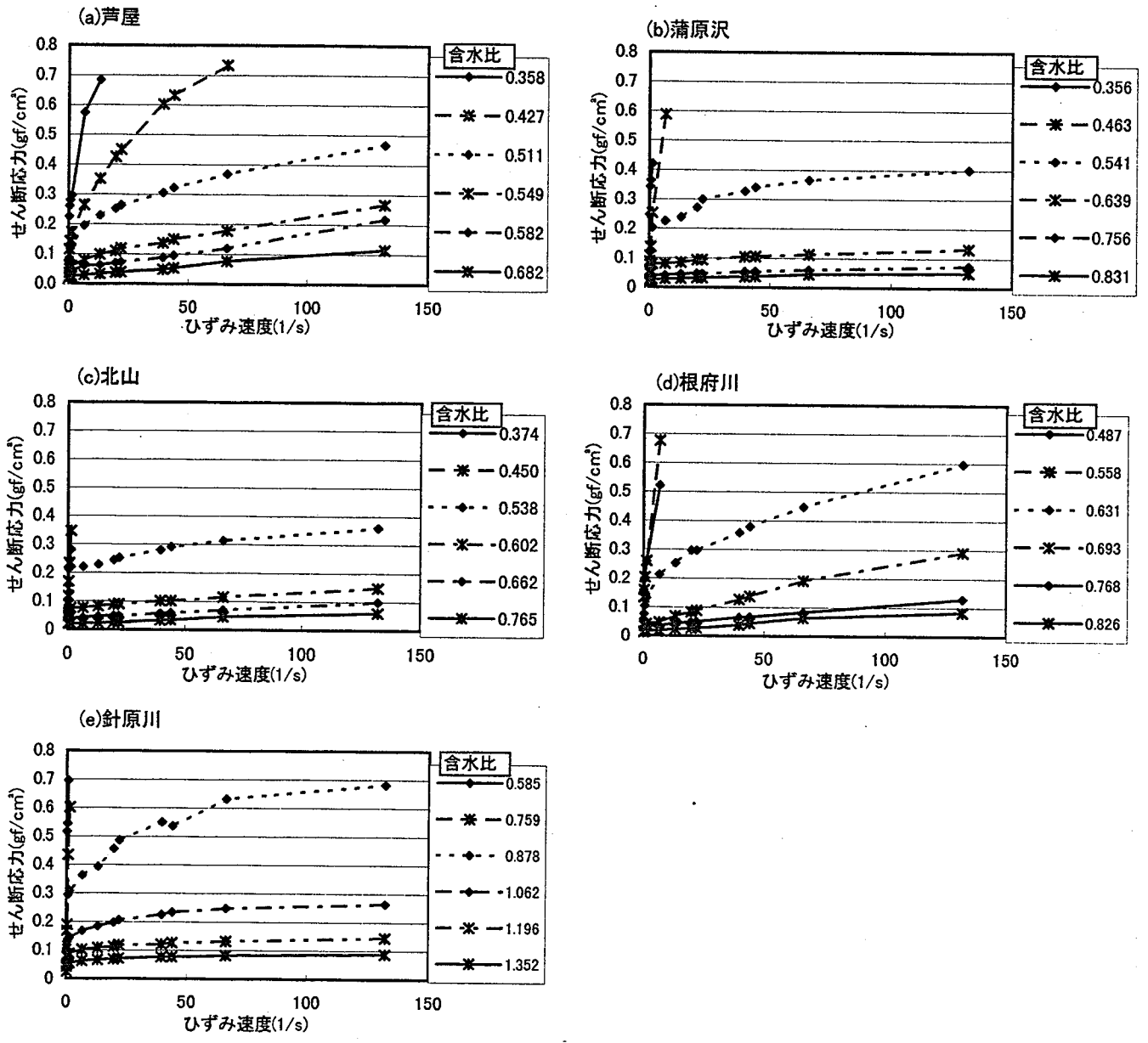


図-1 各土砂試料の含水比に応じたレオロジー特性の変化

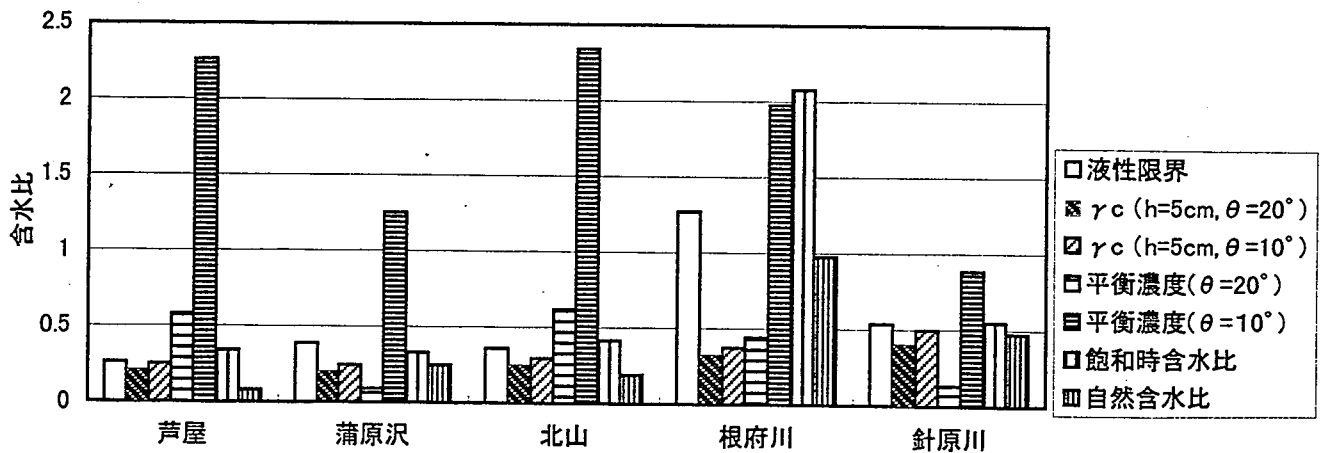


図-2 土砂試料別の各含水比指標の比較