

浦川流域で発生した土石流と堆積物の土質特性

新潟大学積雪地域災害研究センター

○丸井英明・青木滋・佐藤修

建設省松本砂防工事事務所

西本晴男

1. はじめに

土石流現象は様々な手法による研究成果の総合によって漸次解明されていくものと考えられる。ここ数十年に渡って現地観測、模型実験、理論解析などの手法により、土石流の研究には多大の進展が見られた。ところで、実際に溪流で発生する土石流の機構の解明のためには、土石流の構成材料の性質に関する知見が必要である。しかしながら、そのような実測データの集積は未だ極めて不十分な状態にある。本報告は浦川流域で土石流化した不安定溪床堆積物の土質特性を調べ、土石流の流動との関連を論じたものである。

2. 浦川の概要

浦川は長野県小谷村で姫川の中流部に合流する支川で、流域面積 22 km^2 、流路延長 12 km 、平均河床勾配 $1/10$ の急峻な荒廃河川である。源頭部では地すべり、斜面崩壊が絶えず進行し、そこから供給される不安定土砂により、土石流が多発する危険河川である。流域上流部は唐松沢と金山沢に分岐し、両溪流ともに源頭部での崩壊が著しい。金山沢右岸には稗田山の崩壊跡の絶壁が連なっている。現在は金山沢の方で土石流が多発している。浦川流域の基岩地質は、古生層、中生代ジュラ紀の来馬層と、それらに貫入する石英斑岩が分布し、それらの上に石坂流紋岩、さらに第四紀安山岩類が広く分布する構造となっている。さらに、上述の基岩類を覆って、マスマーブメントによる表層物質が広く分布している。

3. 1992年4月の土石流の概要

浦川支流の金山沢において、1992年4月に約10年振りに大規模な土石流が発生した。前回、1981年5月に大規模土石流が発生して以来、小規模なものは別として、土石流の活動はほぼ休止状態にあったが、今回の土石流発生後数回に渡って現地踏査を行った結果、土石流の活動が再び活発化する状況にあると判断された。今回の土石流の発生過程は、まず金山沢源頭部で約 200 万 m^3 の規模の地すべり性大崩壊が発生し、崩壊土砂の約半分が源頭部に堆積し、残りの約 100 万 m^3 が土石流化して流下したものであったと推定される。また、流域源頭部は多雪地域に位置し、崩壊並びに土石流の発生の誘因は融雪水の供給であったと判断される。金谷橋上流左岸側に途中堆積した土石流堆積物には多量の雪塊が含まれていた。従って今回発生した土石流は、梅雨明けや台風時に発生する土石流と異なり、いわゆる「雪泥流」型の土石流であったと判断される。

4. 崩壊堆積物と土石流堆積物

土石流発生域に堆積する不安定土塊並びに流下域の土砂を対象として、土石流の発生条件の検討、流動解析等を行うための基礎資料として、各種の土質試験（物理試験、リングせん断試験）を行った。土質試験用の試料の採取箇所は、図1に示す箇所である。Aは1993年に発生したと判断される小規模土石流の堆積物、Bは1992年4月に発生した大規模土石流の堆積物、Cは1992年4月に発生した源頭部崩壊の堆積物である。B点の堆積物はC点の堆積物が土石流として流下してきて途中堆積したものと判断される。上記A、B、Cの各点で現場密度を測定するとともに、それぞれの場所から採取した土試料について、種々の物理試験を行った。試験項目は、自然含水比、土粒子比重、粒度、液性・塑性限界試験である。試験結果を表1、表2に示す。崩壊堆積物の密度は土石流堆積物の密度に較べてかなり低い。

表1 物理試験結果

試料番号	A	B	C1	C2
自然含水比 $W\%$	21.28	25.01	28.03	32.32
比重 $\rho_s \text{ g/cm}^3$	2.75	2.76	2.57	2.59
均等係数 U_c	120	794	50	97.5
曲率係数 U_c'	9.6	3.1	0.98	1.87
液性限界 $W_L\%$	37.6	47.3	54.18	-
塑性限界 $W_p\%$	25.4	31.2	41.4	-
塑性指数 I_p	12.2	16.1	12.8	-
コンスタント I_c	1.34	1.38	2.04	-

A: 金谷橋付近の河床の堆積物 (新しい堆積物)
 B: 金谷橋付近の河岸の堆積物 (古い堆積物)
 C1, C2: 金山沢源頭部の堆積物

表2 現場密度試験結果

	A	B	C1	C2
湿潤密度 $P_t \text{ g/cm}^3$	1.73	1.77	1.53	1.35
乾燥密度 $P_d \text{ g/cm}^3$	1.43	1.42	1.19	1.02

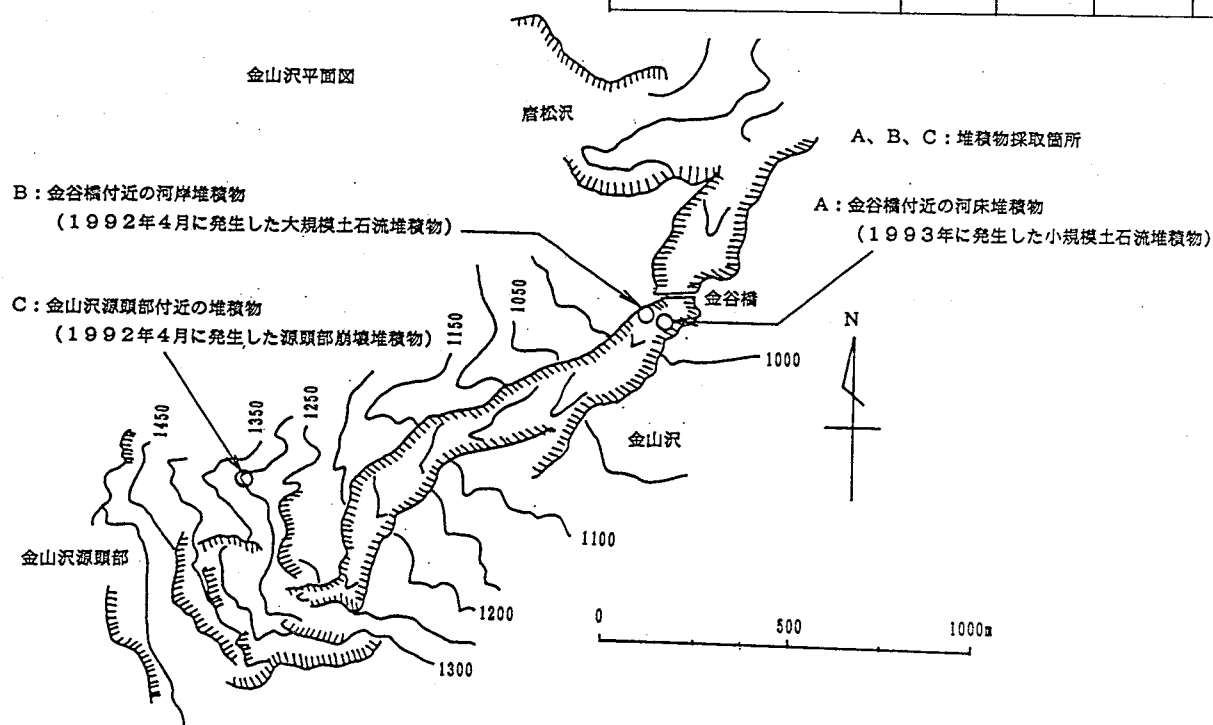


図1 土質試験用試料採取箇所

5. 土石流構成材料のせん断強度

土石流の発生条件は、土質工学的には急勾配の斜面あるいは溪床に堆積した不安定な土砂の安定性の問題と考えることができる。即ち、十分な水量が急斜面上に存在する不安定堆積物に供給された場合に、その堆積物のせん断抵抗力を、作用するせん断力が上回った場合に土石流が発生すると考えられる。従って、堆積土砂の静止状態でのせん断抵抗力の大きさが基本的な要因となる。一方、土石流の流動の条件は、移動を開始した堆積土砂の運動性の問題と考えられる。従って、堆積土砂の流動状態でのせん断抵抗力の大きさが基本的な要因となる。

土石流の発生条件並びに流動条件を土質工学的に明らかにするためには、それぞれ静的なせん断抵抗並びに動的なせん断抵抗を求める必要がある。そのための試験機としてはリングせん断試験機が適当である。本研究では、試料箱寸法が外径20cm、内径13cm、標準厚さ3.5cmのリングせん断試験機を用いた。土のせん断抵抗力は、その土の置かれた条件によって大きく変化するが、ここでは現地踏査の結果から推測された、土石流の発生並びに流動時の条件を想定して試験を行った。垂直応力は0.25~1.5kgf/cm²の範囲、圧密に関しては正規圧密と過圧密比4の過圧密状態、水分条件に関しては飽和状態とした。せん断速度に関しては、最初はできる限り遅い速度でせん断し、静止状態でのせん断抵抗力を求め、その後できる限り速い速度でせん断し、流動中のせん断抵抗力を求めた。試験機の制約からピーク強度に到達するまでは1mm/min、強度が一定状態に低減した後、10mm/min、その後強度が定常状態に到達した後100mm/minとした。

リングせん断試験の結果を図2の応力と変位の関係、並びに図3の垂直応力とせん断応力の関係で示す。内部摩擦角を比較すると、AとBの土石流堆積物間では余り差はないが、崩壊堆積物では異なっている。

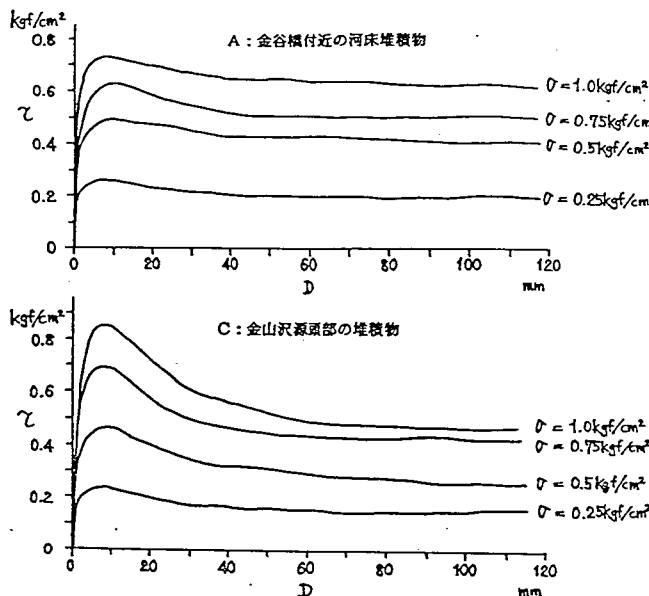


図2 応力-変位関係

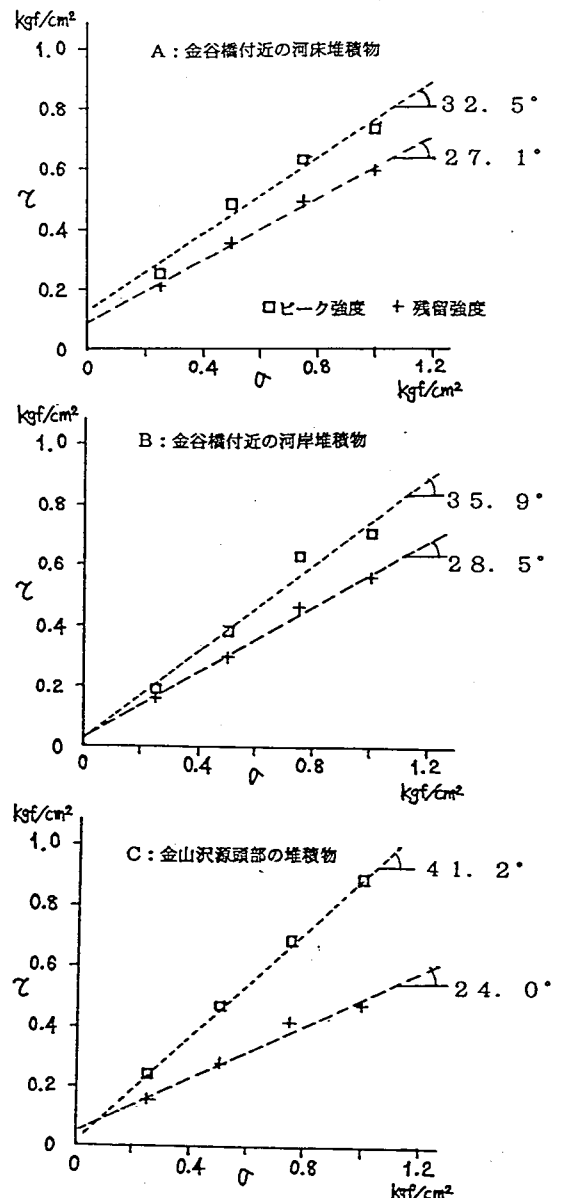


図3 垂直応力-せん断応力関係

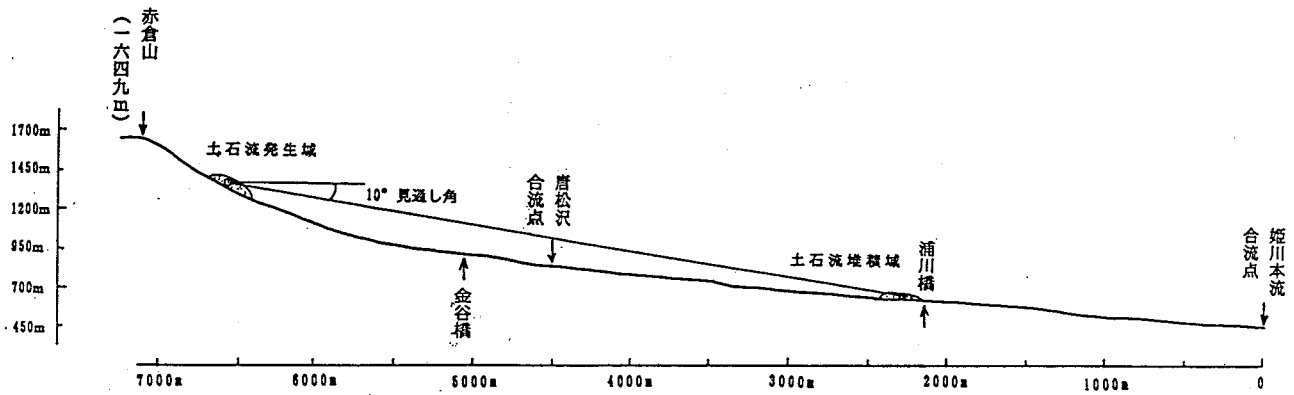


図4 浦川金山沢縦断面図

6. そりモデルによる流動の検討

土石流の流動を、摩擦抵抗を受けるすべり土塊の運動を表現するのに用いられる「そりモデル」の考え方を適用して検討する (Körner, 1980 ; Scheidegger, 1973)。運動時の摩擦角 ϕ_a は佐々 (1986) によれば、運動中の土砂の内部摩擦角 ϕ と間隙水圧係数 A_D 、 B_D によって実験的に決めることができ、次式の関係にある。

$$\tan \phi_a = \frac{(1-B_D) \cdot \tan \phi}{1+B_D \cdot A_D \cdot \tan \phi}$$

今回は溪床堆積物の間隙水圧係数 A_D 、 B_D の値の測定は行っていないが、佐々 (1987) による御岳の試料の測定例を参照して、 B_D は 0.6、 A_D は 0.2 とすると、見かけの摩擦角は約 9.6° となり、図4に示す、1992年4月に発生した土石流の堆積域から発生域を見通した角 (10°) と近い値となった。

7. おわりに

実際の土石流多発溪流において、土石流の構成材料の土質工学的性質を測定することは重要であるが、試料採取の難しさ等のために十分に調べられていない。今後そのようなデータの積み重ねが必要である。また、そりモデルの有効性並びに適用条件についても今後詳細な検討が必要であろう。

参考文献

- 1) 青木 滋他 (1982) : 姫川水系浦川流域における斜面崩壊と土石流について、一その1一、新潟大学災害研究センター年報、第4号、1-12.
- 2) Körner, H., (1980) : Modelle zur Berechnung der Bergsturz und Lawinenbewegung, Proc. International Symposium "INTERPRAEVENT 1980", Bad Ischl, 2, 15-55.
- 3) Scheidegger, A., (1973) : On the Prediction of the Reach and Velocity of Catastrophic Landslides, Rock Mechanics 5, 231-236.
- 4) 佐々恭二 (1986) : 御岳土石流など不飽和土石流の流動機構について、京都大学防災研究所年報、29 B-1, 315-329.
- 5) 佐々恭二 (1987) : 地すべり・斜面崩壊の運動予測、京都大学防災研究所年報、30B-1, 341-357.