

003 土砂移動に伴う堆積濃度変化と現位置での土石流堆積物の密度測定の課題

国土交通省中部地方整備局富士砂防工事事務所 花岡 正明 小泉 一郎 松本 章 水田 小百合
住鉱コンサルタント株式会社 山下 伸太郎 佐光 洋一 ○内柴 良和

1. はじめに

富士山大沢川で平成12年11月21日に発生した土石流の実態調査の一環として、大沢川源頭部から扇状地までの地形変動量が調査された。これによると、源頭部侵食量は発生前後の航空写真解析により26万m³¹⁾、中流部から扇状地頂部にかけては発生前後の測量および現地調査により16万m³で、この土石流による渓流の全侵食量は42万m³程度であると推定されている。一方、扇状地の堆積土砂量は測量調査により28万m³とされており、これらの地形変動量から、単純に土砂収支を求めるに、14万m³程度の土砂が扇状地から下流へ流出したことになる。しかし、発生後の現地状況から下流への流出量はそれほど多くないと推定され、単に堆積量から求めた土砂収支では説明ができない。

既往調査によると大沢川各区間の堆積土砂濃度は0.5～0.8で異なっており²⁾これをもとに、実容積換算で試算してみると概ね土砂収支が合理的に評価できることがわかった。つまり、大沢川の土石流流下実態を把握する上では、発生域から流下・堆積域各区間の堆積物の土砂濃度を把握することが重要であることが理解される。

そこで大沢川の土石流による堆積土砂濃度変化を把握するため、渓床堆積土砂の現場密度試験を実施するとともに、土石流堆積物に対する現場密度試験の手法とその課題について考察した。

2. 測定手法

一般に現場密度試験には表1の手法が利用されている。

大沢川の土石流堆積物はスコリア砂と溶岩角礫を主体としており、粒径が著しく不均質である。加えて、径30cm～数mの礫を多く含む。このような対象土質に対する現場密度試験は、表1から①堆積物の体積を水と置き換えて測定する「水置換法」と②放射性同位元素を利用して土の湿潤密度と含水量を測定する「RI法」が適していることが分かる。

このうち「水置換法」は多量の水を必要とするので測点が限定され、1測定にかかる時間も多大であるため、機動性・迅速性を求められる山間部での測定にはやや障害が多いと考えられる。

一方、「RI法」は盛土品質管理に多く用いられている試験法である。測定器がコンパクトで機動性に優れている事に加え、短時間での測定で結果が得られるため、山間部の密度測定に適していると考えられるが、大沢の堆積物のような不均質かつ巨礫を含む材料に対する適用例が少ない。そこで、今回は直接法である水置換法とRI法の両手法を実施し、大沢の土石流堆積物の密度測定に対する両手法の特性について検討した。

3. 測定箇所

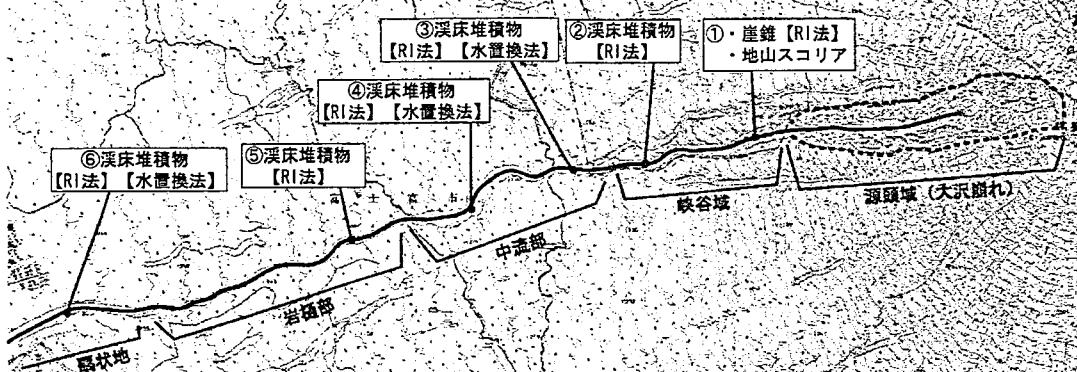
富士山大沢川は源頭部の大沢崩れから扇状地にかけて図2に示す区間区分がなされている。大沢川の渓床部には土石流によって段丘が形成されており、この段丘堆積物に対して密度試験を実施した。

測定箇所は図2に示す合計6測点である。

表1 現場密度試験方法

試験方法	適用範囲	備考	大沢堆積土砂への適用
砂置換法	最大粒径が53mm以下	標準的な手法	△
突き砂法	最大粒径が150mm以下	空隙の大きな土には不適	○
水置換法	砂置換が困難な土	岩石質材料を含む土に適	◎
コアカッター法	細粒土	コアカッターが貫入できる土	△
RI法	すべての土質材料	短時間に測定できる	◎

(地盤調査法³⁾基に作成)



〈参考文献〉

- 1)花岡正明他,平成12年11月21日富士山大沢土石流における生産源の量的質的变化,平成13年度砂防学会研究発表会概要集p84～85,2001
- 2)富士砂防工事事務所,昭和52年度生産土砂量解析調査業務報告書,1978
- 3)地盤工学会,地盤調査法,1995

3. 測定結果

3.1 各区間の堆積土砂密度

RI 法、水置換法両手法で測定した堆積土砂密度試験結果を表 2 に示す。ここで RI 法は 1 測点あたり 5 回以上の繰り返し測定の平均値、水置換法は 2 回の繰り返し測定の平均値である。RI 法による測定結果、峡谷域の崖錐密度が 0.59 g/cm^3 とやや小さく、渓床堆積物は $0.65 \sim 0.70 \text{ g/cm}^3$ 程度であった。水置換法は同地点の RI 法測定値より 5 ~ 15% 程小さく測定されているが、やはり測点④は他測点より小さい値を示している。

3.2 流下に伴う堆積土砂濃度変化

密度測定結果により、堆積土砂濃度 C^* を次式により算出した。

$$C^* = \rho_d / \rho_s$$

ここに ρ_d は乾燥密度 (g/cm^3)、 ρ_s は土粒子密度 (g/cm^3) であり、 ρ_s は測点③で採取した土砂の測定値、 2.926 g/cm^3 を用いた。

計算結果を表 2 に、全測点で実施した RI 法による測定値から求めた大沢川の源頭部崖錐から扇状地までの堆積土砂濃度変化図を図 3 に示す。この結果、源頭部崖錐に対して下流の渓床堆積土砂は土砂濃度が明らかに大きいことがわかる。

4. 現場密度測定の課題

図 4 に示すように、水置換法の測定値は同測点の RI 法の測定値よりも小さく測定された。以下にこの理由について考察する。

大沢の堆積物は径 30 cm 以上の溶岩礫が多く含まれている。このような大礫が含まれている箇所に対し、手掘りによる水置換法を実施すると、図 5 のように礫の少ない箇所を選択的に掘削せざるを得ない。そのため、水置換法による測定では、堆積物の平均的な密度よりも小さい測定値なっているものと思われる。一方 RI 法では放射線の影響範囲に礫が存在した場合は礫の密度も含めた測定結果が得られるため、これら礫の影響で大きくなったり測定値を含めて、平均化してやれば堆積物全体の平均的な密度に近い値が得られると考えられる。

以上から巨礫を含むような堆積物の密度試験において、手掘りによる水置換法には限界があり、RI 法が有効に活用できる可能性が示唆される。しかし、現在の RI 法の放射線源棒の長さは 20 cm 程度であり、表面部分の材料構成しか反映されないため、礫が深い所で層構造をなすような場合、RI 法で測定される密度は過小になってしまうと思われる。

両手法の課題点を受け、より正確に堆積物の密度を測定するためには、①大規模な掘削による水置換法や② RI 法を深度方向に拡張するようなことを検討するべきであると考える。

5. まとめ

大沢川の例で明らかなように、渓流の堆積土砂濃度はその流域特性により、さらに同一渓流であっても区間毎にかなり変化がある。土石流対策計画における計画土石流ピーク流量の算出や数値シミュレーションに用いられる堆積土砂濃度 C^* は一般値として $C^*=0.6$ 程度が使われがちだが、より精度の高い解析のためには、できる限り現場の実測データを用いる事が望まれ、そのためには不均質な材料にも適用が可能で、簡便かつ正確な密度試験手法を確立する必要がある。

今回、不均質で巨礫を含む堆積物の密度試験に RI 法が有効に活用できる可能性が示された。冒頭でも述べたように RI 法は山間部での測定に不可欠な機動性・迅速性に優れているため、今後詳細に RI 法の不均質材料に対する適用性を検証して、密度試験手法として確立していきたい。

表 2 現場密度試験結果

測点	RI 法		水置換法	
	乾燥密度 g/cm^3	土砂濃度	乾燥密度 g/cm^3	土砂濃度
峡谷域 中流部 岩棲部 扇状地	① 崖錐	1.735	0.59	—
	② 渓床	1.925	0.66	—
	③ 渓床	1.994	0.68	1.893
	④ 渓床	1.897	0.65	1.598
	⑤ 渓床	2.021	0.69	—
	⑥ 渓床	2.046	0.70	1.843

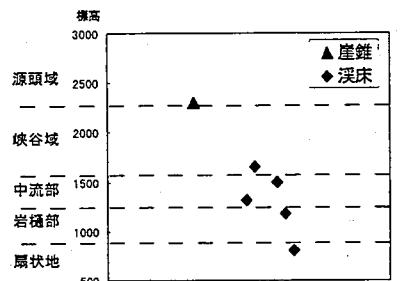


図 3 土砂濃度変化図

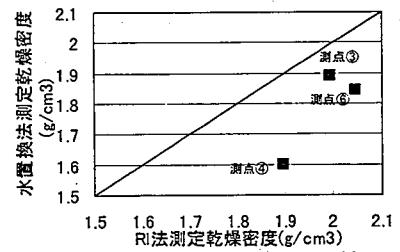


図 4 両手法測定値の差

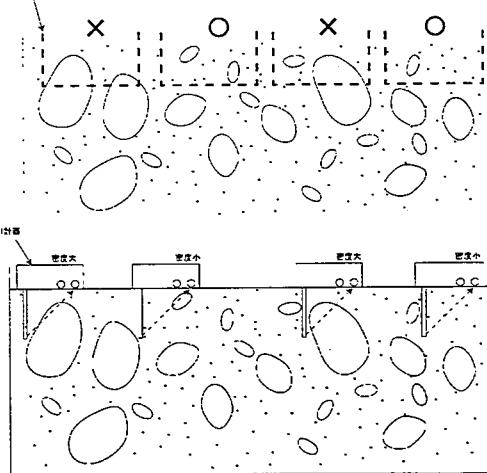


図 5 密度試験手法の比較