

1. はじめに

桜島や雲仙・普賢岳などの活火山地域の山腹斜面は、火山活動にともなう火山灰に覆われている。火山灰は、地表面を覆うことで土壌浸透能を極端に低下させ、表面流の増大を招くことにより、小さな降雨でも土石流が発生すると考えられている。本研究では、活火山地域での小降雨でも発生する活火山地域での土石流発生機構を解明する手がかりを得るために、桜島と雲仙・普賢岳の火山灰を例に取り、新規火山灰と、水に触れた後に乾燥した乾燥火山灰のそれぞれの水理・力学特性について調べた。

2. 透水試験

桜島の火山灰については定水位法、雲仙の火山灰については変水位法で、飽和透水試験をおこなった。使用した試料は、新規火山灰を30cmの高さから1.00mmフルイを通して容器に詰めたものを使い、試験後そのまま炉乾燥したものを乾燥火山灰として試験をおこなった。試験に用いた火山灰の単位堆積重量、間隙率、含水比、粘着力、内部摩擦角を表-1に示す。また透水試験では、現地で採取した不攪乱の乾燥火山灰についても試験をおこなった。桜島の火山灰はすべての試料で、新規火山灰では 10^{-3} cm/secオーダーであった飽和透水係数が、乾燥火山灰になると 10^{-4} cm/secオーダーに低下し、透水性が低下した。また雲仙の火山灰は、新規火山灰、乾燥火山灰ともに 10^{-4} cm/secオーダーであったが、すべての試料で乾燥火山灰になると透水係数が低下しており、この新規火山灰と乾燥火山灰の差は有意であると考えられる(図-1, 2、表-2)。

また不攪乱乾燥火山灰の飽和透水係数は、攪乱試料の乾燥火山灰の飽和透水係数と非常に近い値を示し、現地で採取した火山灰を攪乱した後でも、現地の堆積状態が再現できると考えられる。

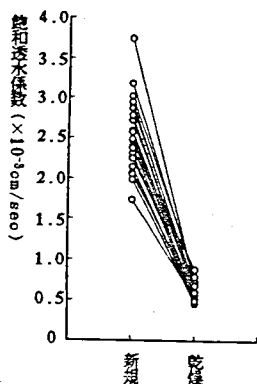


図-1 桜島火山灰 透水係数の変化

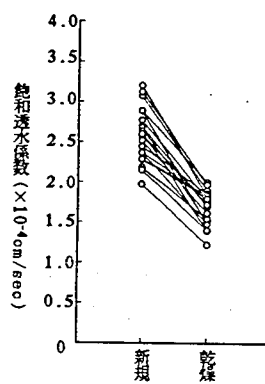


図-2 雲仙火山灰 透水係数の変化

表-1 試験に用いた火山灰

		単位堆積重量 (g/cm ³)		間隙率 (%)	含水比 (%)	粘着力 (gf/cm ²)	内部摩擦角 (°)
		乾燥	飽和				
桜島	新規火山灰	1.68	1.85	44.4	0.10	5.20	28.3
	乾燥火山灰	----	----	31.5	-----	-----	-----
雲仙	新規火山灰	1.24	1.86	51.0	0.02	1.42	29.3
	乾燥火山灰	----	----	25.9	-----	-----	-----

表-2 透水試験結果

		試料数	飽和透水係数	標準偏差	不攪乱試料
			平均値 (cm/sec)		飽和透水係数 (cm/sec)
桜島	新規火山灰	25	2.67×10^{-3}	0.70	-----
	乾燥火山灰		6.16×10^{-4}		0.14
雲仙	新規火山灰	24	2.72×10^{-4}	0.45	-----
	乾燥火山灰		1.72×10^{-4}		0.21

3. 浸透試験

雨水の火山灰への浸透を知るために、浸透試験をおこなった。試験は変水位透水試験法にしたがっておこない、試料は乾燥状態のまま使用した。雨水の浸透を知るための指標の一つとして浸透強度を考える。浸透強度は火山灰の表層の単位面積を単位時間に通過する量とし、その単位はcm/hrである。

桜島、雲仙ともに1回目の試験は高い浸透強度を示すが、その後浸透強度は急激に低下し、最終的には低下しなくなる。(図-3, 4)。また、乾燥火山灰の浸透強度は新規火山灰の1/2~1/3程度しかない。すなわち乾燥火山灰には、新規火山灰に浸透する水の量の、1/2~1/3の量しか浸透しないと考えられる。

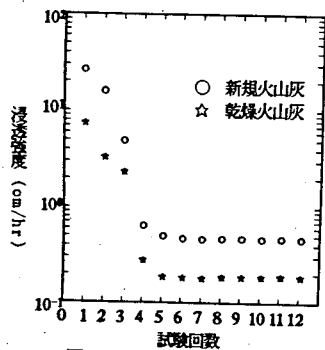


図-4 浸透強度の変化 桜島火山灰

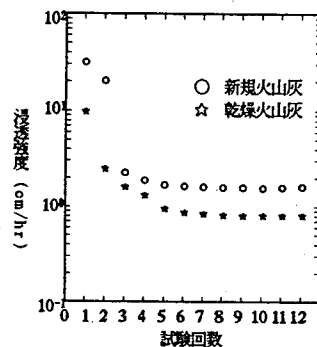


図-5 浸透強度の変化 雲仙火山灰

4. 考察

透水試験、浸透試験の結果から、降灰直後の新規火山灰と、乾燥火山灰の間には透水性や浸透強度には差があることが分かり、新規火山灰の方が水を通しやすい。これは新規火山灰は乾燥火山灰に変化すると、目詰まりや体積の収縮などによって表面がモルタル状の皮膜で覆われるためであると考えられる。したがって、表層が新規火山灰である場合と乾燥火山灰である場合とを比較すると、乾燥火山灰の場合の方が雨水は浸透せずに表面流を発生しやすいと言える。また、乾燥火山灰の上に新規火山灰が堆積している状態を考えた場合、新規火山灰に浸透した雨水は、新規火山灰と乾燥火山灰との境界に達すると、下層の乾燥火山灰には浸透しきれない雨水が帯水層を形成すると考えられる。今回の浸透試験の結果から考えると、新規火山灰層の中を浸透してきた水量の1/2~2/3の量の水が乾燥火山灰には浸透できず帯水層を形成することになる。

そこで、表-1の値を用いて、30°の斜面で乾燥火山灰の上に新規火山灰が20cm堆積した場合の安定解析をおこなうと、帯水層の厚さが桜島の場合は3.32cm、雲仙の場合は2.28cmを超えると新規火山灰は不安定になり、すべりが発生する結果となった。雨水の浸透が鉛直浸透のみであると仮定すると10mm/hr程度の雨が約2時間継続すると、帯水層が形成されすべりが発生することになる。

5. まとめ

以上の研究より、新規火山灰と乾燥火山灰の間には水の浸透や、透水性に違いがあることが明らかにできた。また、この2層間の帯水層の形成によるすべり発生モデルはいまだ試案段階であり、より厳密な調査・試験が必要であるが、今後活火山地域での土砂移動を考える上で、重要な課題であると考えられる。