

## 平成 25 年度伊豆大島における表層崩壊箇所の土質特性

独立行政法人土木研究所 土砂管理研究グループ 火山・土石流チーム  
 高原晃宙・清水武志・磯貝尚弘・一色弘充・木下篤彦・石塚忠範  
 国土防災技術株式会社  
 ○長谷川陽一・柴崎達也

## 1. はじめに

平成 25 年の台風 26 号によって、伊豆大島では時間雨量 100mm 以上、連続雨量約 800mm の豪雨に見舞われ、多数の表層崩壊が発生した。中でも大金沢の源頭部で発生した崩壊群は、土石流化して斜面を流下し、大島町神達地区に大きな被害をもたらした。本稿では大金沢源頭部の崩壊箇所から採取した土砂試料について、各種土質試験を実施した結果について報告する。

## 2. 採取試料と試験種

大金沢源頭部の崩壊箇所では火山灰(砂)層とレス(シルト質砂)層が互層を成している様子が確認されている。筆者らは大金沢源頭部の 3 地点の崩壊箇所から火山灰とレス試料を採取した。採取試料の諸元を表 1 に示す。

表 1 採取試料の諸元

名称	崩壊地諸元			土砂採取地点					採取土砂
	幅(m)	長さ(m)	勾配(°)	緯度	経度	緯度(度分秒)	経度(度分秒)	標高(m)	
ST-1	10	59.5	39.6	34.74	139.38	34° 44' 31"	139° 22' 46"	405.33	レスの攪乱試料、火山灰の攪乱試料
ST-2	37	54.5	27.5	34.75	139.38	34° 44' 43"	139° 22' 46"	467.81	レスの攪乱試料、火山灰の攪乱試料
ST-3	30	31	30.4	34.75	139.38	34° 44' 54"	139° 22' 38"	382.25	レスの攪乱および不攪乱試料 火山灰の攪乱および不攪乱試料 レスと火山灰の境界面を含んだ不攪乱試料

実施した土質試験は表 2 に示す物理試験 5 種および力学試験 3 種である。

表 2 実施試験種

試験種	物理試験					力学試験		
	粒度試験	土粒子の密度試験	含水比試験	液性塑性限界試験	透水試験	圧密定圧一面せん断試験	圧密非排水三軸圧縮試験(間隙水圧測定)	リングせん断試験(間隙水圧測定)
得られる物性値等	粒度分布	土粒子密度	自然含水比	コンシステンシー特性	透水係数	有効応力のピーク強度	全応力、有効応力のピーク強度	全応力、有効応力の残留強度
実施試料	ST-1レス					ST-1レス	ST-1レス	ST-3火山灰
	ST-1火山灰					ST-1火山灰	ST-1火山灰	
	ST-2レス					ST-1レスと火山灰の境界	ST-2レス	
	ST-2火山灰					ST-3レス	ST-2火山灰	
	ST-3レス					ST-3火山灰	ST-3レス	
	ST-3火山灰					ST-3レスと火山灰の境界	ST-3火山灰	

なお、透水試験、一面せん断試験、三軸圧縮試験に用いた供試体には、ST-3 試料については採取した不攪乱試料を成形して使用した。ST-1 および ST-2 試料については攪乱試料を用いて、透水試験および三軸圧縮試験の供試体は試料を水中で落下させて作製し、一面せん断試験の供試体は円板による締固め法により作製した。これらの攪乱試料を用いた供試体はなるべく緩い密度で作製するように心がけた。上記 3 試験に用いた供試体の乾燥密度を表 3 に示す。不攪乱試料の ST-3 試料と、攪乱試料の ST-1 および ST-2 試料の乾燥密度に大きな差はなく、供試体作製方法の違いによる強度への影響は小さいと判断した。

## 3. 試験結果

各種物理試験の試験結果を表 4 に示す。各採取場所でのレスと火山灰の粒度分布を比較すると、火山灰の砂分含有率はレスの砂分含有率よりも 10%ほど高く、レスの細粒分含有率は火山灰の細粒分含有率よりも 10%ほど高くなっている。しかし、レスと火山灰で粒度分布の傾向に大きな差はなく、地盤材料の分類名は全ての試料でシルト質砂となった。レスは液性限界  $W_L=55.8\sim 61.6\%$ 、塑性指数  $I_P=23.4\sim 25.4$  となり、塑性図上では MH:シルト(高液性限界)に分類される。火山灰は NP(非塑性)となり、塑性を示さなかった。透水係数については、細粒分含有率の高いレスの透水性が火山灰の透水性より低くなることが予想されたが、ST-3 試料では同程度に、ST-1 試料で

表 3 供試体の乾燥密度

試料名		透水試験 乾燥密度 (試験後) g/cm <sup>3</sup>	一面せん断試験 平均乾燥密度 (圧密後) g/cm <sup>3</sup>	三軸圧縮試験 平均乾燥密度 (圧密後) g/cm <sup>3</sup>
ST-1	レス	0.90	0.91	0.89
	火山灰	1.30	1.28	1.33
ST-2	レス	0.96	-	0.91
	火山灰	1.46	-	1.34
ST-3	レス	0.85	0.95	1.01
	火山灰	1.38	1.39	1.38

はレスの透水係数のほうが大きくなるなど、予想外の結果となった。これは火山灰の供試体の間隙比が0.94~1.19であるのに対し、レスの供試体の間隙比が1.95~2.30と大きくなっているため、レスの透水係数が思ったよりも小さくならなかったと判断される。

表 4 各種物理試験結果

採取場所	採取土砂	地盤材料の分類名	土粒子の密度 $\rho_s$ g/cm <sup>3</sup>	自然含水比 Wn %	粒度分布(%)				コンシステンシー				透水係数 $k_T$ m/s
					礫分 2-75 mm	砂分 0.075-2 mm	シルト分 0.005-0.075 mm	粘土分 0.005 mm未満	液性限界 WL(%)	塑性限界 WP(%)	塑性指数 IP	液性指数 IL	
ST-1	レス	シルト質砂	2.81	46.3	2	56	35	7	61.6	38.2	23.4	0.35	3.6E-04
	火山灰	シルト質砂	2.84	22.0	2	69	24	5		NP			3.0E-05
ST-2	レス	シルト質砂	2.81	39.0	2	64	25	9	55.8	30.4	25.4	0.34	2.3E-06
	火山灰	シルト質砂	2.83	16.7	3	73	18	6		NP			1.1E-05
ST-3	レス	シルト質砂	2.79	46.5	2	53	29	16	58.6	35.1	23.5	0.49	1.9E-05
	火山灰	シルト質砂	2.85	18.1	0	66	24	10		NP			2.1E-05

各種力学試験の結果を表 5 に示す。有効応力のピーク強度は粘着力  $c'$  が 0.5~10.1kPa, せん断抵抗角  $\phi'$  が 28.8~35.6° となった。レスと火山灰, および一面せん断試験と三軸圧縮試験による強度定数の差はあまり大きくない。三軸圧縮試験による全応力ピーク強度の ST-1 火山灰試料は他と比較して大きな数値となっているが, 試験に用いた 3 供試体の応力経路等に異常は認められなかった。一方, ST-3 レス試料は 3 供試体中 1 供試体の応力経路が他の 2 供試体の応力経路と異なった線形をしており, 得られた全応力ピーク強度は  $c$  が大きく,  $\phi$  が小さくなっている。

表 5 各種力学試験結果

採取場所	試料名	一面せん断試験		三軸圧縮試験				リングせん断試験			
		有効応力ピーク強度		全応力ピーク強度		有効応力ピーク強度		全応力残留強度		有効応力残留強度	
		粘着力 $c'$ (kPa)	せん断抵抗角 $\phi'$ (°)	粘着力 $c$ (kPa)	せん断抵抗角 $\phi$ (°)	粘着力 $c'$ (kPa)	せん断抵抗角 $\phi'$ (°)	粘着力 $c$ (kPa)	せん断抵抗角 $\phi$ (°)	粘着力 $c'$ (kPa)	せん断抵抗角 $\phi'$ (°)
ST-1	レス	1.4	34.5	6.5	17.2	0.8	33.1	-	-	-	-
	火山灰	2.1	32.3	8.7	29.1	2.0	35.5	-	-	-	-
	火山灰とレスの境界	0.9	34.2	-	-	-	-	-	-	-	-
ST-2	レス	-	-	2.6	16.1	1.1	28.8	-	-	-	-
	火山灰	-	-	2.1	16.8	2.7	29.7	-	-	-	-
ST-3	レス	6.0	35.6	28.7	10.0	3.2	33.3	-	-	-	-
	火山灰	10.1	33.8	3.6	19.3	0.5	31.7	6.1	11.7	8.4	46.1
	火山灰とレスの境界	1.5	34.3	-	-	-	-	-	-	-	-

リングせん断試験を実施した ST-3 火山灰試料の 3 供試体のうち, 1 供試体のせん断過程におけるせん断応力, 間隙水圧挙動を図 1 に示す。リングせん断試験はせん断速度 500mm/min での非排水せん断を実施し, 供試体上面および供試体中央のせん断面付近の間隙水圧を測定している。せん断初期に高い過剰間隙水圧が計測され, それに伴いせん断応力は大幅に低下している。その後は過剰間隙水圧一定でせん断応力のみが上昇し, のちに定常状態となっている。これらの挙動は他の 2 供試体でも同様となっている。

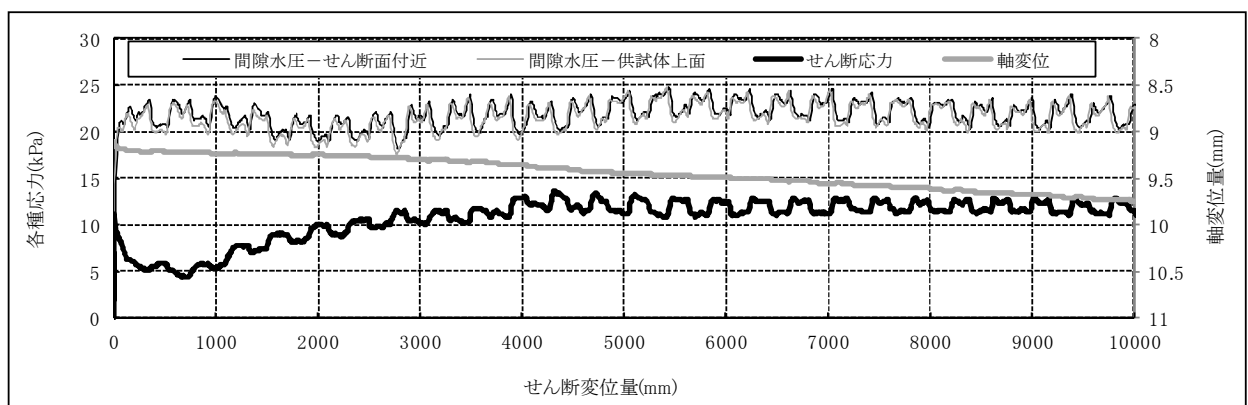


図 1 リングせん断試験結果 (ST-3 火山灰試料: 垂直応力 25kPa)

【参考文献】 1) 福岡浩 (2013): 平成 25 年 10 月 16 日伊豆大島土砂災害現地踏査速報, 京都大学防災研究所ホームページ 2) 伊豆大島豪雨災害緊急調査団 (2014): 土木学会・地盤工学会・日本応用地質学会・日本地すべり学会平成 25 年 10 月台風 26 号による伊豆大島豪雨災害緊急調査団報告会資料 3) 砂防学会 (2014): 伊豆大島土砂災害緊急調査報告会講演概要集