

フィリピンレイテ島ギンサオゴン地すべり崩壊土の物理力学特性

中央大学 学生会員 星 千恵
 中央大学 正会員 原 忠 國生 剛治
 中央大学 学生会員 古地 祐規

1. はじめに

2006年2月17日フィリピン中部レイテ島のギンサオゴン村(図-1)で、犠牲者約1000人に及ぶ大規模な地すべりが発生した。発生現場は活断層であるフィリピン断層が形成したカンアバグ山の東向きの急斜面であり、地層は第三紀～第四紀の堆積岩である。崩壊地では、数日前に平年の観測雨量を大きく上回る600mm程度の降雨が記録されており、地すべり直前にはマグニチュード2.6の地震が発生した。崩壊土砂は標高約800メートルの尾根付近を頂部として発生し、崩壊土砂は標高約20メートルまで約3.5キロの距離を流れ落ちた²⁾。発生源領域は約0.8km²、崩壊幅は300～500m程度、尾根付近の崩壊深さは100～200m程度、堆積した土砂は10～15×10⁶m³程度と推定される¹⁾。本報では崩壊土の物性値や地すべり発生メカニズムを検討するため、現地の崩壊土より採取した典型的な岩石試料を用いて物理試験および室内試験を行い、得られた結果を考察する。

2. 試験試料

図-2は現地踏査時(2006年6月24,25日)に共著者が測定したGPS記録をもとにカンアバグ山のふもとにある軍キャンプ地を基準とした水平距離と標高の関係を示したグラフである。図中の試料採取地点はカンアバグ山中腹、標高約310mにある滑落崖正面の崩壊土の堆積した丘の頂部であり、ここから非常に破砕性の大きい風化軽石流凝灰岩の岩石試料を採取した。

カンアバグ山頂部で崩壊が発生し、崩壊土砂はかなりの距離を流れ落ちたことから、地すべり時に土砂は激しく破砕されていったと推測した。本報ではカンアバグ山中腹で採取した岩石試料が地すべり時に破砕されていったものと考え、一軸圧縮試験の供試体成形の際に出た大量の削り屑の砂礫(以下で攪乱試料と呼ぶ。)を三軸試験などの試料として使用した。

図-3に攪乱試料の粒度分布、表-1に試料の物理特性を示す。比較のため、国内での大規模な土砂流動を起こした地すべり被災地である宮城県築館町・河南町⁴⁾、新潟県長岡市旧山古志村東竹沢地区で採取した流動砂の粒度分布・物理特性もあわせて載せた。図-2,表-1から岩石試料は含水比・間隙比が高く、他の流動砂よりも礫分含有率が高く、細粒分含有率は低い値を示している。

3. 試験方法

一軸圧縮試験のために、採取した岩石試料を直径約5cm、高さ約10cmの円柱供試体に成形しJIS A 1216の基準にしたがい試験した。スレーキング試験は、一軸圧縮試験後の供試体を十分に乾燥させたものを用い、JGS 2124-2006に準拠し試験した。

キーワード 地すべり, 軟岩, 三軸試験, 非排水せん断性

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部土木工学科 TEL: 03-3817-1799 FAX: 03-3817-1803

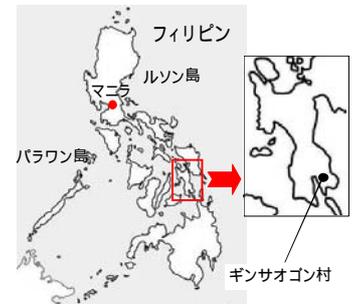


図-1 地すべり発生地¹⁾

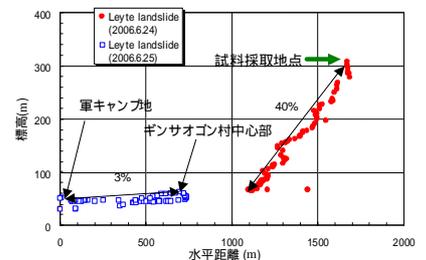


図-2 試料採取地点

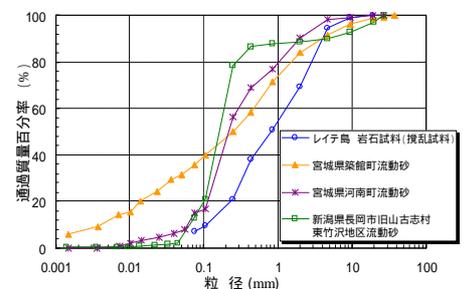


図-3 採取試料の粒度分布

表-1 試料の物理特性

	レイテ島 岩石試料 (不攪乱)	レイテ島 岩石試料 (攪乱)	宮城県築館町 流動砂	宮城県河南町 流動砂	新潟県長岡市 流動砂
自然含水比 w_n (%)	65.0	-	-	-	41.5
土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.79	2.46	2.74	2.71	-
間隙比 e	2.72	-	-	-	-
湿潤密度 ρ_w (g/cm ³)	1.24	-	-	-	-
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	0.749	-	-	-	-
均等係数 U_z	13.0	112	4.67	2.92	-
曲率係数 U_c	0.59	1.00	1.17	1.17	-
礫分含有率 G_c (%)	30.3	16.1	9.50	11.2	-
細粒分含有率 F_c (%)	7.43	35.8	15.0	35.4	-
塑性指数 I_p	NP	NP	NP	NP	-

一方、攪乱試料を使用し、圧密非排水 (\overline{CU}) 三軸圧縮試験、繰返し非排水三軸試験、繰返し非排水せん断後の非排水単調載荷 (\overline{CU}) 試験を行った。各試験とも供試体作成方法としてドライタッピング法を用い、密度は一軸圧縮試験の不攪乱供試体の密度 ($\rho_s=0.749\text{g/cm}^3$ と非常に低い) に等しくなるよう作成した。いずれの試験も原則として JGS 基準の方法に準拠して行ったが、圧密非排水 (\overline{CU}) 三軸圧縮試験と繰返し非排水単調載荷試験は有効拘束圧 $\sigma'_c=49\text{kPa}$ に設定した。



図 4 一軸圧縮試験不攪乱供試体

4. 試験結果

まず、不攪乱の岩石試料を用いた実験について述べる。図 4 は一軸圧縮試験の供試体の写真である。図 5 に応力-ひずみ関係を示した。同図中に既往の大規模地すべり被災地である、新潟県寺野地区で採取した川口層砂岩の不攪乱試料の一軸圧縮試験結果⁵⁾も載せた。一軸圧縮強さ q_u はレイテ島試料が 0.485MPa 、寺野地区の試料は $0.120 \sim 0.160\text{MPa}$ である。よってレイテ島試料は既往文献⁶⁾との比較によれば軽石流凝灰岩としては非常に低い値を示したものの、寺野の砂岩試料よりも強度が高いことが分かった。スレーキング試験結果については水浸直後、試料の周辺が少し崩れたが、その後は変化せずスレーキング指数は 1 であった。これよりレイテ島岩石試料は乾燥・水浸による影響をほとんど受けないと考えられる。

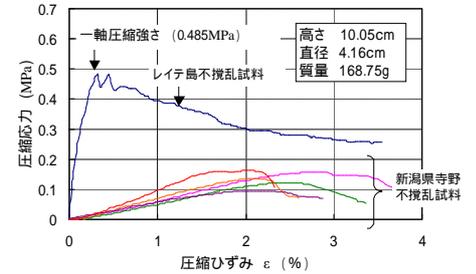


図 5 一軸圧縮試験結果

次に、攪乱試料を用いた実験について述べる。図 6 に \overline{CU} 試験の結果を示した。最大偏差応力は 0.056MPa 、 $p'-q$ 平面上での破壊包絡線の傾きより算出される内部摩擦角は $\phi = 42^\circ$ である。よって、今回の密度の下では、せん断に対する強度が高いと言える。図 7 に繰返し非排水三軸試験結果を、両振幅軸ひずみ DA が 5% に達した時の繰返し応力比・繰返し載荷回数の関係で示す。繰返し応力比は繰返し載荷回数に対し全体的に 0.3 以上となり、同図中の築館試料よりも液状化に対する抵抗が強い。図 8 に繰返し非排水せん断後の非排水単調載荷試験結果を示すが、築館の試料よりも偏差応力が高い値を示していることがわかる。また、軸ひずみに対して偏差応力が早い段階で上昇していることから、液状化後の流動化に対する抵抗力が強いと言える。

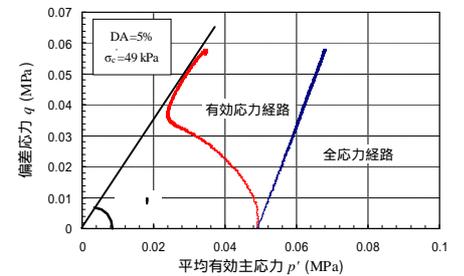


図 6 偏差応力と平均主応力の関係

5. まとめ

- ・ 地すべり崩壊土中から採取した岩石試料は、非常に含水比・間隙比の高い風化軽石流凝灰岩であり、既往の新潟県寺野の砂岩試料よりも高い一軸圧縮強さの値を示した。また、スレーキングはほとんど生じず、乾燥・水浸による影響をほとんど受けないことが分かった。
- ・ 岩石の削り屑で不攪乱試料と同じ密度になるように調整した攪乱試料については、既往の流動性地すべりの材料に比べ高い繰返し応力比を示したため、繰返し非排水せん断に対する抵抗力が強いと考えられる。また、繰返し非排水せん断後の残留強度は比較的大きいため、流動性はそれほど大きくないと推測される。

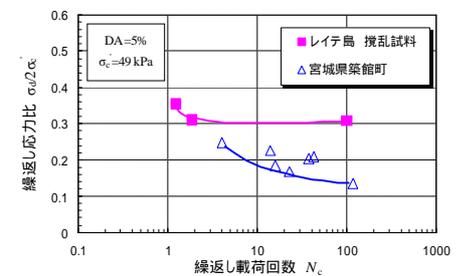


図 7 液状化強度曲線

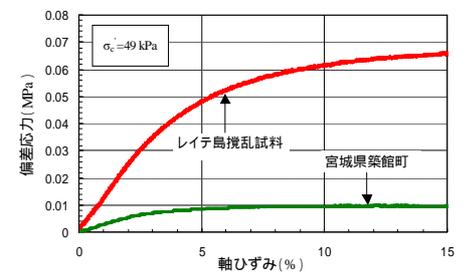


図 8 液状化後単調載荷試験結果

参考文献

1)世界地図: http://www.sekaichizu.jp/atlas/eastern_asia/country/philippines.html 2)国土地理院: レイテ島南部地すべりの地形に関するレポート, <http://cais.gsi.go.jp/Research/geoinfo/Leytelandslide.pdf>, 2006. 3)オレンセ・ロランド: 2006年2月17日に発生したフィリピンレイテ島の大規模地すべり, 山口大学大学院理工学研究科 講演資料 4)國生剛治, 原忠, 堤千花, 星野研一郎: 宮城県築館町・河南町で斜面崩壊を生じた土の地震時力学特性, 第39回地盤工学研究発表会論文集, N1044, pp.2085-2086, 2004. 5)文部科学省科学技術振興調査: 活褶曲地帯における地震被害データアーカイブの構築と社会基盤施設の防災対策の活用法の提案 平成17年度研究成果報告書, 2006 6)楠見晴重, 松下千加生, 峰之久, 西田一彦: 一定せん断応力状態にある軟岩の強度定数に及ぼす乾湿繰返しの影響, 第32回地盤工学研究発表会, pp.1243-1244, 1997.