

盛土および基盤泥岩のせん断強度特性

— 沖縄、西原の泥岩すべり —

Shear Strength Characteristics of Banking and Ground Materials, Mudstone Landslide, Nishihara, Okinawa

○比嘉優*, 宜保清一**, 中村真也**, 吉沢光三****

Yu HIGA, Seiichi GIBO, Shinya NAKAMURA and Mitsuzo YOSHIZAWA

1. はじめに

傾斜地盤に盛土した造成地が十数年を経て豪雨により地すべりを起こすことがある。この種の地すべりは、特に泥岩土の場合、強度低下と間隙水圧上昇が原因で発生した盛土層の崩壊と見なされがちである。盛土は施工後時間を経て排水強度を発揮するようになるので、地すべり発生においては盛土強度が主導的な役割を果たすとは考え難く、むしろ、下層の基盤泥岩の強度の関与が重要となる。

沖縄、西原町の西原運動公園地すべり¹⁾は、島尻層群泥岩の傾斜地盤に他所からの泥岩土（塊）を転圧盛土した造成斜面において発生したもので、すべり面の大部分は基盤強風化泥岩と盛土泥岩層の境界面に位置する。本地すべりの発生メカニズムを考えるにあたっては、すべり形態、すべり面状況を十分に把握し、基盤風化泥岩および盛土泥岩のせん断強度特性を明らかにすることが重要となる。ここでは、弱風化泥岩試料、強風化泥岩試料および盛土泥岩試料の三軸圧縮試験およびリングせん断試験を行い、得られた結果について考察した。

2. 西原運動公園地すべりの概況

本地すべりは、長雨後の集中豪雨（時間雨量 58.5mm）が引き金となって発生した。地すべりが発生した箇所は、18 年前に傾斜角 15°～20°の元地盤上に約 10m 盛土造成した斜面で、境界面付近の元地盤泥岩は強風化状態にある。強風化泥岩の層厚は 2～3m で、斜面全域に及ぶ。地すべりの規模は、斜面長が約 40m、幅が約 45m、斜面平均勾配が 23°で、頭部の滑落崖は 4.5m である。背後には広い集水域があり、盛土層と難透水性の元地盤との境界面付近は浸透水の影響を受けて弱化が進行していたと考えられる。

3. せん断試験方法

スリーブ内蔵式三重管コアチューブを使用して採取した弱風化泥岩、強風化泥岩および盛土泥岩の不攪乱試料について三軸圧縮試験(CU)を行いピーク強度を求めた。また、採取試料を 420 μ m フルイを通過させ、スラリー状にしてリングせん断試験に供した。リングせん断試験では、試料を水浸下で垂直応力 $\sigma_n' = 200$ kN/m² により正規圧密し、大変位の排水せん断（定応力、変位速度 0.01mm/min）を行って完全軟化強度および残留強度を測定した。 $\sigma_n' < 200$ kN/m² については多段載荷方式により残留強度測定を行った。

4. 土質試験の結果と考察

4.1 物理試験

Table 1 に各試料の物理的性質を示す。液性限界 W_L は、強風化泥岩試料で 74.0%と最も高く弱風化泥岩試料で 68.7%、盛土泥岩試料で 55.6%であった。塑性指数 I_p は、強風化泥岩試料および弱風化泥岩試料でそれぞれ 52.9、46.0 で、盛土泥岩試料では 22.7 と小さく、前者の 1/2 程度であった。<2 μ m 粘土含有量は、強風化泥岩試料（41.2%）、弱風化泥岩試料（38.6%）、盛土泥岩試料（25.0%）の順で多く、砂含有量は盛土泥岩試料で 32.9%と最も多い。

4.2 三軸圧縮試験

主応力差（ $\sigma_1' - \sigma_3'$ ）・間隙水圧 $\Delta u \sim$ 軸ひずみ ε 関係は、弱風化泥岩試料では、応力変化が

*琉球大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, University of the Ryukyus

**琉球大学農学部 Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus

***（株）清光研究所 Seiko Kenkyusyo Co., Ltd.

キーワード：

土の静力学的性質、
残留強度、ピーク強度

急上昇した後に $\varepsilon=2\sim5\%$ で明確なピークを示したのに対して、強風化泥岩試料および盛土泥岩試料では応力変化が緩やかでピークが現れなかった。ピーク強度定数は、弱風化泥岩試料で $c_f'=120\sim204\text{kN/m}^2 \cdot \phi_f'=34\sim45^\circ$ ，強風化泥岩試料で $c_f'=23\sim33\text{kN/m}^2 \cdot \phi_f'=22\sim34^\circ$ ，盛土泥岩試料で $c_f'=8\sim12\text{kN/m}^2 \cdot \phi_f'=36\sim39^\circ$ となった (Fig. 1)。強風化泥岩のピーク強度は盛土泥岩のそれより小さく、すべり発生に深く関与したことが考えられる。

4.3 リングせん断試験

摩擦係数 τ/σ_n' ～せん断変位 D 関係は、3 試料とも $D=7\text{mm}$ 前後でピーク（完全軟化強度）を示した後、約 $D=300\text{mm}$ で残留状態に至った。弱風化泥岩試料および強風化泥岩試料の τ_r/σ_n' 値はかなり小さく、島尻層群泥岩の中でも低い方である^{2)～5)}。完全軟化強度定数 ($c_{sf}=0$) および残留強度定数は、弱風化泥岩試料で $\phi_{sf}=29.9^\circ$ および $c_r=2.8\text{kN/m}^2 \cdot \phi_r=10.0^\circ$ ，強風化泥岩試料で $\phi_{sf}=28.2^\circ$ および $c_r=3.5\text{kN/m}^2 \cdot \phi_r=8.4^\circ$ ，盛土泥岩試料で $\phi_{sf}=30.3^\circ$ および $c_r=0.2\text{kN/m}^2 \cdot \phi_r=26.4^\circ$ となった (Fig. 2)。

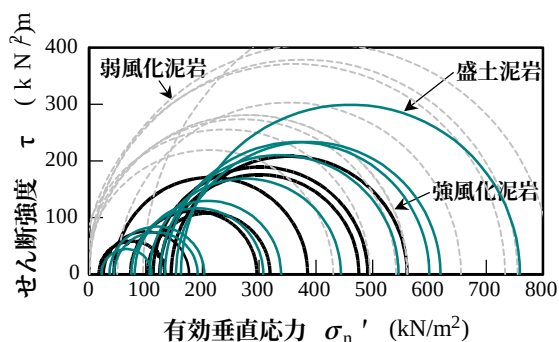
施工後十数年の間に盛土層と基盤泥岩との境界面付近が浸透水の影響により強度をかなり低下させていたことが考えられ、強風化泥岩の完全軟化および残留強度の定数値は本地すべりの発生メカニズムを解明する上でキーとなる。

本研究は科学研究費補助金（課題番号：13660247）の補助を受けて実施したものである。

表－1 試料の物理的性質

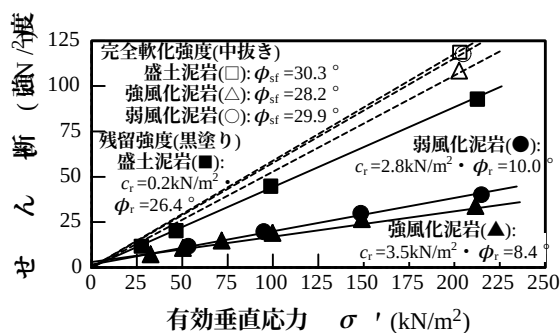
Table 1 Physical properties of samples

試料	湿潤単位体積重量 γ_t (kN/m^3)	土粒子の密度 ρ_s (g/cm^3)	液性限界 w_L (%)	塑性指数 I_p	粒度組成			
					clay <2 μm	silt 2-20 μm	fine sand 20-200 μm	coarse sand 200-420 μm
弱風化泥岩	18.93	2.822	68.7	46.0	38.6	39.9	18.3	2.3
強風化泥岩	18.18	2.795	74.0	52.9	41.2	41.0	11.7	4.7
盛土泥岩	18.61	2.767	55.6	22.7	25.0	40.5	28.0	4.9



図－1 不攪乱試料の三軸試験結果

Fig. 1 Triaxial compression test results for undisturbed samples



図－2 再調整試料のリングせん断試験結果

Fig. 2 Ring shear test results for remolded samples

参考文献

- 1) 宜保清一・吉沢光三・宮城富夫・中村真也：台風 16 号，19 号の影響による連続降雨によって発生した 2,3 の地すべり・崩壊（速報），第 14 回沖縄地盤工学研究発表会，pp.42～45，2001.
- 2) 宜保清一：島尻層群泥岩の残留強度測定と結果の解釈―地すべり・崩壊土の残留強度特性（I）―，農業土木学会論文集，104，pp.61～68，1983.
- 3) 宜保清一・佐々木慶三・吉沢光三・伊田茂：沖縄，北丘ハイッ土地内泥岩すべりにおける地質構造規制とすべり面強度パラメータの算定，地すべり，23(3)，pp.15～20，1986.
- 4) 周亜明・宜保清一・江頭和彦・翁長謙良・丸山健吉：沖縄，島尻層群地帯の地すべりにおける破碎泥岩と軟化泥岩の強度特性―浦添地すべりと山川地すべりの対比―，地すべり，32(4)，pp.26～33，1996.
- 5) 宜保清一・中村真也・周亜明：移動量の大きい泥岩地すべりにおけるすべり面の強度―沖縄，仲順地すべりを事例として―，土と基礎，48(8)，pp.9～12，2000.