

リングせん断試験による地すべり土の完全軟化強度測定

Measurement of fully softened strength of landslide soils using ring shear test

○木村 匠*, 江口佑人**, ウィタナ シワンタ ブッデイ***, 比嘉健太郎****, 中村真也*****
Sho KIMURA, Yuto EGUCHI, Shriwantha VITHANA Buddhi, Kentaro HIGA and Shinya NAKAMURA

1. はじめに

崩積土層や盛土斜面で発生する初生型地すべりおよび再活動型地すべりの安定度の検討に際し、正規圧密土のピーク強度である完全軟化強度 ϕ_{sf} ($c_{sf}=0$) は重要な土質定数である (Skempton, 1970; (社)地すべり学会東北支部, 2001; 宜保ら, 2003)。 ϕ_{sf} の測定は、三軸圧縮および一面せん断試験が「最も適する」とされ、リングせん断試験は「適する」と位置づけられている (地盤工学会, 2000; 農林水産省農村振興局, 2004)。一方、リングせん断試験では、土の最小強度である残留強度 ϕ_r を最も精度良く得ることができ (Bishop et al., 1971; 宜保, 1994)、また、比較的少量の試料で試験を行うことができるため、 ϕ_{sf} から ϕ_r までを効率よく得ることができる。リングせん断試験で得られる ϕ_{sf} は、三軸圧縮試験で得られる ϕ_{sf} より小さくなる傾向が報告されているが (矢田部ら, 1991; Stark and Eid, 1997; 高橋ら, 2002)、両試験の関係性、リングせん断試験による測定値の特徴およびそのメカニズムについては明確でない。本研究では、粘性土およびシルト・砂質土についてリングせん断試験および三軸圧縮 (CU) 試験を行い、得られた ϕ_{sf} 値の差異を粒度組成に基づいて考察した。

2. 試験方法

粘性土試料は西原運動公園地すべり (宜保ら, 2003) からの採取土 (強風化泥岩) を、シルト・砂質土試料は二道岔地すべり (宜保ら, 2007) からの採取土 (馬蘭黄土) を用いた。試料は風乾後、 $425 \mu\text{m}$ フルイを通過させてスラリー状にし、リングせん断試験機 (宜保, 1994) および三軸圧縮試験機 (地盤工学会, 2000) によって完全軟化強度測定試験を行った。リングせん断試験は、所定の有効垂直応力 ($\sigma_n' = 50, 100$ および 300kPa) で正規圧密し、排水せん断 (定応力, 変位速度 $0.01\text{mm}/\text{min}$) を行った。三軸圧縮 (CU) 試験は、所定の有効応力 ($\sigma_3' = 50, 100$ および 300kPa) で正規圧密し、軸ひずみ速度 $0.05/\text{min}$ で圧縮した。

Table 1 < $425\mu\text{m}$ 試料の物理的性質
Physical properties of sub- $425\mu\text{m}$ soil samples

試料	液性限界 LL(%)	塑性指数 I_p	粘土分 < $2 \mu\text{m}$	シルト分 2~ $20 \mu\text{m}$	細砂分 20~ $200 \mu\text{m}$	粗砂分 200~ $425 \mu\text{m}$
強風化泥岩	74.0	52.9	64.7	27.7	7.5	0.1
馬蘭黄土	34.3	16.1	29.7	34.7	35.5	0.1

*琉球大学農学部協力研究員 *Researcher at Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus*, **琉球大学大学院農学研究科 *Graduate School of Agriculture, University of the Ryukyus*, ***鹿児島大学大学院連合農学研究科 *The United Graduate school of Agricultural Sciences, Kagoshima University*, ****琉球大学農学部 (現沖縄県農林水産部) *Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus (Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Okinawa Prefecture)*, *****琉球大学農学部 *Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus*

キーワード: 土の静力学的性質, 完全軟化強度, リングせん断試験, 三軸圧縮試験

3. 試験結果および考察

3.1 物理的性質

Table 1 に両試料の物理的性質を示す。両試料の $2\mu\text{m}$ 以下粘土含有量 CF は、強風化泥岩試料で 64.7% と高く、馬蘭黄土試料では 29.7% と低く、シルト・砂分が全体の 70% 以上を占める。液性限界 LL および塑性指数 I_p は、強風化泥岩試料では 74%、52.9 であるのに対して、馬蘭黄土試料では 34.3%、16.1 であった。

3.2 リングせん断試験および三軸圧縮試験で得られた完全軟化強度とその差異

リングせん断試験より得た ϕ_{sf} は、強風化泥岩試料が 27.3° 、馬蘭黄土試料が 35.6° であった (Table 2)。三軸試験結果をモールの応力円で整理して得た完全軟化強度定数 ϕ_{sf} は、強風化泥岩試料が 28.6° 、馬蘭黄土試料が 38.4° であった (Table 2)。

三軸圧縮およびリングせん断試験で得られた ϕ_{sf} の差異は、強風化泥岩試料で 1.3° 、馬蘭黄土試料で 2.8° となった。両試料とも三軸圧縮試験で得られた ϕ_{sf} が大きく、その差異はシルト・砂分の多い馬蘭黄土試料において大きかった。

Table 3 は、両試験の $\sigma_n' = 50\text{kPa}$ および 300kPa 下のそれぞれにおける両試料の ϕ_{sf} をまとめたものである。馬蘭黄土試料における ϕ_{sf} の差異は低荷重下で 3.6° 、高荷重下で 3.0° となった。一方、強風化泥岩試料における ϕ_{sf} の差異は、低荷重下で 3.0° 、高荷重下では 1.2° となり、低荷重下のものが小さくなった。また、 50kPa および 300kPa 下の $(\phi_{sf(tri)} - \phi_{sf(ring)}) / \phi_{sf(ring)} \cdot 100 (\%)$ を Table 4 に整理した。強風化泥岩試料の差異が、高荷重下において小さいことが明確に示されている。これは、低荷重条件下では圧密による配列方向と各試験のせん断方向の関係が、高荷重条件下においては粘土粒子と砂粒子の挙動の違いが影響したものと考えられる。

引用文献

Bishop, A.W., Green, G.E., Garge, V.K., Andersen, A. and Brown, J.D. (1971): *Géotechnique*, **21**(4), 273-328. 宣保清一, 中村真也, 比嘉優, 吉沢光三 (2003): 農土論集, **227**, 113-118. 宣保清一 (1994): 地すべり, **31** (3), 24-30. 農林水産省農村振興局計画部資源課 (2004): 土地改良事業計画設計基準—農地地すべり防止対策—, (社) 農業土木学会, 172-181. (社) 地すべり学会東北支部 (2001): 地すべり解析用強度決定法—実務における新たな展開を目指して—, 69-72. 地盤工学会 (2000): 土質試験の方法と解説—第 1 回改訂版—, 563-600. Skempton, A.W. (1970): *Géotechnique*, **20**(3), 320-324. 高橋貴之, 荻野俊 (2002): 秋田大学工学資源学部研究報告, **23**, 81-85. 矢田部龍一, 八木則男, 榎明潔 (1991): 土木学会論文集, **436**, 93-101.

Table 2 三軸圧縮試験およびリングせん断試験で得られた完全軟化強度定数

Fully softened shear strength parameters through the triaxial and ring shear tests

試料	$\phi_{sf(tri)}$	$\phi_{sf(ring)}$	$\phi_{sf(tri)} - \phi_{sf(ring)}$
馬蘭黄土	38.4°	35.6°	2.8°
強風化泥岩	28.6°	27.3°	1.3°

$\phi_{sf(tri)}$: 三軸圧縮試験, $\phi_{sf(ring)}$: リングせん断試験

Table 3 50 および 300kPa 下の完全軟化強度定数 Fully softened shear strength parameters under 50 and 300 kPa

試料	50kPa		300kPa	
	$\phi_{sf(tri)}$	$\phi_{sf(ring)}$	$\phi_{sf(tri)}$	$\phi_{sf(ring)}$
馬蘭黄土	40.9°	37.3°	38.4°	35.4°
強風化泥岩	33.9°	30.9°	28.1°	26.9°

Table 4 50 および 300kPa 下の $(\phi_{sf(tri)} - \phi_{sf(ring)}) / \phi_{sf(ring)} \cdot 100 (\%)$
 $(\phi_{sf(tri)} - \phi_{sf(ring)}) / \phi_{sf(ring)} \cdot 100$ under 50 and 300 kPa

試料	50kPa	300kPa
馬蘭黄土	9.6	8.5
強風化泥岩	9.9	4.6