

# リングせん断挙動に及ぼす鉱物組成の影響

The Influence of Mineral Composition on the Ring Shear Behavior of Landslide Soils

中村真也\*, 宜保清一\*, 佐々木慶三\*\*  
Shinya NAKAMURA, Seiichi GIBO and Keizo SASAKI

## 1. はじめに

ピーク強度から残留強度に至る応力～変位曲線は地すべり土の種類により大いに異なる。2 $\mu$ m以下粘土含有量 CF>40%の試料は粒子配向により残留強度へ著しく低下し、CF<20%の場合強度低下がほとんど見られないとの Skempton<sup>1)</sup>の指摘がある。一方、CF>40%試料であっても残留強度定数が 10 $^{\circ}$   $\tau$  25 $^{\circ}$ の範囲に跨り、一義的な  $\tau$  - CF 関係がないとの指摘もある<sup>2)</sup>。また、残留せん断面の形成・発達に試料の含有配向性鉱物により支配されること<sup>2, 3)</sup>、シルト・砂分が多く、石英・長石を主要鉱物とする CF<20%の試料でもピークから残留への強度低下が無視できないことの示唆もある<sup>4)</sup>。

本研究では、物理的・鉱物学的性質を異にする地すべり土についてリングせん断試験を行い、大変位せん断挙動に及ぼす含有鉱物の影響を分析・整理した。

## 2. 試料とその物理的・鉱物学的性質

大阪・亀の瀬地すべり<sup>5)</sup>、新潟・大所地すべり<sup>6)</sup>、長崎・石倉地すべり<sup>7)</sup>、沖縄の仲順地すべり<sup>8)</sup> および中山地すべり<sup>2)</sup>、中国の雁門地すべり<sup>9)</sup>、廟湾地すべり<sup>10)</sup> および沙埧地すべり<sup>9, 11)</sup> からの採取試料を使用した。各試料全体 (<420 $\mu$ m) の粒度組成および鉱物組成を表 - 1 に示す。

## 3. せん断挙動に及ぼす鉱物の影響

### 3.1 せん断挙動の様態

一定有効垂直応力  $\sigma_v = 300$  kPa における摩擦係数  $\tau/\sigma_v$  とせん断変位  $D$  の関係は、亀の瀬試料では、摩擦係数は低いピーク値 ( $\tau_{sf}/\sigma_v = 0.338$ ) を示した後漸減を続け、 $D=800$  mm 程度の大変位で低い残留値 ( $\tau_r/\sigma_v = 0.121$ ) に至った。残留せん断面は含有される St (77%) などの配向性粘土鉱物の影響により鏡肌を呈した。仲順試料では、高めのピーク値 ( $\tau_{sf}/\sigma_v = 0.554$ ) の後に急減し  $D=300$  mm 程度で鏡肌面が形成され低い残留値 ( $\tau_r/\sigma_v = 0.162$ ) が示された。これは、含有される鉱物 (St, Ch, Qr, Fd など) に原因するもので、せん断初期からピーク時には非配向性の Qr, Fd などが優勢に働き、変位の増大に伴うせん断面形成後には配向性の St, Ch などが粘土粒子の配向を促したためである。雁門および中山試料は  $D=150$  mm 程度の変位で残留状態に到達し、それぞれ  $\tau_{sf}/\sigma_v = 0.557$  および  $\tau_r/\sigma_v = 0.341$ 、 $\tau_{sf}/\sigma_v = 0.703$  および  $\tau_r/\sigma_v = 0.512$  を示した。中山試料では雁門試料に比べてピークおよび残留値が大きい、これは Qr, Fd などの含有量の多少に起因したものと推測される。

表 - 1 <420  $\mu$  m 試料の粒度組成および鉱物組成

Table 1 Grain size distribution and mineralogical composition of <420 $\mu$ m soil samples

Sample	Soil type	Grain size distribution (%)			Mineralogical composition*1 (%)							
		clay <2 $\mu$ m	silt 2-20 $\mu$ m	sand 20-420 $\mu$ m	St	Vt	Ch	Mc	Tc	Qr	Fd	Others
Kamenose	Sandy shale	73.2	17.8	9.0	77	0	0	2	0	14	3	4
O'dokoro	Fault clay*2	50.8	20.7	28.5	4	41	24	0	6	7	5	13*3
Ishikura	Mudstone	54.5	35.3	10.2	30	0	3	10	0	43	5	9
Tyunjun	Mudstone	50.0	45.2	4.8	6	0	15	27	0	34	12	6
Yannmen	Black phyllite	16.6	20.9	62.5	0	0	15	24	0	39	5	17*4
Nakayama	Mudstone	37.4	39.1	23.5	10	0	7	18	0	42	14	9
Miaowan	Malan loess	18.7	30.9	50.4	1	0	6	15	0	56	21	1
Shaba	Black phyllite	9.3	34.3	56.4	0	0	18	14	0	42	11	13*5
Toyoura sand		0	45.0	55.0	0	0	0	0	0	100	0	0

\*1 St:smectite, Vt:vermiculite, Ch:chlorite, Mc:mica, Tc:talca, Qr:quartz, Fd:feldspars, Others(Gyp:gypsum, Cal:calcite, Am:amphibole, Zt:zeolite, etc); \*2 derived from serpentine and siliceous shale; \*3 Am: 11%; \*4 Gyp: 15%; \*5 Cal: 13%

廟湾および沙坝試料は，せん断挙動への $Q_r$ および $F_d$ の著しい関与により， $D=100\text{mm}$ 程度の小変位で残留状態に至り，いずれも高い強度を示した。廟湾および沙坝試料（ $CF<20\%$ ）においてもピークから残留への明瞭な強度遞減が認められる。標準砂でも，わずかながら強度遞減があり，そのピークは沙坝試料よりも小さく，構成砂粒子の形状や均等係数等の影響が伺える。このような特徴的な応力～変位曲線は，含有される物理的・鉱物学的性質がせん断挙動に反映されたもので，3～4のタイプに類別できそうである。

### 3.2 ピークから残留への強度低下量

図-1は，ピークと残留の間の摩擦係数差（ $\frac{sf}{n} - \frac{r}{n}$ ）を試料全体の配向性粘土鉱物総量に対してプロットしたもので，凸型の曲線関係を示した。図において，試料は，大きく亀の瀬・大所試料，石倉・仲順・雁門・中山試料および廟湾・沙坝・標準砂試料の3グループに大きく分けられる。しかし，石倉試料のグループでは，4試料は鉱物総量が35～50%の範囲

に納まっているが，摩擦係数差の範囲が0.191～0.392と大きい。そこで，ピークから残留への強度低下の内実，すなわち，石倉・仲順試料では含有配向性粘土鉱物の優勢な働きにより低い残留値が示されたこと，雁門・中山試料では非配向性鉱物の強い影響により高いピーク値とその後の高い残留値が示されたことを勘案し，双方をグループ立てすれば，これらの試料は4グループに類別化できそうである。図-2は，ピークから残留への強度低下率（ $\frac{sf}{n} - \frac{r}{n} / \frac{sf}{n}$ ）を試料全体の配向性粘土鉱物総量に対してプロットしたものである。図は，図-1と同様，凸型の曲線関係を示し，石倉・仲順試料および雁門・中山試料のグループを含む4グループの位置付けが一層明白である。また，廟湾および沙坝試料では，8～10%の強度低下率が示された。これは， $CF<20\%$ （Skempton<sup>1)</sup>）の試料においてもピークから残留への明瞭な強度遞減があり，無視できないものであることを示唆するものである。

参考文献 1) Skempton, A. W.(1985): *Géotechnique*, **35**(1), pp.3-18 2) 宜保ら(2000): *農業土木学会論文集*, **210**, pp.69-74 3) 宜保ら(1992): *農業土木学会論文集*, **159**, pp.57-63 4) Gibo et al. (2002): *Géotechnique*, **52**(9), pp.683-686 5) 村田(1980): *地すべり*, **16**(4), pp.25-39 6) 佐々木ら(2001): *地すべり*, **37**(4), pp.23-31 7) 長崎県(1992): *地すべり*, **29**(3), pp.41-49 8) 宜保ら(2000): *土と基礎*, **48**(8), pp. 9-12 9) 宜保ら(1996): *地すべり*, **32**(4), pp.41-48 10) 宜保ら(1998): *第37回地すべり学会研究発表講演集,新潟*, pp.101-102 11) 周ら(1997): *農業土木学会論文集*, **187**, pp.23-29 12) Kenny, T. C. (1967): *Proc. Geotechnical conference, Oslo*, **1**, pp.123-129

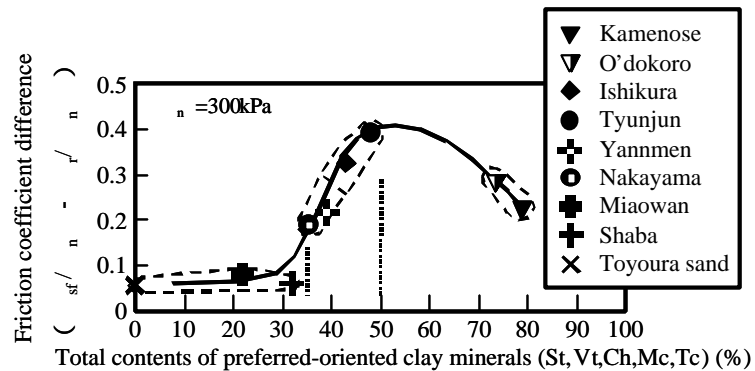


図-1 摩擦係数差  $\frac{sf}{n} - \frac{r}{n}$  と $<420\ \mu\text{m}$ 試料中の配向性粘土鉱物（St, Vt, Ch, Mc, Tc）総量の関係

Fig.1 Variations of the difference between  $\frac{sf}{n}$  and  $\frac{r}{n}$  versus total contents of preferred-oriented clay minerals (St, Vt, Ch, Mc, Tc) in  $<420\ \mu\text{m}$  soil samples

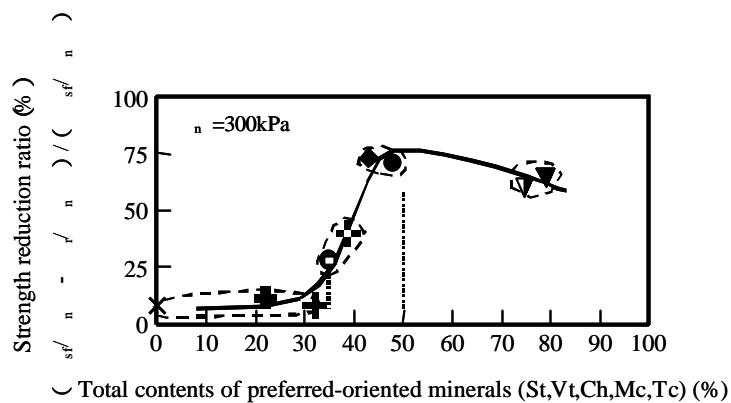


図-2 摩擦係数差  $\frac{sf}{n} - \frac{r}{n}$  と $<420\ \mu\text{m}$ 試料中の配向性粘土鉱物（St, Vt, Ch, Mc, Tc）総量の関係

Fig.2 Variations of the strength reduction ratio  $(\frac{sf}{n} - \frac{r}{n}) / (\frac{sf}{n})$  versus total contents of preferred-oriented clay minerals (St, Vt, Ch, Mc, Tc) in  $<420\ \mu\text{m}$  soil samples