

地すべり土の強度回復メカニズムに関する一考察 Strength recovery mechanism of landslide soils

○中村真也*, 江口佑人**, 木村匠*, 宜保清一****
Shinya NAKAMURA, Yuto EGUCHI, Sho KIMURA and Seiichi GIBO

1. はじめに

物理的性質・鉱物学的性質の異なる3種類の地すべり土について、再圧密時間を変えて回復強度測定試験を行い、各試料の強度回復の様相、強度回復と再圧密効果および再圧密時間の関係について検討し、回復強度の発現メカニズムについて考察した。

Table 1 425 μ m以下試料の粒度組成 (%)
Grain size distribution of the sub-425 μ m samples

試料	粘土分 2 μ m以下	シルト分 2~20 μ m	細砂分 20~200 μ m	粗砂分 200~425 μ m
馬蘭黄土	18.7	30.9	50.4	0.0
赤色砂質土	58.6	25.0	15.5	0.9
赤紫色凝灰岩	92.5	3.3	3.8	0.4

2. 地すべり土試料

中国・廟湾地すべりの馬蘭黄土および赤色砂質土(宜保ら, 1998), 群馬・中之条地すべりの赤紫色凝灰岩(剣持ら, 2001)について、風乾後に425 μ mフルイを通過させ、各試験に供した。粒度試験は音波処理反復法(吉永ら, 1984)によった。各425 μ m以下試料の粒度組成および鉱物組成はTable 1 および2に示す通りである。

Table 2 425 μ m以下試料の鉱物組成 (%)
Mineralogical properties of the sub-425 μ m samples

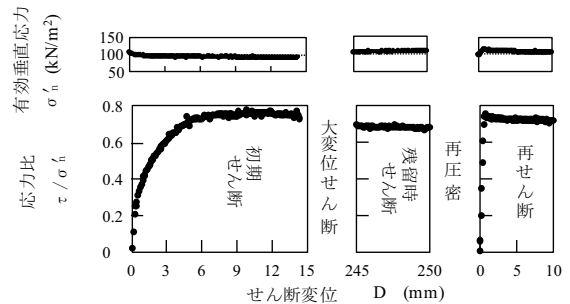
試料	St	Ch	Mc	Kt	Qr	Fd
馬蘭黄土	1	6	15	1	56	21
赤色砂質土	0	9	25	8	35	23
赤紫色凝灰岩	42	0	0	41	16	1

St: スメクタイト, Mc: 雲母, Ch: 緑泥石
Kt: カオリナイト, Qr: 石英, Fd: 長石

3. 強度の回復特性

回復強度測定試験にはリングせん断試験機(宜保, 1994)を使用した。スラリー状にした試料を水浸下で垂直応力 $\sigma_n=100\text{kN/m}^2$ により正規圧密し、その後に変位の排水せん断(定応力, せん断速度 $v=0.01\text{mm/min}$)を行った。地すべりの滑動・停止・再発を想定し、完全軟化強度 τ_{sf} および残留強度 τ_r を求めた後、せん断を停止して所定の時間再圧密し、再せん断を行って回復強度 τ_{rc} を測定した。

a) 馬蘭黄土試料



3.1 せん断強度の低下および回復

試験に使用したリングせん断試験機(宜保, 1994)はエアサーボ制御装置により载荷重を制御して定圧状態を実現するものである。载荷重は一定であるが、せん断時のダイレイタンスの影響を受けるために、せん断面における有効垂直応力はせん断に伴って変化する。実際の地すべり面で起こる現象を再現するものであり、中村ら(2000), Gibo et al. (2002)もこの方式で回復強度を求めている。再圧密時間は2日間とした。Fig. 1 (a, b)は、馬蘭黄土および赤紫色凝灰岩試料の有効垂直応力 $\sigma_n'=100\text{kN/m}^2$ の下での応力比-せん断変位関係である。馬蘭黄

b) 赤紫色凝灰岩試料

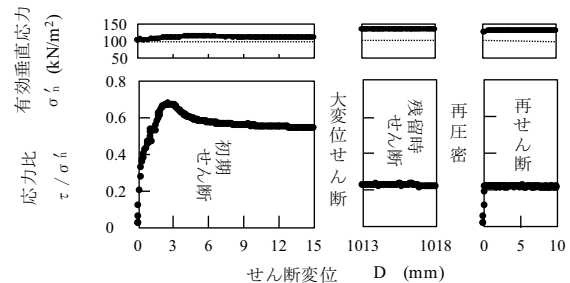


Fig. 1 馬蘭黄土および赤紫色凝灰岩試料の初期せん断、残留時および再せん断段階における有効垂直応力および応力比
Shear characteristics of the initial, residual and re-shear stages for the Malan loess and Magenta tuff samples

*琉球大学農学部 Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus, **琉球大学大学院農学研究科(現熊本県芦北町役場) Graduate School of Agriculture, University of the Ryukyus(Ashikita town office, Kumamoto Pref), ***放送大学沖縄学習センター The Open University of Japan, Okinawa Study Center.

キーワード: 土の静力学的性質

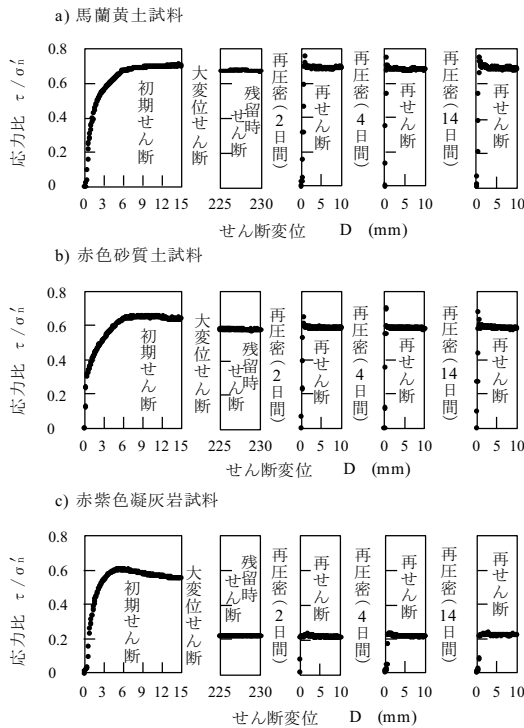


Fig. 2 馬蘭黄土，赤色砂質土および赤紫色凝灰岩試料における異なる再圧密時間と強度回復
Strength recovery after different re-consolidation time for Malan loess, Red siltstone and Magenta tuff samples

土試料では応力比 τ/σ'_n が全体的に高めで，強度の低下率 $[(\tau_{sf}/\sigma'_n - \tau_r/\sigma'_n) / (\tau_{sf}/\sigma'_n) \cdot 100 (\%)]$ が 11.7%と低い。馬蘭黄土試料の回復率は，82.7%となり，強度の回復が顕著である。一方，赤紫色凝灰岩試料では低下率が 67.5%，回復率が 0.6%となり，残留強度からの強度の回復は小さい。馬蘭黄土試料の再せん断時には，回復強度の発現に対応して有効垂直応力の増加が認められる。これは再せん断時のダイレイタンスーによるものと考えられる。一方，赤紫色凝灰岩試料の再せん断時には，垂直応力の増加は認められず，強度の回復も見られない。再圧密時間 2，4 および 14 日間の際の各試料の応力比—せん断変位関係を Fig. 2 に示す。強度が回復する馬蘭黄土試料および赤色砂質土試料では，回復強度の応力比 τ_{rc}/σ'_n に再圧密時間による差異は認められなかった。また，赤紫色凝灰岩試料においても，再圧密時間によらず， τ_{rc}/σ'_n はほぼ同じ値を示した。

3.2 強度回復のメカニズム

Fig.3(a, b) は，試料のせん断面に作用する有効垂直応力 σ'_n を厳密に制御して得られた馬蘭黄土および赤紫色凝灰岩試料の応力比—せん断変位関係である(再圧密 2 日間， $\sigma'_n = 100\text{kN/m}^2$)。 σ'_n の厳密制御によりせん断時のダイレイタンスーが強度発現に及ぼす影響を低減させることができる。Fig.1(a)において σ'_n の増加が見られた馬蘭黄土試料の回復強度発現時においても σ'_n は変化していない。応力比は，せん断の初期にピークを示した後，急激に残留状態まで低下した。このピークは，せん断変位に伴ってすぐに失われたことから，再圧密時にかみ合った粒子間のインターロッキング作用による抵抗力と考えられる。Fig.1(a)の結果と併せると，回復強度は，せん断の初期にはインターロッキング作用が主で，その後ダイレイタンスーに伴う抵抗力が引き続き動員され，発現されると考えられる。

引用文献

宜保ら (1998) : 第 37 回地すべり学会研究発表講演集，地すべり学会，新潟，pp.101-102. 宜保 (1994) : 地すべり，Vol.31, No.3, pp.24-30. 劔持ら (2001) : 第 40 回日本地すべり学会研究発表講演集，地すべり学会，群馬県，pp.337-340. 吉永ら (1984) : 日本土壤肥科学雑誌，Vol.55, No.3, pp-248-256. 中村ら (2000) : 地すべり，Vol.37, No.3, pp.10-17. Gibo, et al. (2002): Geotechnique, Vol.52, No.9, pp.683-686

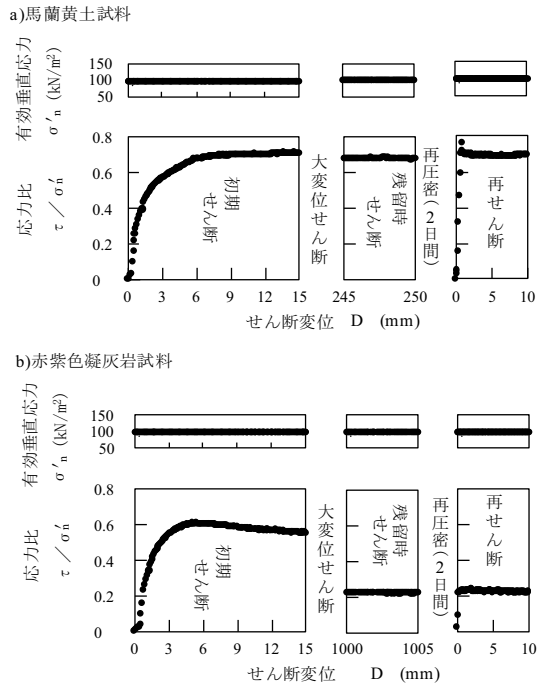


Fig.3 せん断面における有効垂直応力を厳密に制御した馬蘭黄土および赤紫色凝灰岩試料の回復強度測定試験結果
Results of strength recovery tests where the effective normal stress was strictly controlled to be constant for the Malan loess and Magenta tuff samples