

地すべり土の残留強度に及ぼすせん断速度の影響

Influence of shear rate on residual strength of landslide soils

○中村 真也*, 木村 匠**, ヱイタナ シワタ フッヂイ***, 江口佑人****, 我如古巧*****

Shinya NAKAMURA, Sho KIMURA, Shriwantha VITHANA Buddhi, Yuto EGUCHI and Takumi GANEKO

1. はじめに

残留強度は、せん断面の最終的な粒子配向面において発揮される最小のせん断強度であり、地すべりの安定解析に必要な土質定数である (Skempton, 1964 ; Gibo et al., 1987)。残留強度の測定試験では、完全配向面形成のための大変位せん断と排水状態が必要条件であり、せん断速度の設定が重要となる。残留強度はせん断速度の大小によって増減することが知られているが、これまでの研究では、その現象が示されるのみで、強度変化のメカニズムについての統一的な見解は得られていない (Lemos et al., 1985 ; Vaughan et al., 1985 ; 矢田部ら, 1991 ; Tika et al., 1996 ; 鈴木ら, 2004)。一方, Nakamura et al. (2010) は、地質・土質・物理的・鉱物学的性質が異なる地すべり土について、配向性粘土鉱物 (スメクタイト St, パーミキュライト Vt, 緑泥石 Ch, 雲母 Mc) 総量の増加に伴い、残留強度が低下することを明らかにし、残留強度の支配因子が配向性粘土鉱物であるとした。

本研究では、地質・土質の異なる地すべり土について、せん断速度を変化させてリングせん断試験を行い、それらの試験結果と既往のデータとを併せ、鉱物学的観点から残留強度に及ぼすせん断速度の影響を考察した。

2. 試験方法

試料は風乾後、425 μm 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) により、鉱物組成は粒度試験で分離した画分を用いて、X線回折法 (和田, 1966) により同定した。残留強度の測定にはリングせん断試験機 (宜保, 1994) を使用した。有効垂直応力 100kPa の下で正規圧密し、その後、有効垂直応力 100kPa の下で大変位の排水せん断を行った。せん断速度 $v=0.01$, 0.5mm/min に設定し、残留強度を測定した (ASTM, 2006)。

3. 残留強度とせん断速度

3.1 配向性粘土鉱物総量と残留強度の速度依存性

<425 μm 試料の物理的・鉱物学的性質を Table 1 に示す。配向性粘土鉱物総量－残留強度図

Table 1 <425 μm 試料の物理的・鉱物学的性質
Physical and mineralogical properties of sub-425- μm soil samples

No	地すべり	地質	塑性指数 I_p	粘土分 (%) <2 μm	シルト分 (%) 2~20 μm	細砂分 (%) 20~200 μm	粗砂分 (%) 200~425 μm	配向性粘土鉱物総量 (%)
1	日田三和	火砕流堆積物	—	45.2	25.4	10.1	19.2	2
2	二道岔	馬蘭黄土	16.1	29.7	34.7	35.5	0.1	16
3	廟湾1	馬蘭黄土	12.5	18.7	30.9	50.4	0	22
4	廟湾2	赤色砂質土	23.8	58.6	25.0	15.5	0.9	34
5	中部横貫公路	砂質頁岩	10.8	35.3	31.4	28.7	4.6	36
6	新川	島尻層群泥岩	30.9	63.6	30.8	5.4	0.2	44
7	池田	島尻層群泥岩	32.9	66.6	29.1	4.4	0.0	46
8	仲順	島尻層群泥岩	57.1	57.9	45.2	4.8	0.0	52
9	大所	珉化頁岩	—	50.8	20.7	22.6	5.9	69
10	龜の瀬	凝灰質礫質土	64	73.2	17.8	5.0	4.0	79

*琉球大学農学部 Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus, **琉球大学農学部協力研究員 Researcher at Faculty 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, ****琉球大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, University of the Ryukyus, *****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)

キーワード: 土の静力学的性質, 残留強度, せん断速度

(Nakamura et al., 2010) において、日田三和、二道盆、廟湾1 (馬蘭黄土) 試料は groupA に、中部横貫公路、廟湾2 (赤色砂質土)、新川、池田試料は groupB、仲順、大所、亀の瀬試料は groupC に位置づけられた。

Fig.1 は、0.01 と 0.5mm/min 時の残留摩擦係数差と配向性粘土鉱物総量の関係である。仲順 (No.8) 試料は配向性粘土鉱物総量によれば groupB に、強度によれば groupC に分類される中間的な試料である。仲順試料を groupB とすると残留摩擦係数の変化の違いが配向性粘土鉱物総量によって説明できる。一方、groupC の試料の間で残留摩擦係数差の様相が異なっている。仲順 (No.8) と亀の瀬 (No.10) 試料において、前者ではせん断速度が大きくなると残留摩擦係数は小さくなる (-0.021) が、後者では大きくなった (+0.005)。このことは、残留強度の速度依存性が含有粘土鉱物種の違いによって異なることを示唆するものである。

3.2 粘土鉱物種と残留強度の速度依存性

含有粘土鉱物種が残留強度の速度依存性に与える影響を検討するため、St が 43% の中之条試料および Mc が 35% の西原試料について、有効垂直応力 100kPa、せん断速度を 0.001, 0.005, 0.01, 0.02, 0.03, 0.05, 0.07, 0.1, 0.2, 0.3 および 0.5mm/min に設定し、残留強度を測定した。

Fig.2 は、中之条試料の残留摩擦係数 τ_r / σ'_n とせん断速度の関係である。 τ_r / σ'_n は、全体的には速度増加に伴って大きくなる傾向を示し、ほぼ一定となる領域と、速度増加に伴って大きくなる領域があった。 ϕ_r は、11.8° (0.01mm/min) から 13.0° (0.3mm/min) まで増加した。Fig.3 は、西原試料の τ_r / σ'_n とせん断速度の関係である。 τ_r / σ'_n は、全体的には速度増加に伴って小さくなる傾向を示し、中之条試料と同様、ほぼ一定となる領域があった。 ϕ_r は、14.5° (0.01mm/min) から 13.0° (0.2mm/min) まで低下した。

引用文献

ASTM (2006): ASTM Volume 04. 09, 6. Gibo, S. et al. (1987): *Canadian Geotechnical Journal*, 24 (3), 456-462. 宜保 (1994): 地すべり, 31 (3), 23-30. Lemos, L. et al. (1985): *Proc. 11th Int. Conf. Soil Mech.*, San Francisco 4, 1955-1958. Skempton, A.W. (1964): *Géotechnique*, 14 (2), 77-101. Skempton, A. W. (1985): *Géotechnique*, 35(1), 3-18. 鈴木ら (2004): 山口大学工学部研究報告, 55 (2), 49-62. Tika, T. E. et al. (1996): *Géotechnique*, 46 (2), 197-233. Nakamura, S. et al. (2010): *Geology*, 38(8), 743-746. Vaughan, P.R. et al. (1985): *Proc. 11th Int. Conf. Soil Mech.*, San Francisco, 1-7. 矢田部ら (1991): 土木学会論文集, No.436/III-16, 93-101. 吉永ら (1984): 日本土壤肥科学雑誌, 55 (3), 248-256. 和田 (1966): 日本土壤肥科学雑誌, 37 (1), 9-17.

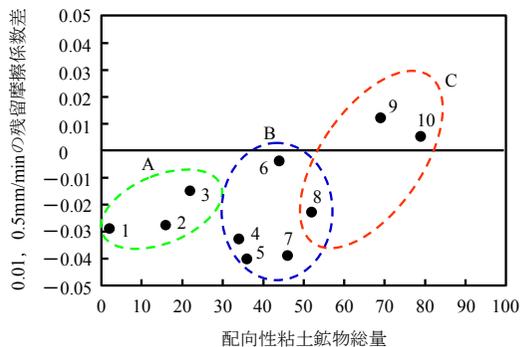


Fig.1 0.01 と 0.5mm/min の摩擦係数差と配向性粘土鉱物 (St, Vt, Ch, Mc) 総量の関係

Variation in numerical difference of residual friction coefficient of 0.01 and 0.5 mm/min as total content of the platy layer silicate minerals (St, Vt, Ch, Mc).

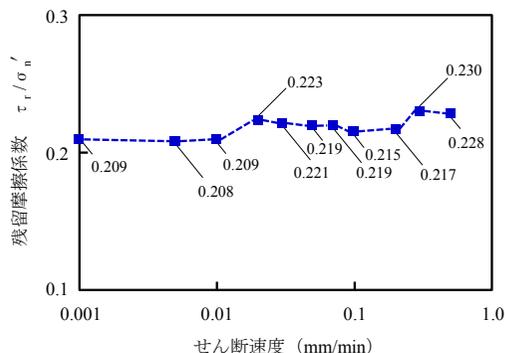


Fig.2 中之条試料の残留摩擦係数とせん断速度の関係
Relationship between residual friction coefficient and shear rate for Nakanojo soil sample

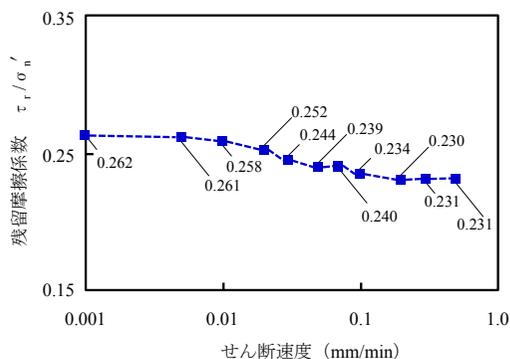


Fig.3 西原試料の残留摩擦係数とせん断速度の関係
Relationship between residual friction coefficient and shear rate for Nishihara soil sample