

地すべり土の物理的・鉱物学的性質と完全軟化強度との関係

Relationship between Physical and Mineralogical Properties of Landslide Soils and Their Fully Softened Shear Strength

○中村真也, 木村匠

Shinya NAKAMURA, Sho KIMURA

1. はじめに

地すべりの初生時には、不攪乱ピーク強度や完全軟化強度が主に関与するとされている。特に、強い風化を受けた土砂から構成される自然斜面や、盛土などの人工斜面においては、完全軟化強度(ϕ_{fs})が支配的な役割を果たすと考えられる。 ϕ_{fs} は、過圧密やエイジングといったせん断抵抗力を高める要因が失われた状態、すなわち完全に軟化した土のせん断強度として定義されており、塑性指数(PI)、液性限界(LL)、粗粒分(FC)および有効垂直応力(σ'_n)を組み合わせた評価手法が提案されている(Castellanos *et al.*, 2016 ; Eid *et al.*, 2017)。一方で、正規圧密完了後の土粒子の配列や配向は、 σ'_n に加えて、土の物理的・鉱物学的性質に大きく依存すると考えられる。そのため、鉱物学的性質は ϕ_{fs} の大小を決定する上で重要な要因の一つであると推察されるが、既往の研究においては、鉱物組成と ϕ_{fs} との定量的関係は十分に解明されていない(Stark *et al.*, 2020)。

本研究では、異なる地質条件下で発生した地すべりにより得られた土試料を対象に、物理試験、鉱物分析、ならびにリングせん断試験を実施した。その結果をもとに、鉱物学的性質と ϕ_{fs} との関係性を整理し、 ϕ_{fs} の推定に資する知見を得ることを目的とした。

2. 試料と分析方法

地質および土質条件の異なる 13 種類の地すべり土を試料として用い、物理的・鉱物学的指標(CF, Silt, Sand, PI, LL, PL, St, Ch, Mc, Fd, Qz, Oth)と、リングせん断試験によって得られた ϕ_{fs} との関係について検討を行った。具体的には、各指標と ϕ_{fs} との相関分析を実施するとともに、得られた関係式の汎用性を評価するため、交差検証(cross-validation)による精度検討を行った。また、鉱物学的性質については、定方位 X 線回折法(Egashira *et al.*, 2000)を用いて定量的に把握した。

3. 物理的・鉱物学的指標による ϕ_{fs} の推定

ϕ_{fs} に対する物理的・鉱物学的指標の相対的重要度を、正規化により評価した結果、負の値を示す配向性粘土鉱物の総量(PLSM)が最も高い重要度を示した。これらが多くなると ϕ_{fs} が小さくなる関係がある。また、石英 Qz の重要度も高めであることが分かった。Qz が多くなると ϕ_{fs} が大きくなる。一方で、物理的指標の重要度は相対的に低く、この傾向は既往の報告(中村・木村, 2024)とも一致している。

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

キーワード：試験装置開発, 圧縮強度, 透水性, 電気抵抗

ϕ_{fs} と各指標との相関については、PLSM, St, Qz との単回帰分析において、決定係数 (R^2) および二乗平均平方根誤差 (RMSE) はそれぞれ、PLSM で 0.7910 および 2.146, St で 0.7787 および 2.208, Qz で 0.6907 および 2.611 となった (Fig.1 ~ 3). 特に PLSM および St については、単独の指標であっても ϕ_{fs} との良好な相関関係が認められ、これらを用いた ϕ_{fs} の推定が有効であることが示唆された。なお、本分析では、物理的および鉱物学的指標間の相対的関係を明確にすることを目的として、すべての指標について測定値が得られている試料に限定して検討を行った。今後は、St 以外の強度低減指標

(たとえば Vt) を含む試料も加えて分析を追加することで、PLSM と St との相関性の違いやその意義がより明瞭になると考えられる。

本研究は JSPS 科研費 JP23K23725 および JP22K19228 の助成を一部に受けて実施された。

参考文献 Castellanos *et al.* (2016) *Geotechnical Testing Journal*, 39(4), 568–581. Egashira *et al.* (2000) *Clay Science* 11(2), 107–113. Eid *et al.* (2017) *Int. Journal of Geomechanics*, 17(1), 04016023. 中村・木村 (2024) 令和 6 年度農業農村工学会九州沖縄支部大会講演要旨集, 114-115, 福岡市. Stark & Fernandez (2020) *Geotechnical Testing Journal*, 43(5), 1201-1215.

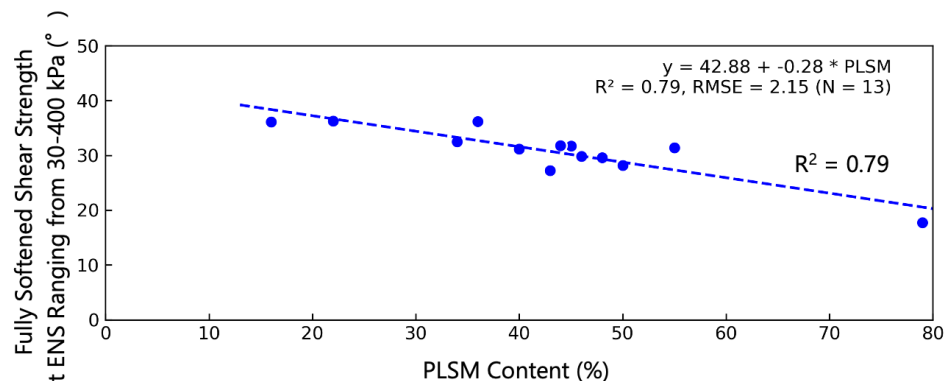


Fig.1 Correlation of the total content of PLSM and fully softened strength at effective normal stresses ranging from 30–400 kPa.

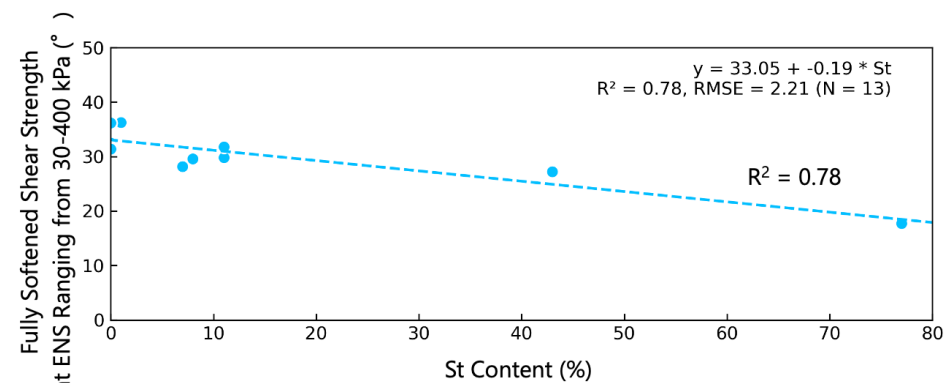


Fig.2 Correlation of the content of St and fully softened strength at effective normal stresses ranging from 30–400 kPa.

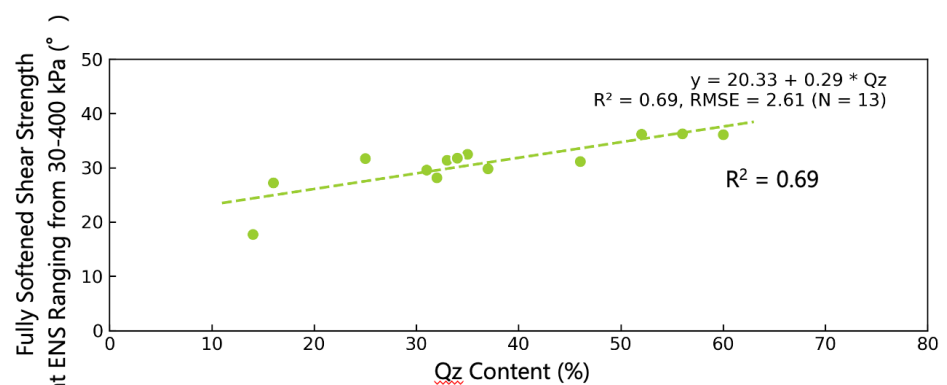


Fig.3 Correlation of the content of Qz and fully softened strength at effective normal stresses ranging from 30–400 kPa.