

石こう混じりまさ土の一軸圧縮強度と石こう混合率の関係 –サクシオンを考慮した検討–

神戸大学大学院 学生員 ○竹内 信, 川尻峻三
 神戸大学大学院 正会員 澁谷 啓, 鳥居宣之
 ダイヤコンサルタント 正会員 荒木繁幸, 鏡原聖史
 函館工業高等専門学校 正会員 片岡沙都紀

1. はじめに

梅雨前線の活発化, また台風襲来に伴う集中豪雨によって毎年多数の斜面崩壊が発生しており, 花崗岩が分布している地域では特にその発生頻度が高いことが報告されている¹⁾. このような花崗岩地域での斜面崩壊による被害を防ぐためには, 花崗岩の風化残積土であるまさ土の強度特性を取り入れた斜面安定解析手法により斜面の安定性を評価する必要がある. そのためには, まさ土の強度特性を詳細に把握することが重要となるが, まさ土は土粒子同士が互いに結合した構造(以下, 骨格構造とする)を有しているため, 正確な強度特性を得るためには不攪乱試料を採取して試験を行う必要がある. しかしながら, 不攪乱試料は採取時の乱れによる影響が大きいことから, 筆者らはこれまで不攪乱まさ土を模擬した石こう混じりまさ土供試体を作製して検討を行ってきた^{例えば2)}. 本報では, 光学顕微鏡を用いて石こう混じりまさ土試料と不攪乱まさ土試料の断面の拡大画像を撮影し, 両者の比較を行うとともに, 石こう混じりまさ土に対して一軸圧縮試験を実施し, 無拘束圧状態でのサクシオンの測定結果を用いて整理することで, より詳細に石こう混じりまさ土の強度特性を検討した.

2. 試料及び供試体

試験に用いた試料は兵庫県六甲山系内の青谷試験地で沖村・田中³⁾が定義した層区分で, すべり面となる可能性が高い B-C 層から採取したまさ土の 2mm ふり通過分 ($\rho_s=2.720\text{g/cm}^3$) である. 図 1 に試料の粒径加積曲線を, 表 1 に物理試験結果を示す. 採取した試料は, 乱れを統一するため高さ 1.5m から 30 回落下させ, 2mm ふり通過分を試験に用いた. 供試体は直径 5cm, 高さ 10cm とし, まず石こうとまさ土をモールド内で混合し, 自然状態での乾燥密度 $\rho_d=1.5\text{g/cm}^3$ となるよう静的に締固めて石こう混じりまさ土供試体を作製した. なお, 締固め後石こうの水和反応を促進させるためにモールドごと一時間水浸させ, 供試体が自立する程度まで乾燥した段階でモールドを取り外し $w_n=10.8\%$ になるまで乾燥させたものを試験に使用した. なお, 石こうを混合していない供試体に関してはこの水浸過程は省略している. また, 石こう混合率の違いが風化程度に対応すると考え, 石こう混合率の異なる 4 種類の供試体(土粒子重量の 0, 2, 4, 6%)を作製して試験を行った.

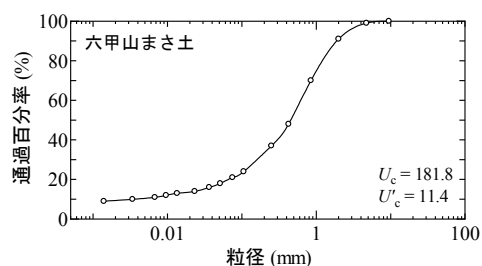


図 1 採取した試料の粒径加積曲線

表 1 物理試験結果

湿潤密度, ρ (g/cm ³)	1.681
乾燥密度, ρ_d (g/cm ³)	1.503
土粒子密度, ρ_s (g/cm ³)	2.720
自然含水比, w_n (%)	10.8
間隙比, e	0.794
飽和度, S_r (%)	37.0

3. 光学顕微鏡を用いて撮影した供試体断面の拡大画像

光学顕微鏡を用いて撮影した石こう混じりまさ土試料の断面拡大画像を写真 1 に, 不攪乱まさ土試料の断面拡大画像を写真 2 に示す.



(a) 石こう混合率 2%



(b) 石こう混合率 4%



(c) 石こう混合率 6%

写真 1 石こう混じりまさ土試料の断面拡大画像



写真 2 不攪乱まさ土試料の断面拡大画像

キーワード まさ土, 一軸圧縮試験, サクシオン

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 TEL:078-803-6431 FAX : 078-803-6431

写真 1 及び写真 2 より、攪乱まき土試料に石こうを混合することで細粒分が団粒化し、土粒子同士が結合していることがわかる。このことから、石こう混じりまき土は骨格構造を有する不攪乱まき土と同様に粒子のかみ合わせの構造が出来ていると思われる。しかし、攪乱によって各鉱物の結晶は細かく破壊しており、石こうによって細粒分が団粒化しても不攪乱まき土のような結晶構造は完全には再現出来ていない。また、試験結果には当然ながら石こう自体の強度特性や変形特性が反映されることから、石こう混じりまき土の試験結果の絶対値を不攪乱まき土の値として考えることは困難であるが、骨格構造を有する不攪乱まき土の特性の推測を目的として使用する上では、簡易に製作が可能なおからも有用といえる。

4. 試験条件

一軸圧縮試験の試験装置には、澁谷ら⁴⁾の開発した高精度デジタルサーボモーターを利用した多機能三軸試験装置を用いた。また西田ら⁵⁾は、無拘束圧状態でのサクシオンが自然堆積粘土のサンプリング試料の乱れの評価に適用可能と報告していることから、石こう混じりまき土試料でもサクシオンを考慮して一軸試験結果を整理することばらつきを考慮した評価が可能ではないかと考え、無拘束圧状態でのサクシオンも西田ら⁵⁾と同様の方法で測定を行った。試験手順は以下に示す。まず作製した供試体の無拘束圧状態でのサクシオンを測定し、その後同一の供試体を用いてひずみ速度 1%/min で一軸圧縮試験を実施した。

5. 試験結果と考察

一軸圧縮強度 q_u - 石こう混合率 M_r 関係を図 2 に示す。図 2 より、石こう混合量の増加に従い一軸圧縮強度も増加しており、石こう混合率が高いほど土粒子間の結合力も増加していると推測できる。このことは、石こうの混合量で風化程度を表現できる可能性を示していると考えられる。しかしながら、石こう混じりまき土供試体では、同じ石こう混合率でも一軸圧縮強度にばらつきがみられた。このばらつきは、石こう混じりまき土供試体作製時の乱れや水浸過程を経ることで生じる水分状態の差異に起因していると考えられる。そのため、西田ら⁵⁾を参考にサクシオンを供試体の状態の評価指標として取り入れてさらに検討を行った。ここで、一軸圧縮強度 q_u - サクシオン s 関係を図 3 に示す。図 3 より、サクシオンの増加に伴い一軸圧縮強度も増加していることがわかる。このことは、これまで結果にばらつきがあるとされてきた不攪乱まき土の一軸圧縮試験結果にサクシオンを考慮することで、すべり面上のまき土の強度を精度良く評価できる可能性を示唆している。

今後は、様々な風化程度の不攪乱まき土試料を採取して同様の試験を行い、不攪乱試料でも同様の傾向が得られるかを検討していく予定である。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、ご協力・ご助言をいただきました北見工業大学教授 山下聡先生、同校技術職員 平田広昭氏に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 寺山崇ら：不連続面に起因した斜面 崩壊とそのせん断強度，山口大学工学部研究報告，Vol.52，No.2，pp.77-86，2007。
- 2) 鳥居宜之ら：地震後の降雨による斜面崩壊発生機構に関する実験的検討，土木学会論文集 C，Vol.63，No.1，pp.140-149，2007。
- 3) 沖村孝，田中茂：一試験地における風化花こう岩斜面の土層構造と崩壊発生深さに関する研究，新砂防，Vol.116，pp.7-16，1980。
- 4) 澁谷啓ら：高精度デジタルサーボモーターを利用した多機能三軸試験装置，地質と調査，No.1，pp.48-57，1996。
- 5) 西田浩太ら：サクシオンおよびベンダーエレメント試験による自然堆積粘土試料の品質評価，土木学会論文集 C，Vol.63，No.4，pp.981-992，2007。

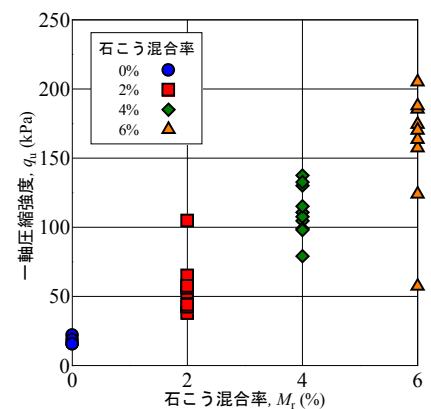


図 2 一軸強度 q_u - 石こう混合率 M_r 関係

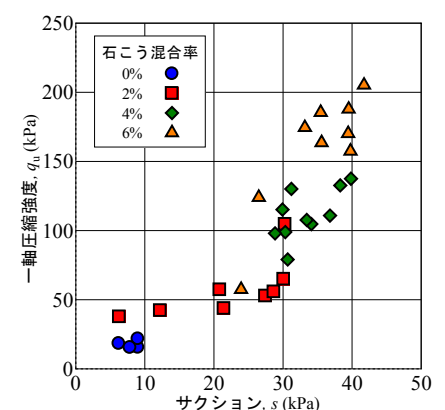


図 3 一軸強度 q_u - サクシオン s 関係