

不攪乱まさ土の強度定数の決定法

呉工業高等専門学校 正会員 森脇 武夫
 呉工業高等専門学校 学生会員 ○貫目 美智恵

1. はじめに 斜面崩壊の予測法として様々な解析手法が提案されているが、解析精度の向上のためにはとりわけ強度定数の設定が重要な問題となる。一般的に強度定数を求めるのに用いられる三軸試験では、通常攪乱状態で採取した試料を締め固めて使用される。しかし、中国、近畿地方に多く分布するまさ土とよばれる風化花崗岩は、自然状態の場合、母岩の構造を残しつつ風化しているため、攪乱締め固め試料とは異なった強度特性を示す。そのため本研究では自然の粒子構造でのまさ土の実験を行うために、粒子構造が破壊されていない不攪乱試料と、不攪乱試料と密度が等しくなるように締め固めた攪乱試料を比較し、不攪乱まさ土の強度特性を検討する。そして、本研究では表層斜面破壊に対する強度特性を求めるために、通常行われる三軸圧縮試験と、降雨時の有効応力を失って破壊するときの強度を求めることができる三軸膨張試験の二種類を用い比較した。

2. 試験方法 今回使用した試料は呉市休山大入地区のまさ土で、 $G_s=2.59$ 、 $\rho_d=1.230 \text{ g/cm}^3$ 、 $w_n=17.09\%$ である。不攪乱試料の採取にはネイルサンプリング法を使用し、試料作成には凍結法を採用した。供試体寸法は $\phi 50 \times h 100 \text{ mm}$ とする。そして、試験法は斜面崩壊が起こるときの間隙水圧の上昇を考慮した応力状態を三軸試験によって再現する CD 膨張試験（間隙水圧増加試験）¹⁾と、一般的な三軸 CD 圧縮試験の二種類を用いた。

3. 実験結果と考察 $\varepsilon_a=15\%$ はまさ土においては十分大きなひずみであるため、軸ひずみ 15%を破壊点と定義する。よって、以下、強度定数を求めるための図をまとめるときには軸ひずみ 15%までの値で整理した。

(a) CD 圧縮試験 図1に不攪乱試料に対するCD圧縮試験で得られた主応力差～軸ひずみ関係を示す。図より、主応力差と軸ひずみ関係は共にひずみ硬化型を示し、同じ軸ひずみによる主応力差は拘束圧が大きいほど大きくなる。また、主応力差と軸ひずみ関係は拘束圧の違いにかかわらず、類似した形状であることが分かる。また、図は省略するが攪乱試料においても同様のことがいえ、類似した値と形状を示した。次に体積ひずみ～軸ひずみ曲線を攪乱状態は図2に、不攪乱状態は図3に示す。体積ひずみ～軸ひずみ曲線は拘束圧および試料の違いにかかわらず、不攪乱の試料も類似した値と形状となることが分かる。しかし、最大体積ひずみは不攪乱状態のほうが若干大きくなっている。これは、まさ土特有の複雑な風化状態による粒子の組織構造の違いによるものと思われる。またCD圧縮試験の場合は正の体積ひずみ（圧縮）方向にひずみが増加する傾向にある。

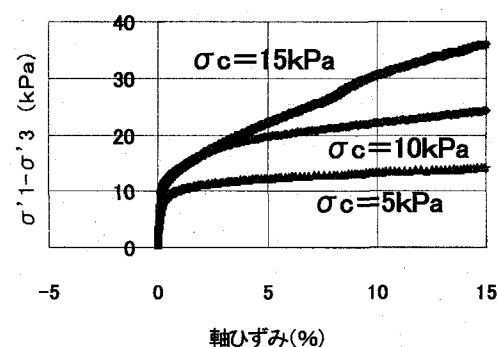


図1 不攪乱主応力差～ひずみ関係図

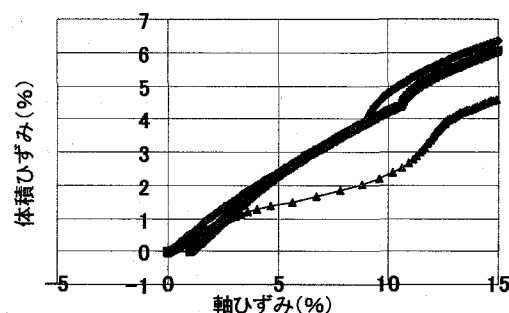


図2 攪乱体積ひずみ～軸ひずみ関係図

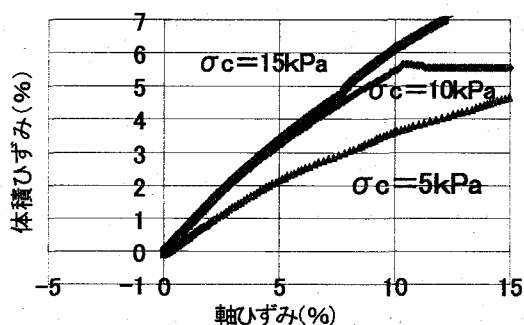


図3 不攪乱体積ひずみ～軸ひずみ関係図

(b) CD 膨張試験 不攪乱試料に対するCD膨張試験（間隙水圧増加試験）における主応力差～軸ひず

み関係を図4に示す。攪乱試料に対する図は省略するが、CD圧縮試験の場合と同様、攪乱、不攪乱の試料の違いにより値および形状に違いは見られなかった。CD膨張試験（間隙水圧増加試験）における体積ひずみ～軸ひずみの関係を図5と図6に示す。両図より拘束圧が大きいと正の体積ひずみ（圧縮ひずみ）になり、拘束圧が小さいと負の方向（膨張方向）に体積ひずみが増加していることがわかる。

(c) 試料、試験方法が強度定数に及ぼす影響 不攪乱試料と攪乱試料に対するCD圧縮試験とCD膨張試験よりモールの応力円を作成し、内部摩擦角と粘着力を求め、その結果をまとめたものを表1と表2に示す。表1よりまず試験法による内部摩擦角への影響はほぼないことが分かる。しかし、不攪乱試料の方の内部摩擦角が攪乱試料より小さい値を取っていることから通常の三軸試験から得られる内部摩擦角 ϕ は実際の斜面の値より過大に評価しているということができる。次に表2より粘着力 c は攪乱試料においては試験方法に関係せず同じ値が求まることが分かる。しかし、不攪乱試料においてはCD膨張試験の方が大きい値を示しており、試験によって違いがみられた。そして試料の違いによる粘着力の差はCD圧縮、CD膨張において不攪乱試料のほうが大きくなった。よって通常行われている試験方法では粘着力 c を過小に評価していることになる。

4. まとめ

- 1) 主応力と軸ひずみの関係は、不攪乱、攪乱に係わらず類似している。
- 2) 体積ひずみ～軸ひずみの関係は、試験法に係わらず不攪乱の試料のほうが大きい値をとり、CD圧縮試験は常に負のダイレンタンシー方向に体積ひずみが生じる傾向にあり、CD膨張試験では拘束圧が小さい場合は正のダイレンタンシー方向に体積ひずみが生じる傾向にある。
- 3) 内部摩擦角 ϕ は試験方法にあまり左右されず攪乱試料のほうが大きい値をとる。
- 4) 粘着力 c は、不攪乱試料のほうが大きい値をとり、攪乱試料は実験方法にあまり左右されないが、不攪乱試料の場合、CD膨張試験の方が大きい値をとる。

以上のことより、試験法、試料によりまさ土の強度定数は変化することが分かった。そのため、実際の斜面崩壊が起こる時を想定して強度定数を求めたい場合、不攪乱試料を用い降雨時の強度を求めることのできるCD膨張試験を用いることが望ましい。よって今回行った試験より呉市代入地区のまさ土の強度特性は、粘着力 $c=4.1\text{ kPa}$ 、内部摩擦角 $\phi=25^\circ$ と評価できる。

5.参考文献

- 1) 森脇武夫・壬生奈々子：斜面安定解析のための低拘束圧での不攪乱まさ土の強度定数の決定法、土木学会第60回年次学術講演会概要集, p p.2029～1030, 2005.

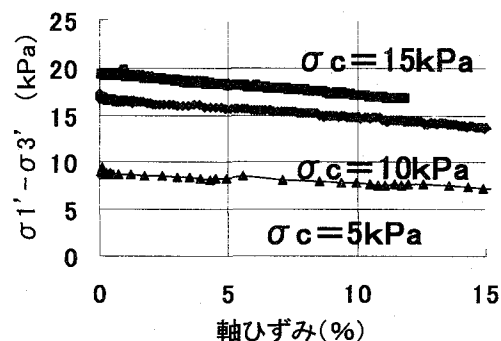


図4 不攪乱主応力差～軸ひずみ関係図

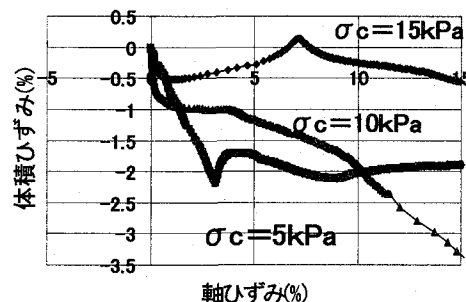


図5 攪乱体積ひずみ～軸ひずみ関係図

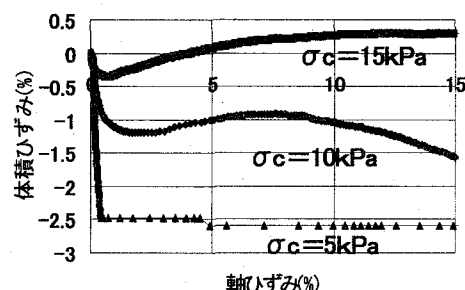


図6 不攪乱体積ひずみ～軸ひずみ関係図

表1 内部摩擦角 ϕ の比較

	CD圧縮 ($^\circ$)	CD膨張 ($^\circ$)
攪乱試料	30	30
不攪乱試料	26	25

表2 粘着力 c の比較

	CD圧縮 (kPa)	CD膨張 (kPa)
攪乱試料	3	3.2
不攪乱試料	3.5	4.1