

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（その2）

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

斜面の安定解析を精度良く行うためには、斜面を構成している土の強度定数を正確に求める必要がある。一般的に土の強度定数は三軸試験で求められることが多く、この場合は拘束圧一定で軸方向応力を増加させることでせん断応力を増加させて強度特性を求めることが多い。しかし、実際のまさ土斜面が降雨を受ける場合は、拘束圧が小さな状態で、せん断応力が一定のもとで間隙水圧が増加し、せん断抵抗が減少することによって破壊が起こっている。そこで本研究では、低拘束圧のもとで降雨に伴う間隙水圧の上昇によって有効応力が減少し、せん断抵抗が減少することによって作用せん断応力が一定のもとで破壊が起きる現象を再現する間隙水圧増加

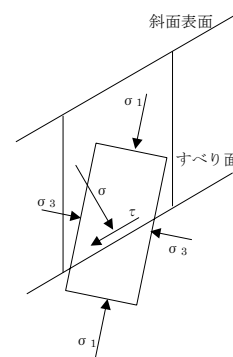


図1 斜面応力状態

試験¹⁾を不攪乱試料と攪乱締固め試料に対して実施した。その結果と通常の三軸圧縮試験によって得られる強度特性とを比較し、表層斜面の安定解析を行うための強度特性を求める試験方法について検討する。

2. 試験方法

試料は呉市休山大入地区で採取した不攪乱試料 ($G_s=2.587$, $\rho_t=1.385\text{g/cm}^3$, $w_n=16.0\%$, $e_0=1.172$) と、それを同程度の間隙比になるように攪乱して締固めた試料である。不攪乱試料の採取はネイルサンプリング法で行い、 -30°C の冷凍庫で保存した。供試体作成は凍結法で行い、供試体寸法は $\phi 50 \times h 100\text{mm}$ である。試験は圧密排水 (CD) 三軸圧縮試験の他に、図1に示す実際の斜面崩壊が起こるときの応力状態を三軸試験で再現し、せん断応力が作用した状態 ($\sigma_3 < \sigma_1$) で間隙水圧を上昇させる試験 (間隙水圧増加試験) を実施した。現地の応力比は $K = \sigma_3 / \sigma_1 < K_0$ の状態にあると推定できるが、 K を小さくすると少しの応力変化によって破壊が起きて試験が難しいため、本研究では間隙水圧増加試験の試験開始時の応力比を $K = K_0 \div 0.5$ と仮定し、間隙水圧増加速度は $\Delta u / \Delta t = 0.05\text{kPa/min}$ とした。

3. 試験結果と考察

CD 圧縮試験における主応力差～軸ひずみ、体積ひずみ～軸ひずみおよび応力経路を図2～4に示す。図2より、応力～ひずみ関係は、試料および拘束圧の違いに拘らずひずみ硬化型の類似した形状を示し、同じ軸ひずみにおける主応力差は拘束圧とともに大きくなっていることが分かる。図3より、不攪乱および攪乱試料とも軸圧縮過程の初期から正の体積ひずみ、すなわ

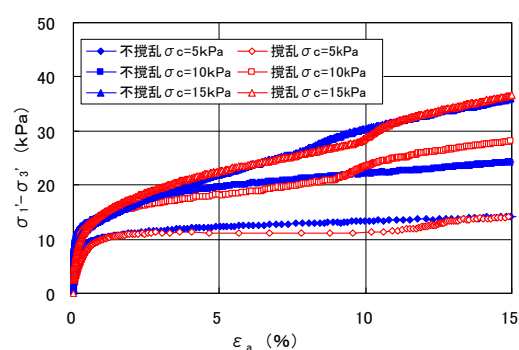


図2 圧縮試験の主応力差～軸ひずみ

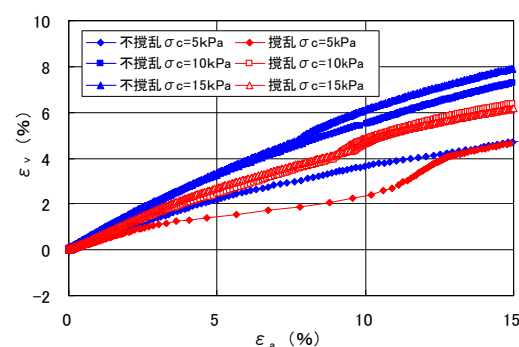


図3 圧縮試験の体積ひずみ～軸ひずみ

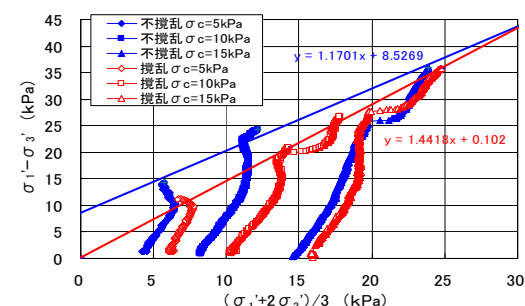


図4 圧縮試験の応力経路

キーワード：強度定数，まさ土，斜面安定，三軸試験，低拘束圧，不攪乱試料

連絡先：呉市阿賀南2-2-11，電話・Fax：0823-73-8478

ち負のダイレイタンスが生じており、試料は比較的緩い状態であることが分かる。また、体積ひずみと軸ひずみの関係はそれぞれの試料において拘束圧の違いにかかわらず、 $\sigma_c = 5 \text{ kPa}$ を除いてほぼ一致していることが分かる。また、同じ軸ひずみにおける体積ひずみは、不攪乱試料の方が大きくなっており、不攪乱試料の方がより圧縮性の高い状態であることが分かる。図4の応力経路は軸ひずみが15%までのものであり、図中に示した破壊線（CSL）は軸ひずみが15%の点に対して最小二乗法を適用して決定したものである。この図より、不攪乱試料と攪乱試料の破壊線は大きく異なり、不攪乱試料の内部摩擦角は攪乱試料より小さいものの、粘着力の大きいことがわかる。

間隙水圧増加試験（膨張試験）における主応力差～軸ひずみ、体積ひずみ～軸ひずみおよび応力経路を図5～7に示す。図5において主応力差が徐々に低下しているのは、本試験ではセル圧と軸荷重を一定としているため、軸圧縮の進行に伴って供試体の断面積が増加するため、半径方向応力が一定でも軸方向応力が減少するためである。図6より、間隙水圧の上昇に伴って、軸方向には圧縮するが、体積ひずみは当初負となり、半径方向には膨張していることが分かる。その後、拘束圧が小さい場合は負の体積ひずみが増加し続けるが、拘束圧が大きくなると圧縮方向に反転していることが分かる。また、拘束圧が大きくなると不攪乱試料と攪乱試料の違いは小さくなるが、拘束圧が小さい範囲では不攪乱試料の方が膨張し易いことが分かる。図7に軸ひずみが15%までの応力経路と破壊線を示す。この図より、間隙水圧増加試験においても不攪乱試料と攪乱試料の破壊線は異なり、不攪乱試料の内部摩擦角は攪乱試料より小さくなることがわかる。

図4と7で示した不攪乱試料と攪乱試料に対するCD圧縮試験と間隙水圧増加試験（膨張試験）の破壊線から粘着力 c と内部摩擦角 ϕ を求めたものが表1と2である。表1より不攪乱試料の粘着力 c は試験方法によらずほぼ同じ値が求まることが分かる。しかし、攪乱試料においては試験方法によって違いがみられ、CD圧縮試験では $c=0$ となった。したがって、通常行われている攪乱試料を用いた試験では粘着力 c を過小評価していることが分かる。また、表2よりまず試験法による内部摩擦角の違いはほぼないことが分かる。しかし、攪乱試料の内部摩擦角は不攪乱試料より大きな値となっていることから、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評価していることができる。

4. まとめ

以上より、試験法、試料の状態によってまさ土の強度定数は異なる値を示すことが明らかとなった。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は、不攪乱試料を用い、降雨時の強度を求めることのできる間隙水圧増加試験を行うことが望ましい。

<参考文献>

- 1) 森脇武夫・壬生菜奈子：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，第60回土木学会年次学術講演会概要集，第3部門，pp.2029-2030，2005。

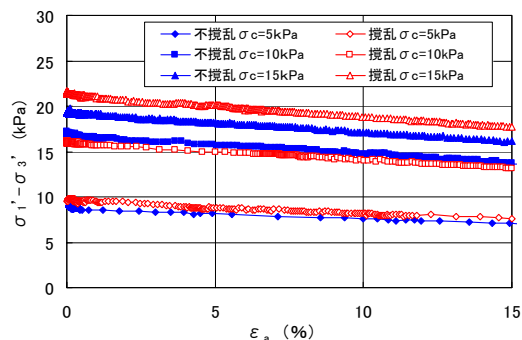


図5 膨張試験の応力～軸ひずみ

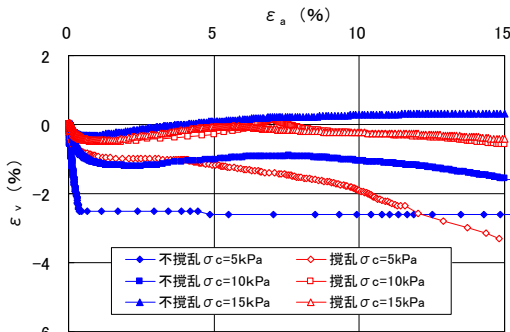


図6 膨張試験の体積ひずみ～軸ひずみ

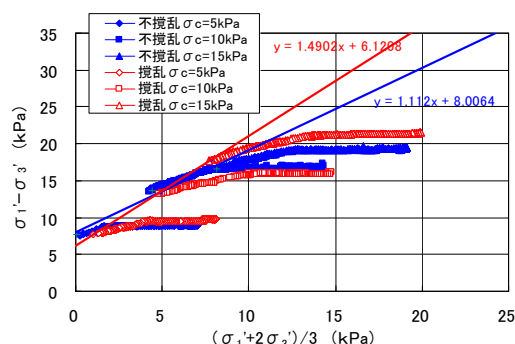


図7 膨張試験の応力経路

表1 粘着力 c

(kPa)	圧縮	膨張
不攪乱	4.3	4.0
攪乱	0	3.1

表2 内部摩擦角 ϕ

(°)	圧縮	膨張
不攪乱	29.3	28.0
攪乱	35.5	36.6