

サクシジョンの違いに着目した乱さないしらすのせん断特性

山口大学工学部
九州大学工学部
NIT
山口大学大学院

正 員 村田秀一 兵動正幸
正 員 安福規之
正 員 梶原佳幸
学生員 ○合澤真喜

まえがき “しらす”は南九州に広く分布し、そのしらす斜面では毎年のように大規模な豪雨災害が報告されている。中でも1993年に起こった豪雨による大規模な斜面崩壊は記憶に新しい。本報は、斜面安定問題を検討する第一歩として乱さない状態でしらす試料を採取し、そのせん断特性を不飽和土特有のパラメーターであるサクシジョンに着目して検討するものである。

試料採取方法及び試料の性質 試料は鹿児島県始良郡隼人町にて村田らの提案した釘打ち込み法¹⁾によって採取した乱さない始良しらすである。ブロックサンプルを室内に搬入し凍結後、液化窒素ガスとコアビット及びディスクカッターを併用して乱さないしらす供試体(H=10cm,φ=5cm)を作成した。表-1には作成した供試体の指数的性質を示す。原位置における自然含水比状態での乱さないしらすの山中式土壌硬度計による指標硬度は約26mmであり、土質工学会基準では中硬質のふつうしらすに属する。また、自然含水比状態でのサクシジョンは計測の結果17kPaであった。

実験方法 二重セル型の不飽和土用三軸試験機に供試体をセットし、平均主応力を載荷後サクシジョンを載荷するという応力経路で等方的に圧縮を行い、側圧一定・ひずみ制御(ひずみ速度0.005%/min)でせん断を行った。なお自然含水比状態の供試体に対してはサクシジョンの載荷及び水の供給は行っていない。本試験装置は任意の応力経路による実験が可能であり、コンピューターによる自動制御・計測が可能なもの²⁾である。

実験結果と考察 実験結果の代表的な例として、拘束圧50kPaにおける種々のサクシジョン状態の応力ひずみ関係を示したものが図-1である。この図から、①応力比に明確なピークが存在しその値はサクシジョンに依存して大きくなること、②ピークを示した後ひずみ軟化挙動を示すこと、③Su=50kPaまではサクシジョンが大きいほど正のダイレタンシーが顕著になるが、Su=100kPaでは逆に圧縮性が増してくることなどがわかる。これらの挙動は他の拘束圧の場合の応力ひずみ関係においても見られる傾向であった。

図-2は図-1のひずみ軟化挙動に着目し、拘束圧とぜい性指数の関係をサクシジョンをパラメーターに表したものである。ぜい性指数とはひずみ硬化軟化挙動の程度を示す指標で、次式で定義される。

$$I_B = 1 - \frac{q_r}{q_f} \dots \dots (1)$$

(q_f:破壊時の軸差応力、q_r:残留時の軸差応力)

ぜい性指数は、その値が1に近いほどひずみ軟化は著しく、またぜい性指数が0に近いほど軟化が生じないことを意味している。図-2より拘束圧が増加するに従って総じてぜい性指数は低下する傾向が認められる。また50kPa以下の比較的低拘束圧下ではサクシジョンによらずぜい性指数はほぼ一定値を示しているが、拘束圧が200kPaに達するとサクシジョンの大きなものほどぜい性指数は小さくなるという明確なサクシジョン依存性が現れることが認め

表-1 試料の指数的性質

G _s	2.420	
D ₅₀	0.28	
U _c	32.14	
w(%)	16.89	
e	0.848	
γ (g/cm ³)	1.564	
S _r (%)	48.20	
粒 度 組 成	礫分	4%
	砂分	76%
	シルト分	12%
	粘土以下	8%

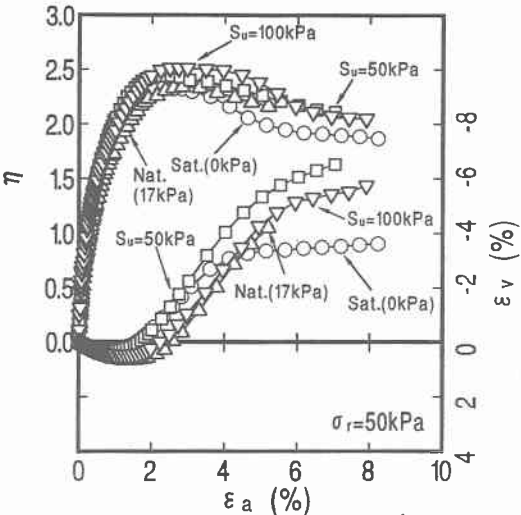


図-1 代表的な応力比-ひずみ関係

られる。このことから、乱さないしらすでは拘束圧が大きくなると、固結効果、かみ合わせ効果等による構造の効果が軽減される一方でサクシジョンの効果が卓越し、サクシジョンの増加に伴い軟化しにくくなるという傾向になっていくことがわかる。

図-3 は破壊時の軸差応力とサクシジョンの関係を拘束圧をパラメーターに示したものである。この図から、低い拘束圧ではサクシジョンが増加してもさほど破壊時の軸差応力には変化は起こらないが、拘束圧が増加するに従ってサクシジョンの効果が顕著となり、破壊時の軸差応力が増大していく傾向にあることがわかる。

図-4 は強度増加率 R_s とサクシジョンの関係を拘束圧をパラメーターに示したものである。強度増加率とは次式で定義され、サクシジョンの強度寄与率を表す。

$$R_s = \frac{q_{f.Su} - q_{f.Sat}}{q_{f.Su}} \times 100(\%) \quad \dots (2)$$

($q_{f.Su}$: サクシジョン載荷された供試体の破壊時の軸差応力)
($q_{f.Sat}$: 飽和供試体の破壊時の軸差応力)

強度増加率 R_s が 0 のときはサクシジョンによって強度が増加せず、強度増加率 R_s が 100(%) のときは強度の増加がすべてサクシジョンによって受け持たれていると解釈できる。自然含水比状態付近では、強度増加率には明確なサクシジョンの依存性が確認できるがサクシジョンの増加に伴い、強度増加率は一定値に収束する傾向にあることがわかる。また拘束圧が 200kPa では、自然含水比状態付近においてサクシジョンの増大による強度増加率の増大が顕著であるが、拘束圧が 50kPa ではサクシジョンが 50kPa 付近において顕著である。比較的高い拘束圧では固結効果、インターロッキング効果等の構造の効果が軽減され、比較的小さなサクシジョンでも強度は明確に増大する。それに対し、比較的低い拘束圧では堅固な構造が供試体内に存在し、高いサクシジョンを載荷しない限り強度に対する影響が明確にならないものと考えられる。しかしながら、サクシジョン増加に伴い強度が一定値に収束するのはサクシジョンの効果の限界を示すものであると考えられる。

あとがき サクシジョンの効果は、乱さない土の堅固な構造が存在する場合はそれに打ち消されあまり明確ではない。しかしながら拘束圧の増加による構造の破壊によってその影響度は徐々に明確になっていくことが明らかとなった。今後は拘束圧とサクシジョンの効果の相互作用について定量的に検討する必要があるものと思われる。

【参考文献】1)村田ら 乱さない土のせん断強度特性,第 19 回土質工学研究発表会講演概要集_2-1,pp497-498,1984 2)安福,梶原ら:サクシジョンを制御できる不飽和土用三軸試験機の試作とその適用,第 45 回土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集,pp424-425,1993

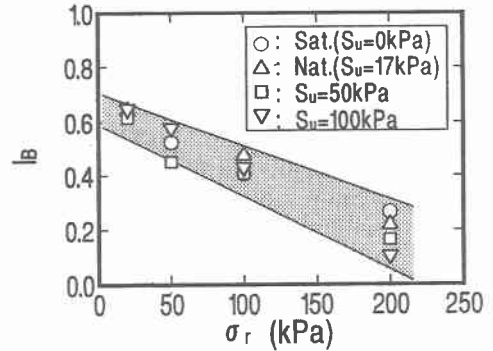


図-2 サクシジョンとぜい性指数の関係

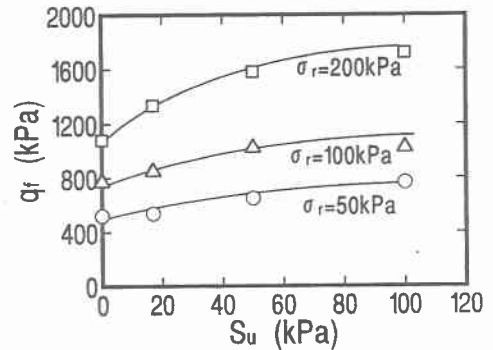


図-3 サクシジョンと破壊時の軸差応力の関係

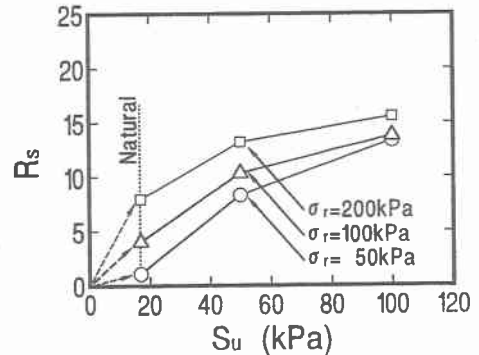


図-4 強度増加率とサクシジョンの関係