

乱さないシラスの変形・強度特性の異方性

鹿児島大学工学部 春山元寿・北村良介・城本一義
山佐産業(株) 鳩宿晴夫

1. はじめに シラスは鮮新世から更新世にかけての火山噴出物の陸上及び水中における堆積物である。えびの・吉松地区に分布する加久藤層群はシラスを構成メンバーとしており、古加久藤湖の湖成堆積物とされている。陸上堆積シラスが大小の軽石礫を含み、粒度分布が良いのに反して、水中堆積のこのシラスは粒径がそろっている。また、このシラスは1988年のえびの・吉松地震時に大崩壊を起こした。地盤は粒子形状や堆積様式によって構造異方性を持つものが多い。筆者らは、さきに水槽内で堆積させたシラスが異方的な変形・強度特性を持つことを明らかにした¹⁾。この結果はシラス母材の沖積層や埋立地盤にも適用されるであろう。また、加久藤層群の一次シラスにおいても異方的挙動が予測されたので、三軸圧縮試験により変形・強度特性を検討した。

2. 試料・試験方法 試料は宮崎県えびの市柳水流地内で採取した昌明寺層に属する乱さないシラスである。内径5 cm、長さ15 cmの真ちゅう製の薄肉円筒をシラス層に徐々に打ち込んで採取した試料から、長さ10 cmを削り出して供試体とした。採取は地層の向きの一定方向から図-1に示すように供試体の軸方向が鉛直に対して、 $\theta = 0^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ 及び 90° となるように行った。粒度組成は礫分1%, 砂分69%, シルト分21%及び粘土分9%である。土粒子比重は2.365, 間隙比は1.35~1.45, 含水比は20~23%, 地山の硬度は27~28 mmである。さらに地層は西へ向って約 20° 傾斜している。試験方法は自然含水状態(不飽和)における圧密排水三軸圧縮試験である。軸ひずみ、軸差応力及び体積変化を拘束圧 0.5 kgf/cm^2 のもとで測定した。

3. 結果・考察 地層の傾斜 $\beta = 20^\circ$ を古加久藤湖における堆積面と考える。 θ は、試験時の最大主応力方向と現地における供試体の鉛直方向のなす角である。ピーク強度時における潜在破壊面の傾斜 α は最大主応力面と $45^\circ + \phi_d/2$ の角度をなす(ここに、 ϕ_d = セン断抵抗角)。 δ は堆積面と潜在破壊面のなす角であり、 $\delta = |\alpha - \theta - \beta|$ により算出される。 α , β , δ 及び θ を概念的に図-2に示す。 $\beta = 0$ なる乱したシラスの実験から、応力・ひずみ曲線及び ϕ_d とも θ によって変化することが明らかになっている¹⁾。乱さないシラスの種々の θ に対する軸差応力 $\sigma_1 - \sigma_3$, 軸ひずみ ϵ_1 及び体積ひずみ v 曲線の代表例を図-3に示す。

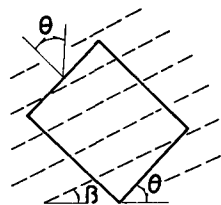


図-1 試料採取法

3.1 変形挙動 供試体の初期構造と応力の作用方向の関係から強度・変形挙動は異なるものとなり、これは粒子のかみ合いが有効に作用しているかどうかに関係する。図-3に見られるように供試体はせん断初期に体積収縮を起こし、その後膨張する。体積収縮はせん断初期の平均主応力の増加による骨格構造の収縮に伴う圧縮であり、膨張はせん断応力の変化による粒子の移動・再配列に伴うダイレイタンスーである。図-3の軸ひずみ・体積ひずみ曲線から、①圧縮量は $\theta = 0^\circ$ と 30° において少なく、 $\theta = 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ において大きい、② $\theta = 30^\circ$ において最も膨張量が大きく、 $\theta = 0^\circ$ がこれに次ぎ、 $\theta = 90^\circ$ において最小の膨張傾向を示すことがわかる。これは、 $\theta = 0^\circ, 30^\circ$ においては粒子配列がせん断方向に強く抵抗するようになっており、 $\theta = 90^\circ$ においては粒子の配向方向がせん断方向に近くなっていることによるものと考えられる。図-3の軸差応力・軸ひずみ曲線によれば、 $\theta = 30^\circ, 0^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ の順に、①ピーク強度が大きい、②ピーク強度時の軸ひずみが小さい、③応力・ひずみ曲線の割線係数が大きいことが言えるであろう。

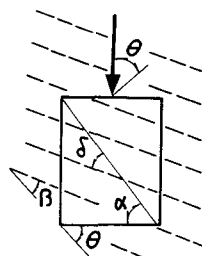


図-2 堆積面(破線)と潜在破壊面(実線)の関係

軸ひずみ・体積ひずみ曲線と軸差
応力・軸ひずみ曲線はよく対応して
いる。すなわち、粒子のかみ合いの
結果、大きな膨張を必要とするもの
ほど、大きなせん断抵抗を發揮して
いる。

3. 2 強度特性

ピーク強度時のせん断抵抗角 ϕ_d と θ の
関係を図-4に示す。同一間隙比の
供試体であるが、 ϕ_d は $\theta = 30^\circ$ で
最大、 $\theta = 90^\circ$ で最小を示し、その
差は約 4.8° である。この差は乱し
たシラスにおける値、約 4.4° とい
うほぼ同じであることは注目される。

$\theta = 30^\circ$ のとき ϕ_d が最大である理
由は、堆積面が地殻変動等により約

20° 傾斜しているためであると考えられる。 θ 、 ϕ_d 、 α 及び δ の値
を表-1に示す。 β の影響を補正して、 ϕ_d を δ にプロットすれば
図-5が得られる。 δ が小さいほど、 ϕ_d は小さい値である。すな
わち δ が大きいほど、粒子のかみ合いが強く、粒子移動に対する抵
抗が大きい。 δ はかみ合いの効果をあらわす一つの指標と考えるこ
とができるであろう。

4. おわりに

三軸圧縮試験結果により水中堆積した乱
さないシラスの異方的挙動が明らかとなった。とくに堆積面の走向
傾斜と試料採取方向との関係が試験結果に影響を及ぼすので、試料
採取時に地層状況の十分な調査を必要とする。地層傾斜が不明の場
合は、一定の方位から採取を行い、試験結果からその傾斜(粒子配
向)を推定することが可能である。一方、ここで試料は打ち込みサ
ンプラーで採取したので、採取時の乱れの影響があると考えられる
が、現在ブロックサンプリングによる削り出し供試体について同様の
試験を行っている。その結果は類似したものである。

表-1

θ°	0	30	45	60	90
ϕ_d°	50.5	51.8	50.0	48.8	47.0
α°	70	71	70	69	68
δ°	50	61	45	29	2

参考文献 1) 春山・北村・小林(1981): しらすのせん断特性に
及ぼす初期粒子構造の影響, 第16回土質工学研究発表会講演集, 545~548.

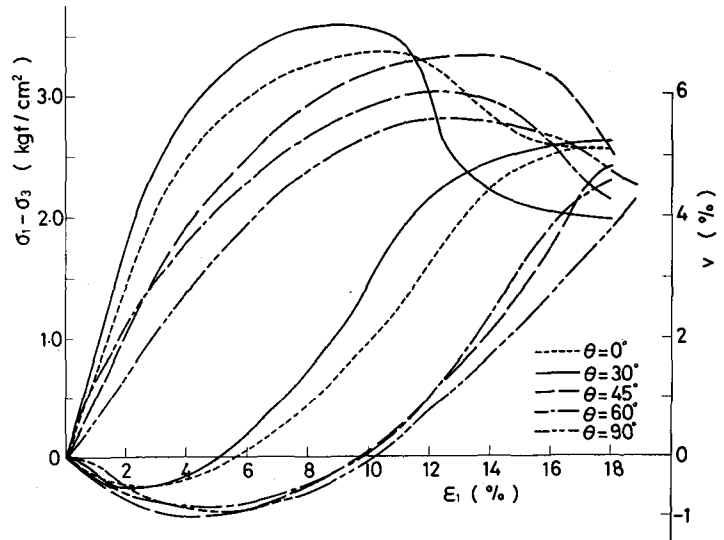


図-3 軸差応力・軸ひずみ・体積ひずみ 曲線

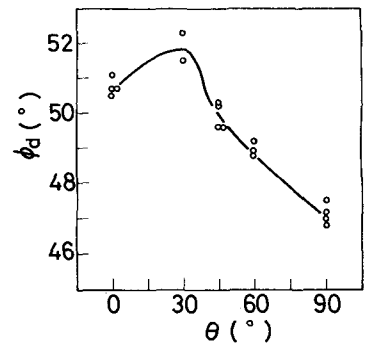


図-4 ϕ_d と θ の関係

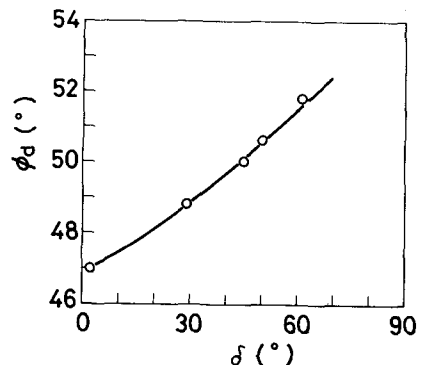


図-5 ϕ_d と δ の関係