

(1. 鹿児島市鴨池町唐湊地区)

鹿児島大学農学部 正員 春山元寿

1. はじめに

筆者はこれまで乱したシラスを用いてシラスのような粒状土のセン断特性を明らかにしてきた(1), (2), (3), ところで, 乱さないシラスの工学的性質は乱したものとかなり異なるものと考えられている。この両状態における工学的性質の違いは成因的な問題にあると考えられるが, 本質的には自然シラス層の強さも粒子間の摩擦強さと構造強さからなると考えられる。乱したシラスと乱さないシラスの間に力学的性質の相違があるとすればその原因は構造強さにあるであろう。本文では乱さないシラスの飽和状態と自然含水状態における排水セン断特性について述べる。

2. 試料, 供試体, および試験方法

試験に用いたシラスは鹿児島市鴨池町唐湊地区で採取したもので, 入戸軽石流の非溶結部と考えられる。供試体の粒度組成は図-1のとおりであり, その均等係数は1.72である。また土粒子の比重(粒径4.76 mm以下)は2.38, 自然状態における平均間ゲキ比1.31, 見かけの密度 1.19 g/cm^3 , 乾燥密度 1.03 g/cm^3 , 含水比15.2%, および飽和度27.6%である。供試体は写真-1に示すように大小の軽石レキを混入しており, その分布の状況は不均一である。供試体の大きさは直径5.0 cm, 高さ12.5 cmである。

拘束圧は $0.5 \sim 3.0 \text{ kg/cm}^2$ の範囲にとり, 拘束圧による圧密の終了後, 圧縮速さを供試体の高さの 0.8 mm/min とし, 定圧・定ヒズミ法で排水セン断を行なった。セン断中は飽和供試体においては変形に伴う軸差応力, 体積変化, および軸ヒズミを測定し, 自然含水比の供試体においては軸差応力と軸ヒズミを測

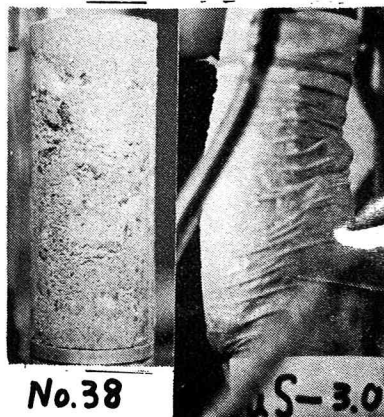


写真-1
乱さないシラスの
供試体

写真-2
供試体の破壊状況

定した。なお, 本試験の圧縮速さではセン断による間ゲキ圧は発生せず, 全応力は有効応力に等しいことをあらかじめ確かめた。

3. 試験結果および

考察

3.1 供試体の変形

について

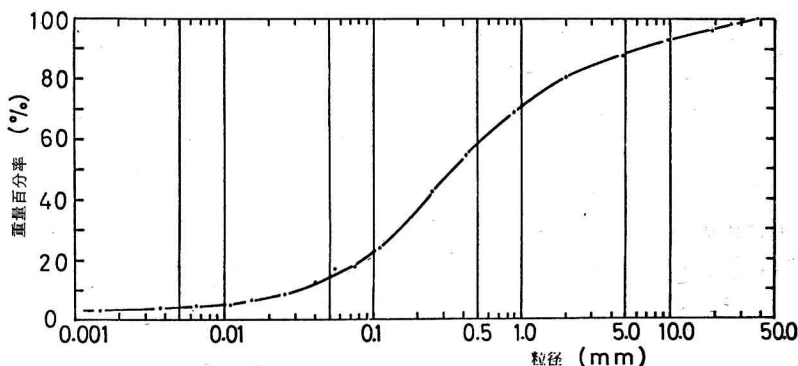


図-1 乱さないシラス供試体の粒度組成

写真-1に示されるように、供試体はそれぞれ軽石レキの混在のしかたが異なり、軽石レキは供試体の変形に影響するが、破壊後の供試体は写真-2に示されるように、1つのセン断面が形成されている。

3.2 応力・ヒズミ・体積変化曲線の性状について

飽和状態および自然含水状態における供試体の応力と変形の関係をそれぞれ図-2および図-3に示す。これらの図によると応力・ヒズミ曲線は明瞭なピークを示しており、そのときの軸ヒズミ、すなわち破壊時の軸ヒズミ $\epsilon_1 f$ は飽和状態が自然含水状態より大きい、これは乱したシラスの試験結果と同じ傾向である。

体積変化 ($\Delta V/V$) と軸ヒズミ ϵ_1 の関係を図-2によってみると、セン断初期の体積減少量は粗粒の軽石レキを含まない場合(1)に比べて小さく、破壊時のダイレイタンス ($d\nu/d\epsilon_1$)_f はかなり大きい。このように乱さないシラスはの間ゲキ比が大きいにもかかわらず正のダイレイタンスを示していることは軽石レキの影響(4)である。しかし ($d\nu/d\epsilon_1$)_f が正でも、拘束圧 σ_3 が 1.5 kg/cm² 以上になるとセン断中供試体は圧密終了時の体積以上には膨張しない。また拘束圧が 3.0 kg/cm² のとき

($d\nu/d\epsilon_1$)_f = 0 となっていることから、このシラスの飽和時における限界拘束圧は 3.0 kg/cm² である。

一般に砂のセン断においては拘束圧が 3.0 kg/cm² のときのように体積の増加を生じない場合は、応力ヒズミ曲線は明瞭なピークを示さない(4)のが普通であるが、シラスにおいては図-2にみられるようにこのような場合においても明瞭なピークを示し、最大軸差応力 $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ と終局セン断時の軸差応力 $(\sigma_1 - \sigma_3)_u$ との差が著しく大きい。これは構造強さの影響を表わしているものと考えられる。

3.3 軸差応力について

応力・ヒズミ・体積変化の関係から求めた諸性質を表-1に示す。ところで、図-2および3によれば体積変化はほとんど定常状態に達していると考えられるが、軸差応力 $(\sigma_1 - \sigma_3)$ は未だ定常状態に達していないものもある。したがって表-1に示す $(\sigma_1 - \sigma_3)_u$ は過大な値であると考えられるが、ここではこの値を終局セン断時の軸差応力の一応の目安として用いることにする。

まず、飽和状態の $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ は自然含水状態のそれより小さい。いま、 $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ と $(\sigma_1 - \sigma_3)_u$ の差で構造の効果を表わすと、これは飽和によってかなり減少する。また、破壊時の軸差応力の成分を図-4に

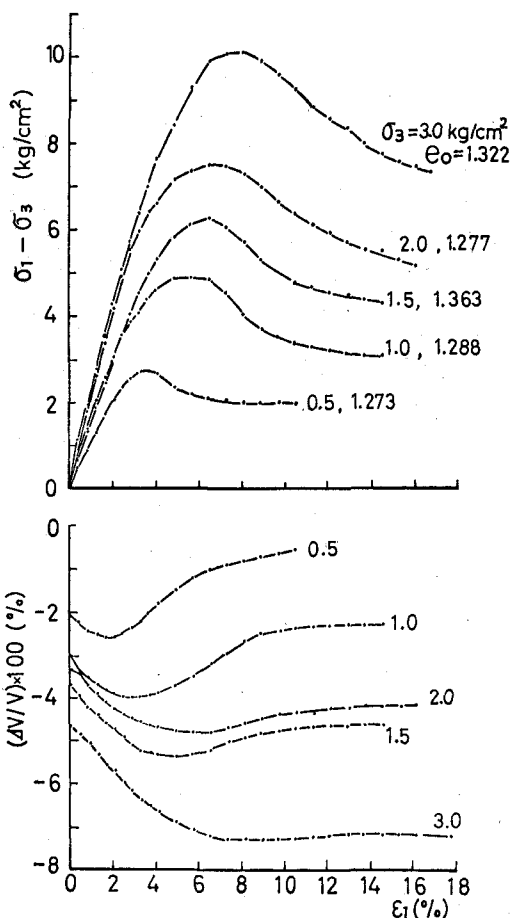


図-2 乱さないシラスの飽和状態における
応力・ヒズミ・体積変化曲線

示す。これから構造効果のうち表面エネルギー効果による部分 $\sigma_3(d\sigma/d\varepsilon_1)_f$ は拘束圧の増加にしたがって減少し、限界拘束圧で0となるが、かみ合いの効果は逆に拘束圧とともに増加し、 $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ のうのかなりの部分を占めていることがわかる。

3.4 セン断強さ定数について

図-5は飽和供試体のモール・クロソンの図である。破壊包ラク線は曲線を示し拘束圧の増加にしたがって平坦化している。シラスのこのような性質についてはすでに指摘した(8)、(5)、いま拘束圧が0.5~1.0 kg/cm²のときと、2.5~3.0 kg/cm²のときの強さ定数(ϕ , ψ)を、この包ラク線に対する接線によって求めると表-2のようになる。この表によれば拘束圧と水分はセン断強さに対してつぎのような影響を及ぼしている。すなわち摩擦力成分 ϕ は含水比による差はほとんどないが、拘束圧の増加によって減少しており、粘着力成分 ψ は飽和によって自然含水状態の2分の1近くまで減少し、この減少割合は拘束圧が低いほど増加する。また拘束圧が高くなると ψ は増加する。

ここで破壊包ラク線が曲線となる原因は、(i)セン断中の粒子破砕の影響、および(ii)構造の影響の2つが考えられる。前者は包ラク線のコウ配を急にさせる(4)ので、後者がその原因である。そこでRoweの理論(9)によって $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ を補正した $(\sigma_1 - \sigma_3)_R$ を用いてMohrの円を描き、その包ラク線を求めると図-5に破線で示されるように、それは原点を通る直線となる。

したがって、包ラク線が曲線をなすこと、およびセン断強さが粘着力成分を有することは構造の効果によるものである。また、セン断強さに対する構造の寄与は拘束圧の増加にしたがって摩擦力成分に対してよりも粘着力成分に対してなされるようになり、水分の増加はかみ合いの効果を減少させ、それは見かけの粘着力に影響していることが明らかとなった。これらの性質は乱したシラスのそれ(8)

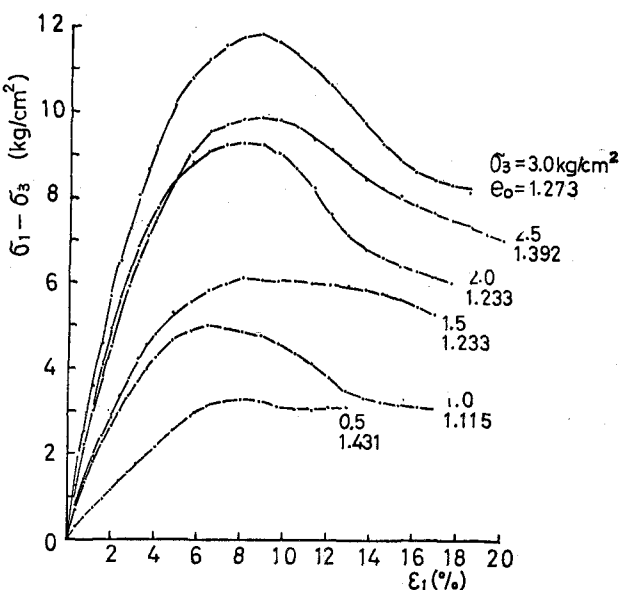


図-3 乱さないシラスの自然含水状態における応力・ヒズミ曲線

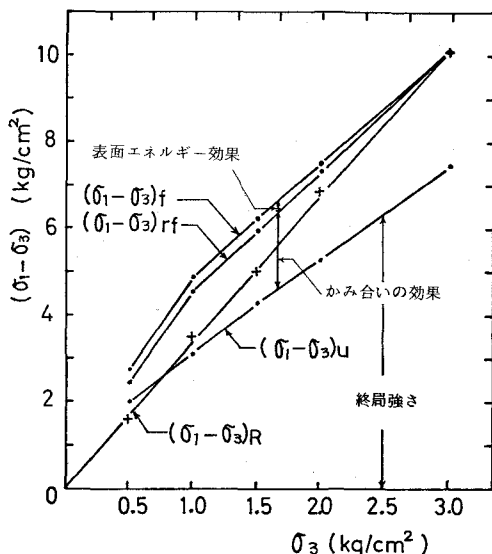


図-4 破壊時の軸差応力の成分と拘束圧の関係(飽和供試体)

と同じである。

4. あ と が き

乱さないシラスの排水試験を行ない、そのセン断特性を考察したところ、乱さないシラスのセン断強さは乱したシラスのそれと物理的内容においては変らないという筆者の考え方が確認された、もとよりシラスは成因的には20数種類にも分類されているものであり、工学的立場から

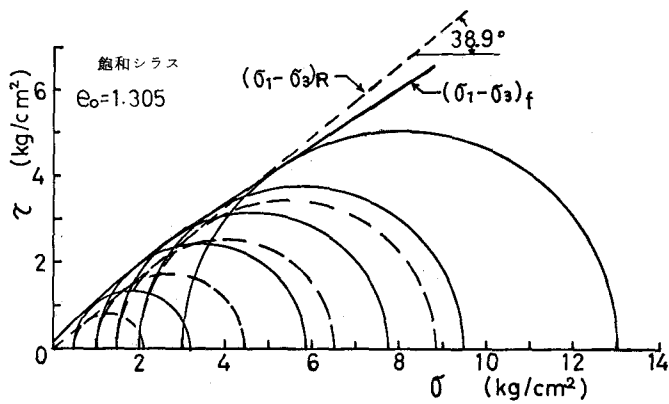


図-5 モール・クーロンの図

はこの分類を単純化することが望ましいと考えられている。ここで述べた試験結果はただ1例に過ぎないが、その定性的な傾向は他の種類のシラスについても適応できるものと考えられる。

参 考 文 献

(1) 春山元寿・山内豊聡, 土と基礎, Vol. 18, № 8, 昭41.8, PP. 27~33
(2) 山内豊聡・春山元寿, 九州大学工学集報, Vol. 40, № 4, 昭42.7, PP. 542~552
(3) 春山元寿・山内豊聡, 土木学会第23回年次学術講演会, 講演概要, III, 昭43.10, PP. 55~58
(4) 春山元寿, (未発表)
(5) 春山元寿・山内豊聡, 九州大学工学集報, Vol. 40, № 3, 昭42.6, PP. 370~378
(6) Rowe P.W., Proc. Roy. Soc. London, A Vol. 269, 1962, PP. 500~527.

表-1 乱さないシラスの試験結果

供試体	θ_0	σ_3 kg/cm ²	w_f (%)	θ_f	$\varepsilon_1 f$ (%)	$\frac{d\sigma}{d\varepsilon_1} f$	$\sigma_3 \frac{d\sigma}{d\varepsilon_1} f$ (kg/cm ²)	$(\sigma_1 - \sigma_3) f$ (kg/cm ²)	$(\sigma_1 - \sigma_3) f_f$ (kg/cm ²)	$(\sigma_1 - \sigma_3) u$ (kg/cm ²)	$(\sigma_1 - \sigma_3) p$ (kg/cm ²)
飽和	1.273	0.5	5.16	1.229	3.60	0.54	0.27	2.73	2.46	2.00	1.60
	1.288	1.0	50.7	1.208	5.60	0.31	0.31	4.88	4.57	3.10	3.49
	1.363	1.5	52.3	1.246	6.40	0.19	0.28	6.23	5.95	4.30	50.0
	1.277	2.0	49.1	1.168	6.40	0.07	0.14	7.49	7.35	5.28	6.87
	1.322	3.0	48.9	1.156	8.00	0	0	10.08	10.08	7.43	10.08
自然含水比	1.431	0.5	15.3		8.00			3.27		3.05	
	1.115	1.0	14.6		5.61			4.99		3.12	
	1.233	1.5	13.7		8.03			6.10		5.27	
	1.233	2.0	15.5		8.00			9.26		6.01	
	1.392	2.5	15.8		8.80			9.85		7.01	
	1.273	3.0	14.8		8.82			11.80		8.12	

表-2 拘束圧と乱さないシラスの強さ定数の関係

試料	平均初期 間ゲキ比	拘束圧 0.5~1.0 kg/cm ²		拘束圧 2.5~3.0 kg/cm ²	
		C (kg/cm ²)	ϕ (°)	C (kg/cm ²)	ϕ (°)
飽和供試体	1.305	0.18	4.20	0.78	3.32
自然含水比供試体	1.280	0.32	4.15	1.25	3.33