

III-33 えびの・吉松地域のシラスのセン断特性について

鹿児島大学農学部 正員 ○春山元寿
同 大学院 吉松弘行
九州大学大学院 岩元賢

1. はじめに

南九州に分布しているシラスは成因上20数種類にも分類されている。工学的立場からはこの分類を単純化することが望ましい。本報はこれに関する基礎資料を与えるものである。ここで取扱うシラスは1968年2～3月のえびの地震によって山崩れや斜面崩壊を起したえびの・吉松地域に分布するものである。これは地質的には加久藤層群に属する下浦層および昌明寺層といわれているシラスで筆者が従来取扱ってきたシラス(1)(入戸軽石流の非溶結部、最も普通にみられるシラス、以下これを入戸シラスと仮称する)とは成因や岩相が異なる。えびの・吉松地域のシラスの性質を明らかにするために物理的性質、締固め特性、透水性およびセン断特性の試験を行なった。本報は締固め供試体に関する排水三軸圧縮試験結果の概略である。なお、比較のために各図表に入戸シラスの試験結果を記入しておいた。

2. 試料・供試体・試験方法

試料の粒度曲線を図-1に、指紋的性質を表-1に示す。試料の粒度は昌明寺シラス、下浦シラスbおよびcにおいては自然状態のものであるが、下浦シラスaでは採取したシラスのうち4.76mmフルイの通過部分である。供試体の大きさは直径5.0cm、高さ12.5cmで、その初期間ゲキ比は図-2に示す通り4段階である。各供試体は完全飽和させた後、0.5～3.0 kg/cm²の拘束圧で圧密し、次いで圧縮速さを供試体高さの0.8%/minとし、排水三軸圧縮試験を行なった。

3. 試験結果および考察

3.1 体積変化

排水三軸圧縮試験における体積変化は平均主応力の変化によるものとセン断応力の変化によるものとからなる。体積変化の性質をここでは体積変化・軸ヒズミ曲線に対する接線のコウ配 $(dv/de)_f$

で表わす。図-3は拘束圧 σ_3 が1.0 kg/cm² のときの破壊時の $(dv/de)_f$ と相対密度 D_r の関係である。 σ_3 が0.5、2.0および3.0 kg/cm² のときも同じ関係が求められた。

いま、下浦層シラスa、b、cについて考えると、ダイレイタンシーは均等係数 U' が大きくなるに従って減少し、50%

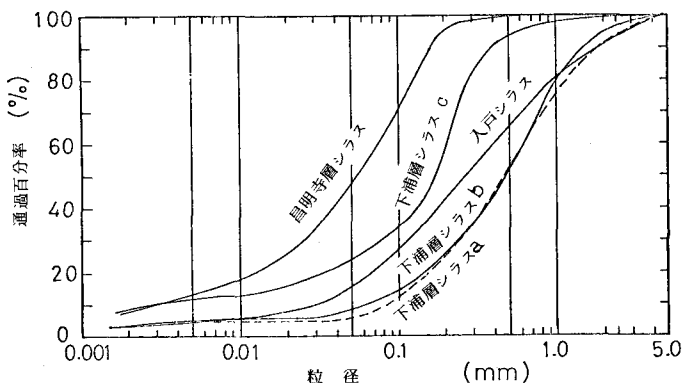


図-1 試料の粒度曲線

粒径 D_{50} が大きくなるに従って増加していることが認められる。ダイレイタンスーと粒度の関係は普通砂の試験結果（2）に一致するが、粒径との関係は普通砂の試験結果（2，3）とは逆の性質である。この原因はシラ

表-1

試料の指数的性質

試 料	土 質 分 類	比 重	$U =$	$U' =$	D 50 (mm)	間 ゲ キ 比		粒 子 形 状
			$\frac{D_{60}}{D_{10}}$	$\frac{D_{70}}{D_{20}}$		最 大	最 小 (気乾) (湿潤)	
昌明寺層 シラス	シルト 質砂	2.41	25.5	8.17	0.054	2.914	1.585	ガラス質、偏平で角張る。針状
下浦層 シラス a	砂	2.51	7.5	5.53	0.45	1.504	0.825	ガラス質、レキ分には軽石が多い。粗粒部分は角がつぶれている。細粒はど角張る。最も細粒のものは偏平
同上 b	砂	2.58	9.7	5.31	0.48	1.158	0.638	ガラス質、レキ分には外来岩片を多く含む。 粗粒部分以下同上
同上 c	シルト 質砂	2.40	7.00	6.49	0.18	2.449	1.243	ガラス質、細粒で角張る。 最も細粒のもののは偏平
入戸 シラス	シルト 質砂	2.37	1.43	9.12	0.27	1.525	0.800	文献(1) 参 照

ス粒子の鉱物組成や粒子形状の差違にあるかもしれないが、これは今後検討したい。最も細粒の昌明寺層シラスのダイレイタンスーは下浦層シラス a と c の中間の値を示している。また下浦層および昌明寺層シラスのダイレイタンスーは入戸シラスのそれより小さいと考えられる。

3. 2 限界間ゲキ比

限界間ゲキ比の定義を供試体の変形の面からみると2つの考え方がある（4），1つは定常せん断状態にある供試体の間ゲキ比を限界間ゲキ比とするもので、これを仮に土質力学的限界間ゲキ比 e_{ucr} と考える。他の1つは供試体の破壊時の状態が、初期状態に同じであるときその供試体の初期間ゲキ比を限界間ゲキ比とするもので、これを仮に土質工学的限界間ゲキ比 e_{fcr} と考える。定側圧排水三軸試験における e_{ucr} は筆者の1人がさきに提案した方法（5）、および e_{fcr} は Taylor の方法（6）で求められる。

図-4は $\bar{\sigma}_3$ と e_{ucr} および e_{fcr} の関係であり、図-5は図-4の関係を相対密度に関して表示したものである。限界間ゲキ比の定義から当然の事であるが e_{fcr} は e_{ucr} より小さく安全側の値を与える。図-5から限界相対密度と粒度、粒径およびシラスの種類との関係は、前節で述べた体積変化特性の傾向と同じである。また、図-5で D_r が100%をこえているものについては、せん断中の粒子破碎の影響などを考えなければならぬであろう。

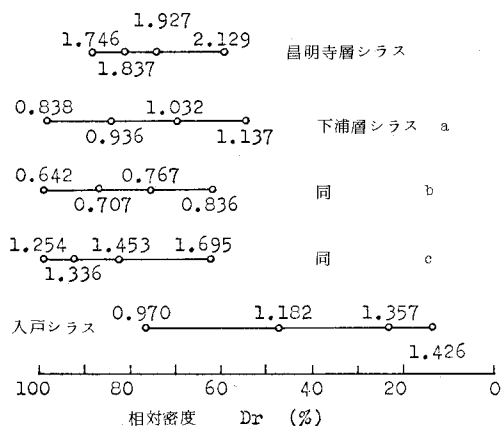


図-2 供試体の初期間ゲキ比

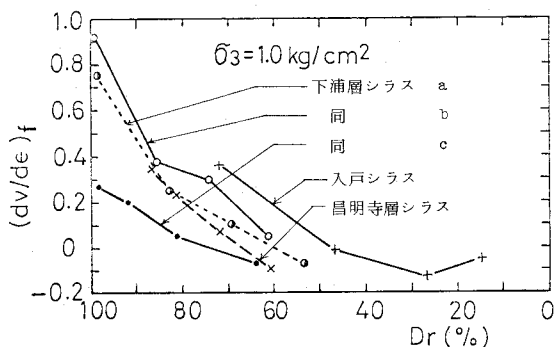


図-3 ダイレイタンスーと相対密度の関係

3. 3 破壊時の軸

差応力およびせん断強
さ定数

破壊時の軸差応力 ($\sigma_1 - \sigma_3$)_f と D_r
の関係の 1 例を図-6
に示す。下浦層シラス
a, b, c についてみ
ると ($\sigma_1 - \sigma_3$)_f は

U' が小さいほど、また D_{50} が大きいほ
ど増加している。

いま、各シラスのせん断強さ定数 (C_d , ϕ_d) を求めて、相対密度に対してプロッ
トすると図-7 のようになる。下浦層シラス
a, b, c についていえば、せん断抵抗角
 ϕ_d も U' が小さいほど、また D_{50} が大
きいほど増加している。この傾向はダイレ
イタンスーと U' および D_{50} の関係に対
応している。 ϕ_d と均等係数の関係は、従
来砂やレキについて明らかにされている性質と同じ
であるが、 ϕ_d と粒径の関係は砂の試験結果 (2,
3) とは逆の性質である。さらに、図-6 から判断
するかぎり、えびの・吉松地域に分布するシラスの
強さは入戸シラスより小さいと考えられる。また、
図-7 に示される強さ定数についてみると、えびの
吉松地域のシラスの ϕ_d は入戸シラスのそれより
小さいが、 C_d は入戸シラスのそれより大きい。

ところで、図-7 からわかるように下浦層シラス

a, および b のような砂が、かなりの見かけの粘着力を持っている。シラスのような砂質土の強さは、
粒子間摩擦による強さと構造強さから成る。構造強さはかみ合いやセメンテーションの効果などを含
んでいる。乱したシラスの構造効果はかみ合いによるものだけである。かみ合いは、シラスが見かけ
の粘着力を発揮する原因の 1 つであることを筆者の 1 人はさきに示した (1)、いま、1 例として破
壊時の軸差応力に対する体積変化の影響を Bishop (7) および Rowe (8) の式で補正して
破壊円の包ラク線と求めると図-8 のようになる。体積変化の影響を補正した強さにおいて、粘着力
成分が 0 となることは、破壊強さにおける見かけの粘着力はかみ合いに基因して生ずるものであるこ
とを意味していると考えられる。図-8 において、見かけの粘着力 0.45 kg/cm^2 は構造強さ

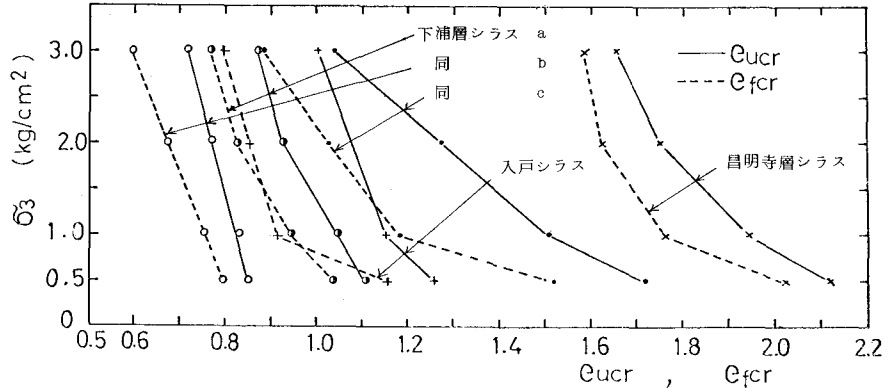


図-4 拘束圧と限界間ゲキ比の関係

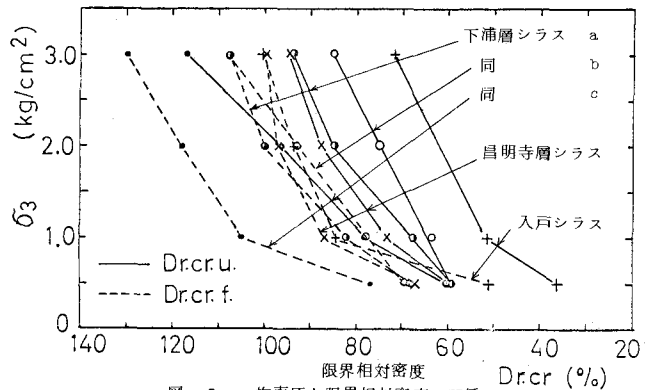


図-5 拘束圧と限界相対密度の関係

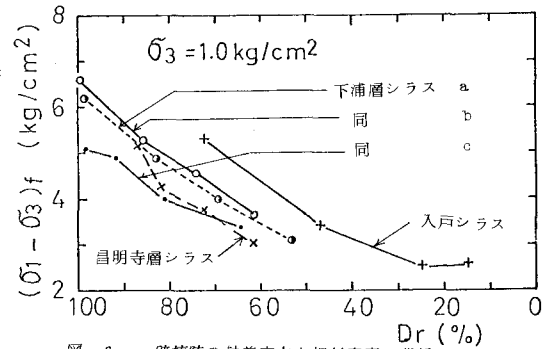


図-6 破壊時の軸差応力と相対密度の関係

によるものであり、このうち、 0.13 kg/cm^2 が表面エネルギー効果の寄与によるものであると考えられる。せん断抵抗角については、破壊強さ 43.6° 、構造強さによる部分 5.3° 、このうち 1.1° が表面エネルギーの寄与によるものであると図-8からは考えられる。

4. あとがき

ダイレイタンスーおよびせん断強さの両者から考えて、えびの・吉松地域に分布する下浦および昌明寺層シラスの工学的性質は入戸シラスに比較して、やや劣ると思われる。また下浦層シラスの試験結果からせん断強さおよびダイレイタンスーは、均等係数が小さいほど、また粒径が大きいほど増加すること、シラスの見かけの粘着力はかみ合いによるものであることが確認せられた。ここでは粒子破碎はかみ合いに含めて考えた。さらにシラスの鉱物組成の違いがシラスの強さにどのように影響するかは残された問題

である。

付記 この試験を行なうにあたって、板垣 治（建設省）、大田原幸亘（建設省）、ならびに浜田行弘（鹿児島県土木部）の3君の卒業研究としての協力を得た。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- (1) Haruyama, M., Soils and Foundations, Vol. 9, No. 3, Sept. 1969, 35-57.
- (2) 山内豊聡・春山元寿, 九州大学工学集報, Vol. 40, No. 4, 昭42. 7, 542-552
- (3) Kirkpatrick, W.M. Proc. 6th ICSM, 1, 1965, 273-277.
- (4) 春山元寿, 第5回土質工学研究発表会講演集, 昭45. 6, 61-64.
- (5) 春山元寿・山内豊聡, 土と基礎, Vol. 14, No. 8, 昭41. 8, 27-33.
- (6) Taylor, D.W. Fundamentals of Soil Mechanics, J. Wileys, 1948.
- (7) Bishop, A.W. and Eldin, A.K.G., Proc. 3rd ICSM, 1, 1953, 100-105
- (8) Rowe, P.W., Proc. Roy. Soc., London, A, Vol. 269, 1962, 500-527.

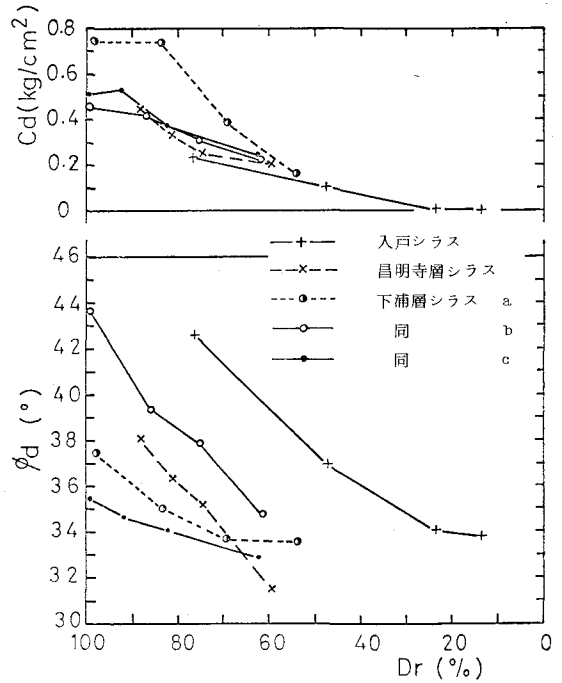


図-7 強さ定数と相対密度の関係

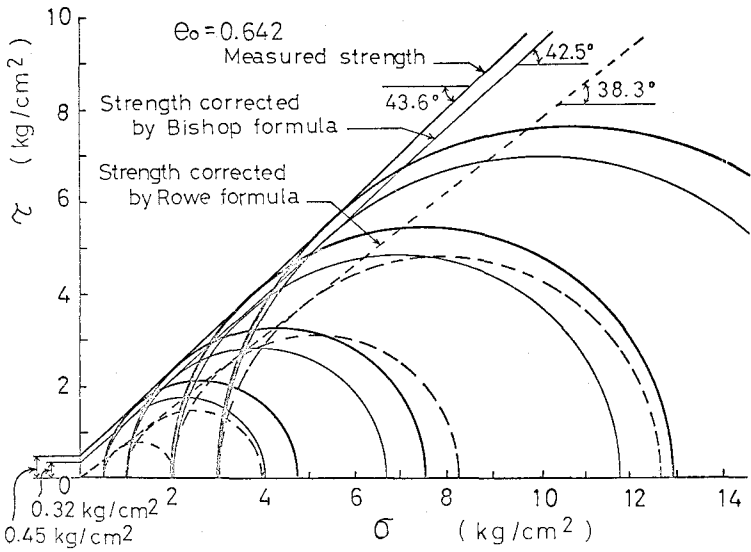


図-8 下浦層シラス b の Mohr-Coulomb の図