

1. まえがき

シラスは風化した軟弱なものから弱溶結のものまでその硬さは種々様々である。筆者が従来シラスと呼んでいるものは地質上は軽石流の非溶結部に識別され、古来南九州でシラスと呼ばれてきたものである。弱溶結以上のかたさのものは対象としていない。筆者はこれまでのシラスのセン断特性に関する研究から、シラスの強さは自然状態では粒子間の摩擦、粒度や粒子形状に基因するかみ合い、および地質上の作用によるボンド効果からなり、乱されるとボンド効果がなくなるものと考えている。乱さないシラスの強さにおいてボンド効果がどの程度あるかはいまのところよくわからない。シラスは乱した状態では非塑性の砂質土であるがかなりの見かけの粘着力を持っている。飽和シラスの排水試験から得られる見かけの粘着力はかみ合いによるものであろう。本報ではシラスのセン断特性が砂に比べてどのように異なるかを直接みるために砂および粒度調整したシラスに関して排水三軸圧縮試験を行なった結果を報告する。

2. 試料、供試体、および試験方法

試料は豊浦標準砂（以下砂 A と呼ぶ）、根占浜砂（鹿児島県根占町塩屋海岸産、以下砂 B と呼ぶ）、砂 A と同じ粒度を持つように調整したシラス（以下シラス A と呼ぶ）、および砂 B と同じ粒度を持つように調整したシラス（以下シラス B と呼ぶ）である。調整したシラスの母材は鹿児島市唐湊産で、入戸軽石流の非溶結部のものである。試料の粒度を図-1 に、指数的性質を表-1 に示す。各試料の e_{max} は乾燥試料を内径 10 mm、高さ 12.7 mm の円筒モールドに静かに流し込んで求めた。砂 A と B の e_{min} は内径 5 cm、高さ 10 cm のモールドに乾燥試料を 5 層に分けて入れ、

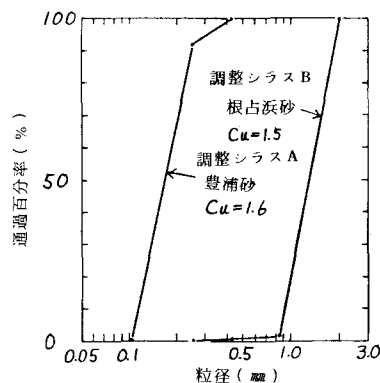


図-1 試料の粒度曲線

の円板付の突き棒の上から木づちで約

40 回の打撃を加えて求めた。シラス A と B の e_{min} は内径 10 cm の円筒モールドに乾燥試料を入れ、落下高さ約 1.0 cm のカムを利用した締め固め装置を用いて 500 回の上下振動を与えて求めた。このときモールドに入れた試料

の上には約 1850 g のおもりをのせて固定しておいた。各試料の粒子の平均的な扁平率、細長率、および Mackey の形状係数の測定結果を表-2 に示す。シラス A および B の粒子はそれぞれ砂 A および B の粒子より細長で角張っているといえる。砂 A と B の鉱物組成はほとんど石英と長石であり、シ

表-1 試料の指数的性質

性質	豊浦砂	根占浜砂	調整シラス A	調整シラス B
土粒子の比重	2.65	2.63	2.39	2.47
最大間ギャ比, e_{max}	0.974	0.805	2.052	1.570
最小間ギャ比, e_{min}	0.650	0.588	1.250	1.350
e_{max} 時の乾燥密度 (g/cm^3)	1.342	1.457	1.062	1.051
e_{min} 時の乾燥密度 (g/cm^3)	1.606	1.656	0.783	0.961

ラスAは主にガラス質粒子からなり、シラスBは軽石が優占し、その他若干の安山岩質の外来岩片を含む。供試体は直径5 cm、高さ1 2.5 cmの円柱、試験法は飽和状態での排水三軸圧縮試験である。圧縮速さは平均で供試体高さの0.8 %/分、拘束圧は0.5、1.0、2.0 Kg/cm²である。

3. 試験結果および考察

3. 1 応力・ヒズミ・体積変化曲線

砂AとシラスAの性質を比較すると、応力・ヒズミ曲線の初期接線コウ配は砂Aのほうが大きい、破壊時の軸差応力はシラスAのほうが大きい。破壊時の軸ヒズミもシラスAのほうが大きい。応力・ヒズミ曲線が密な状態ではピークを示し、ゆるい状態ではピークのはっきりしない曲線となることは両者とも同様である。また体積変化・ヒズミ曲線によると、シラスAは砂Aよりセン断中における体積収縮量が大きい。これは非排水状態における間ゲキ圧の発生に関して重要な示唆を与える。この原因としては粒子形状、粒子の破碎性などが考えられるがこれについては検討中である。

つぎに砂BとシラスBの性質を比較すると、応力・ヒズミ曲線の初期接線コウ配および破壊時の軸差応力は砂Bのほうが、破壊時の軸ヒズミはシラスBのほうが大きい。また体積変化・軸ヒズミ曲線をみると砂Bは膨張のみを示しているのに反して、シラスBは相当の収縮を示している。さらに、砂BとシラスBの応力・ヒズミ・体積変化曲線はピーク強さ付近から鋸歯状の挙動を示した。

3. 2 ダイレイタンシー

各試料の破壊時のダイレイタンシー指数 $(dv/d\varepsilon)_f$ と相対密度の関係を図-2、3に示す。図-2によればシラスAの $(dv/d\varepsilon)_f$ は拘束圧が0.5 Kg/cm²のとき砂Aのそれより大きい、拘束圧が1.0 Kg/cm²をこえと砂Aより小さい値を示している。砂Aの $(dv/d\varepsilon)_f$ は拘束圧によってあまり変化していないが、シラスではその影響が大きい。また図-3によればシラスのダイレイタンシーは砂に比べて非常に小さい。

3. 3 セン断強さ

表-2 試料の扁平率、細長率、およびMackeyの形状係数

試料	粒 径 (mm)	扁平率 $\bar{P}$	細長率 $\bar{q}$	形状係数 $\bar{M}$
豊浦砂	0.105 ~ 0.24		0.75	0.66
調整シラスA	"		0.70	0.46
根占浜砂	0.25 ~ 2.00	0.67	0.77	0.67
調整シラスB	"	0.72	0.71	0.53

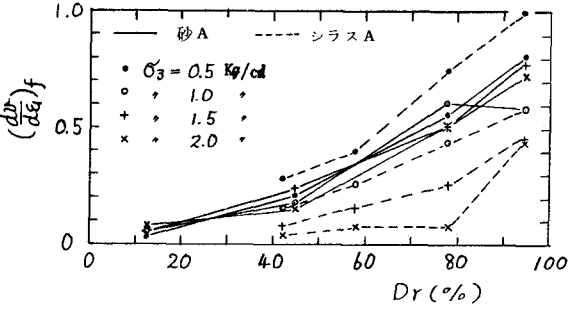


図-2 砂AおよびシラスAのダイレイタンシー指数

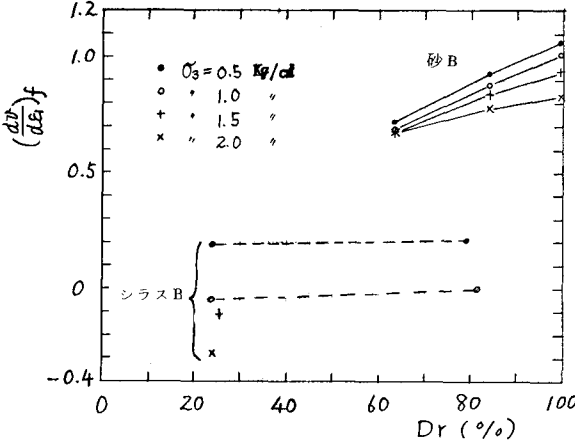


図-3 砂BおよびシラスBのダイレイタンシー指数

破壊時の軸差応力から最小自乗法によって求めたセン断強さ定数 (C_d, ϕ_d) と相対密度 Dr の関係を図-4に示す。シラスAの C_d, ϕ_d は砂Aのそれより大きいこと、シラスBの C_d は砂Bのそれより大きい、 ϕ_d は小さいことがわかる。破壊時の軸差応力やセン断強さ定数を総合的に考えると、シラスの細粒砂部分は一般の砂より強度が大きく、粗粒砂部分は一般の砂より低い強度を持つといえそうである。なお、砂Aの ϕ_d と初期間ゲキ比の関係はセン断試験法委員会の実施したAグループによる一斉試験結果(1)の領域の中央部分に位置する。

いま、Mackeyの形状係数 M および粒子の細長率 q と ϕ_d の関係を図-5に示す。この図には参考のために九大砂のデータも示しておいた。これからシラスの細粒砂部分の強さは粒子形状の寄与による部分が多いのであろうと考えられる。また、粗粒砂部分も角張った粒子からなるが、この寄与は少なく、粒子破碎の影響を受けて低い強さを示すものと考えられる。

3. 4 粒子破碎

高拘束圧下の三軸試験では圧密・セン断中に粒子破碎が起ることが知られている。ここで行った三軸試験は低拘束圧下のものであるが、シラスのセン断ではその粒子の特性から粒子破碎が起るのではないかと予想されたので、三軸試験後の各試料の粒度試験を行なった。砂AとBの試験前後の粒度組成のパラッキは実験誤差の範囲内のものと考えられ、従って破碎は生じていないものと考えられた。シラスAとBは試験前後の粒度にかなりの差がみられた。試験結果の1例を図-6に示す。拘束圧が高いと破碎量が多くなる傾向がみられる。また密づめとゆるづめを比較すると、シラスA、Bともにゆるづめの方が多くの破砂を起している。これと同じ傾向は三浦・山内による砂の高圧三軸試験に

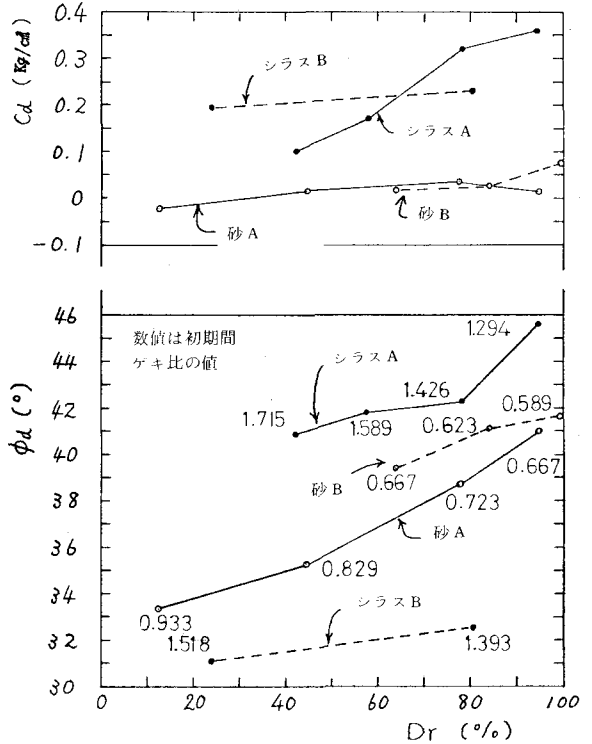


図-4 砂A、砂B、シラスA、およびシラスBのセン断強さ定数と相対密度の関係

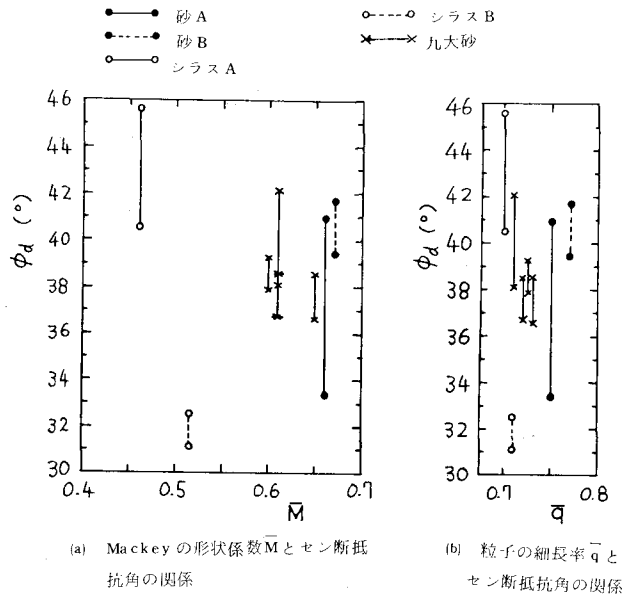


図-5 粒子形状とセン断抵抗角の関係

関する報告(2)にもみられる。

いま、

$$\sin \phi_d = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)_f}{(\sigma_1 + \sigma_3)_f}$$

から求めた ϕ_d と拘束圧 σ_3 の関係の1例を図-7に示す。

砂AとBの ϕ_d は拘束圧の大きさによってあまり変化していないが、シラスAとBの ϕ_d は拘束圧が大きくなるに従って小さくなっている。この原因としてはシラスがかみ合いによる cohesion intercept を元来持ちらしいこと、および粒子破碎の影響などが考えられる。シラスの粗粒部分はほとんど軽石からなる。この部分の強度が低いのは粒子破碎の影響であろうと考えられる。破碎が生じるとダイレイタンシーが減少し、それによって強度の低下が起るものと考えられる。

4. 結 論

同じ粒度を持つ砂とシラスに関して排水三軸圧縮試験を行ない、それらの性質を比較したところ次のようなことが言えそうである。

- 1) 応力・ヒズミ曲線の初期接線コウ配は砂のほうが大きい。
- 2) 破壊時の軸ヒズミはシラスのほうが大きい。
- 3) シラスは砂に比べてセン断中に大きな体積収縮を起し、正のダイレイタンシーを示す場合でもセン断の初期にかなりの収縮を起す。この性質は粒子形状やセン断中の粒子破碎に関係しているものと考えられる。

4) 低い拘束圧のもとでは砂のダイレイタンシーは拘束圧の影響をあまり受けないが、シラスのダイレイタンシーは拘束圧の影響を多く受ける。

5) シラスの細粒砂部分は普通の砂より大きい強さを持ち、粗粒砂部分は砂より小さい強さを持つ。細粒部分は粒子形状、粗粒部分は粒子破碎の影響によるものと考えられる。

参 考 文 献

- 土質工学会：土のセン断試験法に関する基礎的研究，昭43. 1
- 三浦・山内：高拘束圧下における標準砂の排水せん断特性について，土木学会論文報告集，No. 193，昭46. 9.

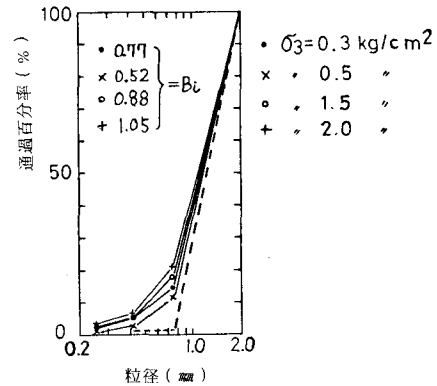


図-6 シラスB (初期間ゲキ比1.518)の三軸試験前後の粒度曲線、破線は試験前、実線は試験後の粒度

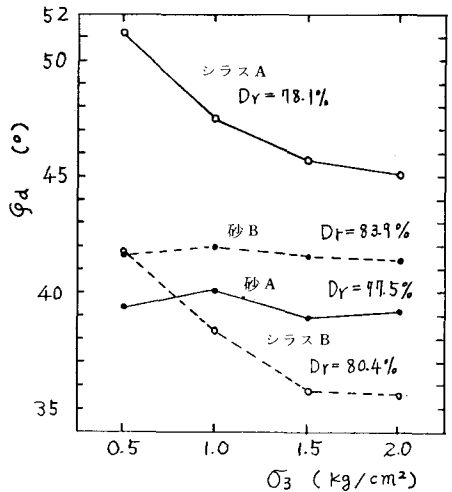


図-7 拘束圧と ϕ_d の関係。