

シラスの締め固め供試体の飽和方法と 非排水強度に及ぼす背圧の影響

平 瑞樹・難波 直彦・三輪 晃一・若松 千秋

(生産環境工学講座)

平成5年8月10日受理

Saturation Method for Compacted Specimen of SHIRASU and Back Pressure Affection upon the Undrained Strength

Mizuki HIRA, Naohiko NANBA, Koichi MIWA

and Chiaki WAKAMATSU

(Laboratory of Water Control and Reclamation Engineering)

結 言

土の非排水強度特性を明らかにするにあたって、供試体内部の空気の存在が間隙水圧の測定に影響を及ぼすため、これを無視することはできない。また、圧密時の体積変化量を正確に測定するためにも、脱気した水による飽和供試体を準備することは重要なことである。ところが、シラスは軽石を多く含んだ多孔質砂土で、水に対して非常に脆弱なために、完全飽和が非常に難しいとされている。

本報告は、飽和シラスの強度・変形特性を調べる場合、モールドによる突き固め供試体を三軸試験に用いていることから、その飽和度に疑問を持ち、試料に水頭差をつけて飽和させる方法と Rad らが飽和供試体の作製に開発した真空法⁴⁾を比較し、シラスの締め固め供試体の飽和度の改善を検討した。さらに、非排水強度と間隙水圧に及ぼす背圧の影響も考察した。

土の内部構造と背圧

1. 理論的背景

Rad らの論文⁴⁾に示されるように、ある圧力の下での土の飽和についての基本的概念は、ボイル・マリオットの法則、ヘンリーの法則、ケルビンの式により説明される。また、土の内部構造は気体(空気)、液体(水)、固体(土粒子)からなっているとす。Fig. 1 に供試体内に圧力(背圧)をかける前後の空気の状態を示す。土の体積は一定で、加えら

れた背圧により水が流入すると仮定すると、(1)式のようになる。

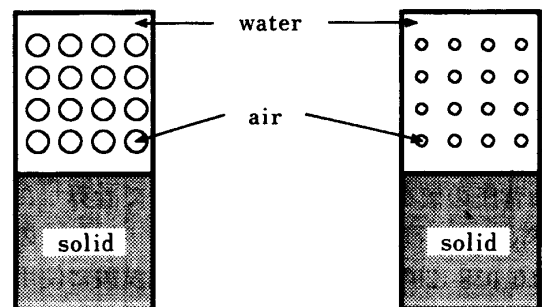
$$V_{iw} + V_{ia} = V_{fw} + V_{fa} = V_v \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 V_{iw} , V_{fw} , と V_{ia} , V_{fa} はそれぞれ背圧をかける前後の水、空気の体積、 V_v は全間隙(土粒子以外)である。

ケルビンの式より背圧をかける前後の供試体内の自由水の蒸気圧(気泡内の圧力)は(2)式で示される。

$$P_{ia} = P_{iw} + \frac{2T_s}{r_i}, P_{fa} = P_{fw} + \frac{2T_s}{r_f} \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 P_{ia} , P_{fa} と P_{iw} , P_{fw} はそれぞれ圧力をかける前後の絶対圧力で、 T_s は表面張力、 r_i , r_f は空気・



Before application of back pressure.

(S_i)

After application of back pressure.

(S_f)

Fig. 1. Schematic relations between air, water, and solid in soil.

水界面の曲率半径を表す。

供試体内の気体の全体積 (V_T) は (3) 式のように、水に溶解する気体 (V_{af}) と溶解しない気体 (V_{ad}) にわけられ、さらに、ヘンリーの溶解率 (H) と供試体内の水の体積 (V_w) を用いて書き換えられる。

$$V_T = V_{af} + V_{ad} = V_{af} + HV_w \quad \dots\dots\dots (3)$$

一方、圧力と体積の関係を表すポイルーマリオットの法則より、(4) 式を得ることができる。

$$P_{fw}(V_{fw}H) + P_{fa}V_{fa} = P_{rw}(V_{rw}H) + P_{ra}V_{ra} \quad \dots\dots\dots (4)$$

(2) 式を (4) 式に代入し、圧力をかけた前後の飽和度 S_i , S_f から、完全飽和 $S_f=1 (=V_{rw}/V_v)$ の時の圧力を求めると、(5) 式で表される。

$$P_{rw} = P_{iw} \frac{1 - S_i(1-H)}{H} + \frac{2T_s}{H} \left(\frac{1 - S_i}{r_i} \right) \quad \dots\dots\dots (5)$$

また、 T_s は無視できるくらい小さいとすれば (5) 式の右辺第 1 項のみとなり、(6) 式となる。

$$P_{rw} = P_{iw} \frac{1 - S_i(1-H)}{1 - S_i(1-H)} \quad \dots\dots\dots (6)$$

さらに、飽和状態では (7) 式を得る。

$$P_{rw} = P_{iw} \frac{1 - S_i(1-H)}{H} \quad \dots\dots\dots (7)$$

(5) ~ (7) 式は、初期飽和度と初期絶対圧力から目的の飽和度を得るために必要な理論的背圧を示している。つまり、土の内部の絶対圧力が小さいほど、飽和度を増加させるために加えられる背圧が小さくてすむことになる。

一方、Bishop ら¹⁾ は完全飽和に必要な背圧 P_{100} を (8) 式のように表し、Lowe ら³⁾ は初期飽和度 S_i なる供試体を最終飽和度 S_f にあげるために必要な背圧 P_f を (9) 式で示した。

$$P_{100} = P_i \frac{1 - S_i}{S_i H} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$P_f = P_i \frac{(S_f - S_i)(1-H)}{1 - S_f(1-H)} \quad \dots\dots\dots (9)$$

大気圧の下で土体内部の初期飽和度に対して、95%、あるいは100%の飽和度に増加させるために必要な背圧の値を、各理論式に基づいて計算したものを Fig. 2 に示した。この計算では、ヘンリーの溶解率は0.018 (20°C) としている。三軸試験に使用する供試体の初期飽和度を高めておけば、加えるべき背圧が小さくてすむことが各理論値からうかがえるが、完全な飽和状態にすることは容易ではない。そこで、数種類の手法を用いて、シラス供試体の初期飽和度を高める方法を検討した。

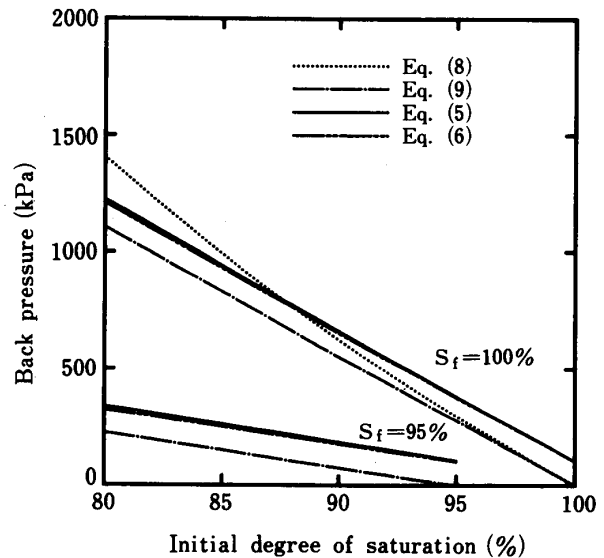


Fig. 2. Magnitudes of back pressure to obtain 100% or 95% saturation by each proposer.

Table 1. Index properties of SHIRASU

Specific gravity	G_s	2.399
Sand fraction	(%)	79
Silt fraction	(%)	14
Clay fraction	(%)	7
Coefficient of uniformity	U_c	24.7
Coefficient of curvature	U_c'	2.82

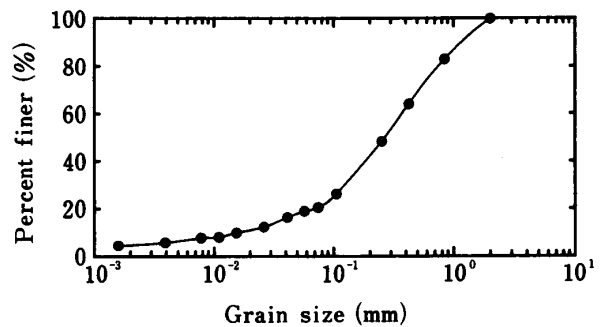


Fig. 3. Grain size distribution curve for SHIRASU.

試料と飽和方法

1. 試料の物理的特性

実験に使用したシラスは鹿児島県始良郡溝辺町より採取したもので、2.0mm ふるいにかけて、通過分を試料として用いた。その物理的特性を Table 1、試料の粒径加積曲線を Fig. 3 に示す。

2. 供試体の作製方法

攪乱試料の供試体の準備方法は、ランマーを使ってモールド内で締固めるのが一般的である。その他

にも水を満たした箱に自然落下させた試料をワイヤーソーで成形する方法、三軸試験機内に水をはって、試料を注ぎながら突き棒で押さえたりする方法等²⁾が行われている。ところが、シラスは水に対して脆弱で、保水性もないため、これらの方法では人為的な誤差等も含まれて、初期密度（初期空隙比）を一定にすることは困難である。本報告ではシラスの締め固め供試体だけに限定して、いかに骨格構造を崩さず、初期飽和度を増すことができるかを検討することにしたため、自然含水比の試料を使用して、以下の条件で均一な供試体となるように作製した。適用したモールドは内径5.0cm、高さ12.5cm、ランマーの重量は7.708N (0.786kgf)、自由落下高さ、29.2cmである。また、JIS規格の標準突き固め仕事量 $E_c = 0.55162 \text{ J/cm}^3$ ($5.625 \text{ cm} \cdot \text{kgf/cm}^3$) を用い、プロクターの式により層数を8層として、1層当たりの突き固め回数を8回と決定した。

3. 試験方法と飽和の確認

真空法⁴⁾とは、炭酸ガス置換では飽和に問題の生ずるセメント質砂質土の飽和供試体を作製するために考案されたもので、供試体が体積変化をおこさないように三軸室内に負圧をかけ、供試体内部にもそれ以上の負圧をかける。この圧力差を一定に保ちながら供試体内に残留している空気を吸引し、同時に供試体内へ脱気水を給水して飽和させる方法である。操作方法から二重負圧法^{6,7)}とも呼ばれ、最近よく引用される手法の一つである。

ここで問題となるのは供試体内部と外部にかける負圧の大きさとその適用時間である。これら経験的諸定数は、使用する試料や初期密度等により異なるため、予備試験により求めておく必要がある。さらに、加える負圧は真空ポンプの安定した性能が得られる範囲内で、水中に溶け込んでいる空気を吸引できる圧力が望ましく、供試体に未知の圧力がかからないようにしなければならない。そこで、供試体内部の圧力を -88.2 kPa (-0.9 kgf/cm^2)、供試体外部の圧力を -73.5 kPa (-0.75 kgf/cm^2) と決定した。また、適用時間は、定水位の透水試験を行い、透水係数と浸透させる脱気水の水頭の間隔をダルシーの法則により求めた。すなわち、透水係数は平均 $3.5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ ($3.5 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$) で、高さ12.5cmの供試体では粒子間隙を約30分で浸透する。ところが、シラスは軽石粒子が多く含まれており、その粒子内間隙に水が浸透して空気と置換するのに要する時間が必要なため、適用時間を変えた数種の実験から、妥

当な経験上の時間を3時間と決定した。また、B値の検定から、粒子内間隙の飽和に要する時間は、粒子間隙を浸透する時間の約5～6倍であることが実験によりわかったが、理論的証明が今後の課題である。

4. 試験手順と空隙水圧係数B値の確認

B値⁵⁾を求めるために必要な空隙水圧は、圧密終了後に供試体の軸長の変化を許さないようにして、有効拘束圧を 19.6 kPa (0.2 kgf/cm^2) 増加あるいは減少させ、供試体下部に接続した圧力変換器で測定される。本来は未知の応力履歴を与えないように、拘束圧力を減圧して測定すべきだが、減圧時の圧力の消散に時間がかかるため、無視できるくらいの圧力を加えて測定した。また、試験終了後に、供試体が崩れないように上下ペDESTALにかかるとゴムリングとメンブレンを供試体の方へ剥ぎ、それらを装着した状態で素早く容器に移し、湿潤質量を測定し、炉乾燥質量を求めて飽和度を計算した。以下に今回実施した試験順序の詳細を示す。

(1) モールドにより供試体を作製し、高さ、直径、湿潤質量を測定する。

(2) 二つ割り器具にゴムリングとメンブレンを取り付け、メンブレンを吸引させながら供試体にかぶせる。

(3) 下部ペDESTAL上にろ紙を介して、二つ割り器具に包まれた供試体を慎重に置き、供試体上部にろ紙を挟んで、上部ペDESTALと密着させながら、載荷ピストンが自重で下がらないようにクランプを確実に固定する。その後、メンブレンをペDESTALに密着させ、水漏れがないように上下2個ずつゴムリングをセットする。

(4) 三軸圧力室を組み立て、拘束水を上部ペDESTALが浸かるぐらい入れる。拘束水は 14.7 kPa (0.15 kgf/cm^2) 以下の圧力で給水する。

(5) Fig. 4に示すように脱気水水槽を2個(A槽、B槽)用意する。A槽には脱気水を少なめに入れておき、上部ペDESTALから通じるチューブがつながっているバルブCにつなぐ。また、B槽には脱気水を半分ほど入れ、下部ペDESTALから通じるバルブDに接続する。

(6) 真空ポンプを2台用意し、負圧用レギュレーターを介して、一つは三軸室上盤のバルブE(供試体外部用)へ、他方は、2個の脱気水水槽A、Bの上端からつながるバルブF(供試体内部用)へ接続する。

(7) [StepA]

真空ポンプ (VC1) に電源をいれ, 負圧用レギュレーターを調整し, -14.7kPa の負圧 (p_i) を供試体内部に供給する。Fig. 5 に試験ステップと供試体内外の圧力状態を示す。

(8) [StepB]

もう一台の真空ポンプ (VC2) により, 三軸室内圧力 (p_e) を -73.5kPa (-0.75kgf/cm^2), VC1 に

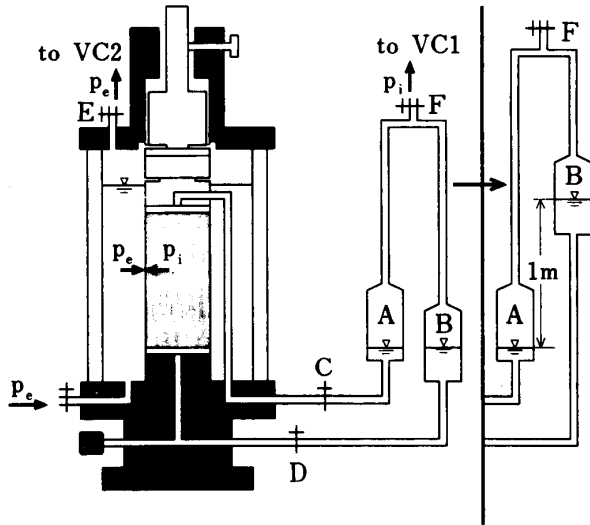


Fig. 4. Schematic diagram of triaxial cell and two reservoirs for using vacuum method.

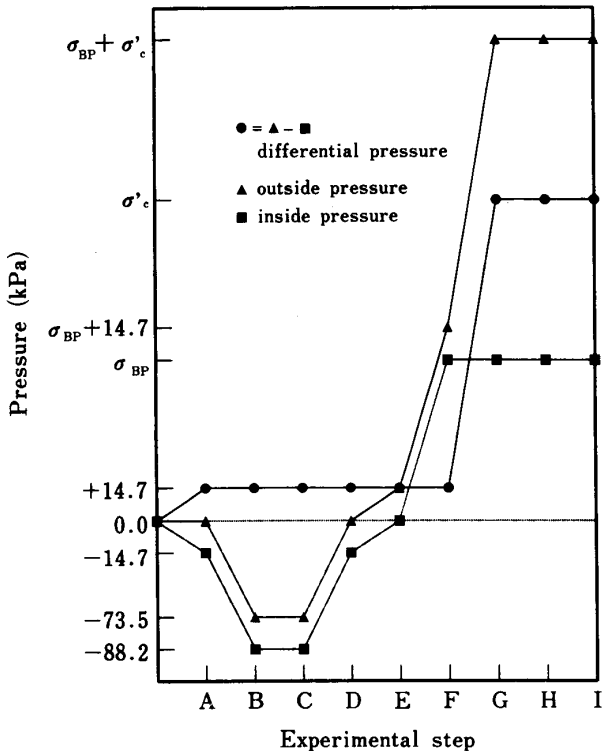


Fig. 5. Procedure of controlling pressure inside and outside a specimen.

よる供試体内部の圧力 (p_i) を -88.2kPa (-0.90kgf/cm^2) まで $+14.7\text{kPa}$ の有効拘束圧を保ちながら調整する。この時の圧力の変化量は -4.9kPa (-0.05kgf/cm^2) ずつ徐々に行った。

(9) [StepB~C]

圧力が平衡状態 (約10分) に達したら, 供試体下部に接続した脱気水槽 B を持ち上げて供試体上下間に水頭差 (約1 m) をつけ, 脱気水を供試体の下端から供試体内部にゆっくりと流入し, 供試体を飽和させる。通水時は, 水槽の水位変化から流入量を確認する。また, 水槽 A 側へ気泡の混入がない脱気水が連続して流れてくるようになったら通水を止める。

(10) [StepD]

通水終了後, $+14.7\text{kPa}$ の有効拘束圧を保ちながら三軸室内圧力 (p_e) を大気圧に, 供試体内部の圧力 (p_i) を -14.7kPa に調整する。なお, 圧力は 4.9kPa ずつゆっくりと上昇させる。

(11) [StepE]

三軸室内に負圧を供給していた配管をコンプレッサーより供給される正の圧力をかけられる配管に切り換える。供試体内部の負圧 (p_i) を -14.7kPa からゼロ (大気圧) にして負圧を解除すると同時に三軸室内圧力 (p_e) をゼロから $+14.7\text{kPa}$ に増加させる。これは, 水による膨潤のため, 供試体が崩れるのを防ぐためである。

(12) 水槽 A, B のつながったチューブを取り外し, 排水量測定のための二重管ビューレットを接続する。間隙水圧計, 差圧計の空気抜きも行う。

(13) 動ひずみ計測器はあらかじめエージングを行い, 検出器とパソコンの配線を確認した後, アプリケーションプログラムをスタートする (アンプのリセット)。

(14) [StepE: 背圧を加える試験]

供試体下端より目的の背圧 (σ_{BP}) を加える。同時に, ピストンを固定してあるクランプを緩めて, ペロフラムシリンダーによる軸方向圧力と拘束水圧を背圧より $+14.7\text{kPa}$ だけ大きくなるように供試体に加える。その後, 供試体上端につながるバルブも開放し, 平衡させる。

(15) [StepG: 圧密圧力の操作]

排水用バルブを閉じて, ペロフラムシリンダーによる軸方向圧力と拘束水圧を所定の有効圧密圧力 (σ'_c) となるように増加する。背圧を加える試験では, 背圧分だけ軸方向圧と拘束水圧を増圧させることになる。

(16) [StepH: 圧密過程]

二重管の排水量測定用ビューレットの水位平衡用のバルブを測定側に切り換えて、排水用バルブ C, D を開放すると同時にプログラムをスタートし、圧密を開始する。圧密終了時間は、排水量の変化割合から判断する（体積変化率0.01%/min 以下）。

(17) 圧密終了後、排水用バルブを閉じ、クランプを締めたら、拘束圧力をわずかに増圧、あるいは減圧させて、供試体内部の圧力変化を間隙水圧計で測定し、B 値により供試体の飽和度を確認する。

(18) [StepI: 剪断過程—ひずみ制御試験]

載荷台を上昇させ、荷重計をピストンに密着させる。クランプを緩めて、全アンプをリセットしたらプログラムを再スタートする。軸圧縮速さは0.1%/min 以下とし、試験終了は応力がピークを示して、残留強度状態になったか、軸ひずみが15%になるまで行う。

(19) 供試体の変形・破壊状況を観察、記録する。拘束水の減圧と載荷台を下降する。三軸圧力室を解体し、供試体の湿潤質量を測定した後、炉乾燥する。

(20) 供試体の乾燥質量を測定して、試験結果の整理をする。なお、圧密、剪断過程のデータはフロッピーディスクに保存され、プリンター、プロッターによる結果はリアルタイムで出力される。

実験結果と考察

1. 初期飽和の方法の比較

初期飽和度を高める目的から、提案したシラスに対する飽和方法と異なる二種類の比較試験を併せて行った。Table 2 に示すように、供試体に14.7kPa の拘束圧をかけた状態で、自然に脱気水を流入させる方法 (a)、真空ポンプで強制的に流入させる方法

(b)、(c) を実施したが、供試体全体にわたって、圧力の平衡が保たれないために供試体下部が崩れたり、水みちができたりして、間隙水圧係数 B 値を算出しても満足のいく結果が得られなかった。ところが、真空法 (d) を適用すれば、外見上、表面は初期状態を保持していて、B 値の値からも満足のいく飽和度が得られている。さらに、試験後の正確な含水比測定には問題が残るものの、他の方法と比べると飽和度は非常に高いといえる。

真空法を適用すれば常に B 値0.95以上を示し、初期飽和度をより改善でき、有効であることがわかった。また、前述したように背圧の併用で、三軸試験中には完全飽和に近い状態となる。

2. 背圧と非排水強度特性

非排水強度に及ぼす背圧の影響を調べるために行った三軸試験結果を Table 3 に示す。圧密はいずれも有効拘束圧294kPa (3.0kgf/cm²) とし、軸圧縮速さは0.1%/min のひずみ制御で実施した。No. 1 は背圧を加えない非排水 (CU) 試験、No. 2 は排水 (CD) 試験、No. 3, 4 は背圧の大きさの違いを比較するための非排水 (CU) 試験で、それぞれ196kPa (2.0kgf/cm²)、98kPa (1.0kgf/cm²) の背圧の値とした。No. 5 は自然状態の試料を飽和させずに不飽和状態で使用した CU 試験である。Fig. 6 に応力～ひずみ曲線と、間隙水圧から背圧を差し引いた有効間隙水圧とひずみの関係を図示した。

応力～ひずみ曲線からわかるように飽和供試体での最大軸差応力は CD 試験がもっとも大きく、他の CU 試験は少々の違いはあるものの、ほぼ同値を示している。しかし、圧密過程から背圧を適用したために、背圧を加えない試験に比べて圧密時の排水量が約 2/3 と小さく、剪断前の間隙比が多少異なる。

Table 2. Comparisons between saturation and pore pressure coefficient B by means of three types of saturation method

Condition of specimen	Physical properties and pore pressure coefficient		(a)	(b)	(c)	(d)
			Naturally saturated	Compulsorily saturated (-90kPa)	(-51.6kPa)	Vacuum procedure
Initial	Moisture content	w ₀ (%)	12.4	12.5	12.9	12.7
	Dry density	ρ _d (g/cm ³)	1.211	1.227	1.217	1.214
	Void ratio	e ₀	0.981	0.955	0.971	0.976
	Degree of saturation	S ₀ (%)	30.3	31.4	31.9	31.2
Final	Moisture content	w _r (%)	37.3	38.6	36.8	41.8
	Degree of saturation	S _r (%)	85.6	87.7	84.0	102.7
	Pore pressure coefficient	B	0.756	0.823	0.734	0.978

Table 3. Results of compacted specimens obtained by using back pressure procedure

Condition Physical properties of sample			1	2	3	4	5*	
Initial	Moisture content	$w_0(\%)$	12.7	12.7	12.8	12.5	13.0	
	Dry density	$\rho_d(\text{g/cm}^3)$	1.213	1.206	1.217	1.218	1.213	
	Void ratio	e_0	0.978	0.989	0.971	0.970	0.978	
	Degree of saturation	$S_0(\%)$	31.2	30.8	31.6	30.9	31.9	
Type of test			CU	CD	CU	CU	CU	
Consolidation pressure			$\sigma_3(\text{kPa})$	294	294	294	294	294
Back pressure			$\sigma_{BP}(\text{kPa})$	0	0	196	98	0
Final	Moisture content	$w_f(\%)$	40.9	39.3	40.7	41.3	15.3	
	Void ratio	e_f	0.941	0.952	0.971	0.936	0.976	
	Degree of saturation	$S_f(\%)$	104.3	99.0	103.4	105.9	37.6	
Compression rate			(%/min)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

*Unsaturated specimen

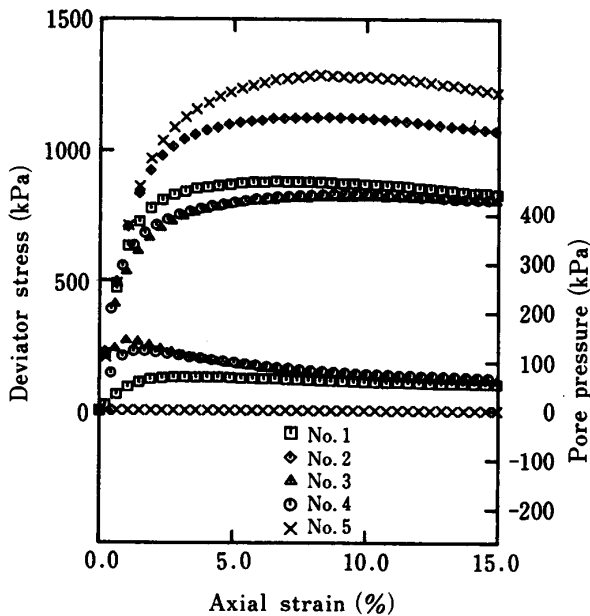


Fig. 6. Relationships between axial strain, deviator stress and pore pressure at several back pressures.

これに起因するためか、背圧を加えた試験の強度が加えない試験より幾分小さい結果となった。

間隙水圧の変化を見てみると、背圧の有無の効果がたいへん顕著である。すなわち、背圧196kPaではひずみが1.0%の付近でピークを示しているが、背圧を加えないものは間隙水圧にピークが見られない。不飽和供試体ではほとんど測定が困難である。このことから、間隙水圧の測定には、完全飽和供試体が必要不可欠で、さらには、有効応力での非排水強度を求めるためには、背圧の適用が有効であることがわかる。数本の同種の試験を行ってみて、背圧が

大きいと、間隙水圧のピークが大きくなり、それとは反対に軸差応力の出力が幾分小さくなる。つまり、飽和シラスの最大軸差応力は、背圧の適用による間隙水圧の発生ひいては供試体の飽和度に影響を受ける。

3. 有効拘束圧と非排水強度

飽和供試体の非排水強度定数を求めるために、背圧を196kPaに統一し、3時間の真空法で飽和させた後、圧密、剪断時の有効拘束圧294, 196, 98kPaの3種類の試験を実施した。なお、いずれも圧密終了後のB値が1.0を示した供試体のみ剪断過程に進んだ結果である。これらの応力～ひずみ曲線、間隙水圧～ひずみ曲線をFig. 7に示した。

軸差応力はピークを示した後、少し下がって残留強度状態になる。一方、間隙水圧はひずみの小さい段階でピークを示し、一定状態に落ちつく傾向を示す。有効拘束圧196kPaの試料では、ほぼゼロ付近に推移し、98kPaの間隙水圧曲線は負に転じている。

有効拘束圧の違いによる非排水強度のピーク値よりモールの応力円を描くと、Fig. 8のようになる。モール・クーロンの破壊規準により内部摩擦角と粘着力を求めると全応力表示では $\phi_{cu}=21.0^\circ$, $c_{cu}=182.8\text{kPa}(1.9\text{kgf/cm}^2)$, 有効応力表示では $\phi'=41.0^\circ$, $c'=12.8\text{kPa}(0.13\text{kgf/cm}^2)$ である。この有効応力表示での値はCD試験の値($\phi_d=42.5^\circ$, $c_d=0.0\text{kPa}$)とほぼ一致することからも、満足のいく強度定数が本試験より実測できたことがわかる。

要 約

締固めた試料の完全飽和供試体を作製する目的か

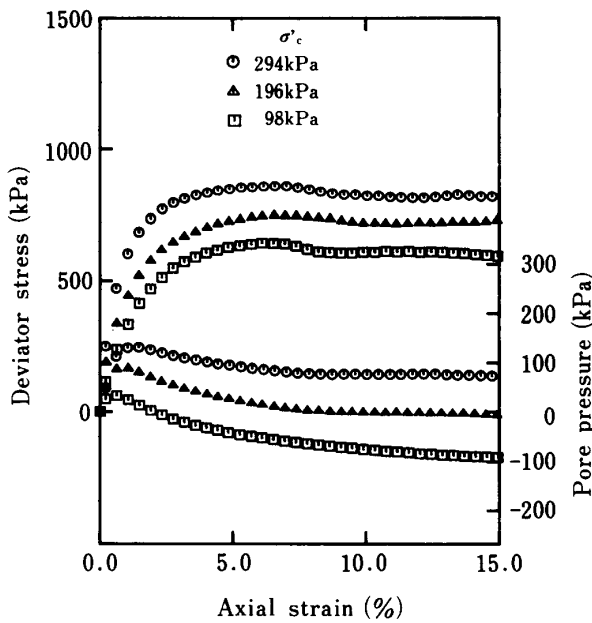


Fig. 7. Relationships between axial strain, deviator stress and pore pressure at several effective confining pressures.

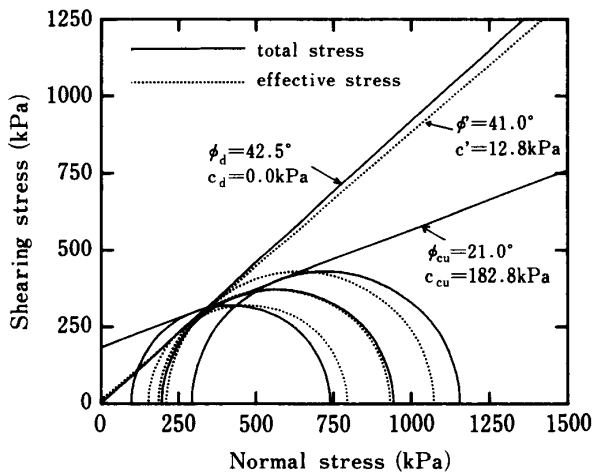


Fig. 8. Mohr's stress circles and Mohr-Coulomb's failure criterions.

ら、真空法を利用し、シラスに適する負圧値や飽和に要する時間を検討した。本報告で述べたような手順で実験を行うと、個人差による誤差が少なく、供試体の一様性が保たれるため、データのばらつきが軽減されることがわかった。

真空法は土の構造を維持した状態で初期飽和度を高めることができるため、背圧との併用でかなり高い飽和度が実現できることが理論と実験結果から実証できた。したがって、三軸室を使用して実験する各種試験においても、ここに示した方法で飽和供試体を準備することができる。

さらに、シラスの非排水試験を実施して、間隙水圧の測定より、背圧の適用が正確な強度定数を求めるのに不可欠であることが明らかとなった。また、背圧の大きさについては、B 値の検定と剪断過程における間隙水圧の変化量の関係から、特に低圧領域における試験では196kPa (2.0kgf/cm²) で十分である。

文 献

- 1) Bishop, A. W. and Eldin, G.: Undrained triaxial tests on saturated sands and their significance in general theory of shear strength, *Geotechnique*, **2**, 13-32 (1950)
- 2) 土質試験の方法と解説：土質工学会, p. 331-338 (1990)
- 3) Lowe, J. and Johnson, T. C.: Use of back pressure to increase degree of saturation of triaxial test specimens. Research Conference on Shear Strength of Cohesive Soils, ASCE, 819-836 (1960)
- 4) Rad, N. S. and Clough, G. W.: New procedure for saturating sand specimens. *Jour. of G. E. Div.*, ASCE, **110** (GT9), 1205-1218 (1984)
- 5) Skempton, A. W.: The pore-pressure coefficients A and B. *Geotechnique*, **4**, 143-147 (1954)
- 6) 龍岡文夫：土質せん断試験機の設計と製作—試験法あれこれ—第12回, *地質と調査*, **3**, 53-58 (1986)
- 7) 龍岡文夫：第3回三軸圧縮試験実技講習会報告. *土と基礎*, **35**, 89-93 (1987)

Summary

For the purpose of preparing a fully saturated specimen of compacted SHIRASU to be used in the triaxial test, this research was carried out by investigating the vacuum value and the suitable time necessary for saturation of the specimen by means of the vacuum procedure aptly applied.

By the saturation method executed in such a manner as shown in this paper, it was ascertained that the variations in the sampling data could be rendered less both by diminishing the individual errors due to experimenters as slight as possible and by maintaining the initial condition of the specimen as constant as possible.

Owing to the fact that the initial degree of saturation was kept to be high by the vacuum procedure under the protected soil structure, it was shown, both from the theoretical equations and from experimental results, that a higher degree of saturation could be brought out by this procedure applied together with the back pressure. Hence, the possibility of utilizing this method for any other tests in the triaxial cell.

In addition, after the execution of the consolidated undrained test it was clarified that the applying of the back pressure was indispensable for deciding the exact strength parameters, based on the measuring of the pore pressure. And judging both from the inspections of pore pressure coefficient B -value and from the relations of magnitudes of pore pressure to it during the shearing stage, it was assumed that as to the value of back pressure, especially when it was under the low confining pressure range, that of 196kPa (2.0kgf/cm²) might be fixed as a reasonable one.