

サクシヨンを制御できる三軸試験機の試作とその適用

山口大学工学部 正 員 安福規之 山本修三 村田秀一
山口大学大学院 学生員 大原 誠○梶原佳幸

1. まえがき：従来までの多くの研究¹⁾によって、不飽和土の力学挙動を評価する上で、サクシヨンの応力パラメーターとして有効なものであるということが既に示されている。本研究では、この観点から、不飽和土の力学挙動を明かにする第一歩として、サクシヨンを任意に制御できる不飽和土用三軸試験機を新たに試作し、その適用性について若干の検討を行った。

2. 試験機の特徴：今回試作した試験機では、軸荷重、間隙空気圧、側圧の3要素の載荷と、軸荷重、軸変位、体積変化、側圧、間隙水圧、間隙空気圧、吸排水量の7要素の計測が可能である。軸変位については、非接触変位計により微小変位も同時に計測可能である。

表 1 載荷装置の性能

側 圧	最大7kgf/cm ² まで負荷可能
間隙空気圧	最大7kgf/cm ² まで負荷可能
軸 荷 重	最大500kgfまで負荷可能 (軸荷重計による測定範囲)

表 1, 2 に載荷装置、計測装置の性能を示す。

表 2 計測装置の性能

	正式名称	機種	最大値	測定精度
側圧	ストレーンゲージ式圧力変換器	PW-10	10kgf/cm ²	0.01kgf/cm ²
間隙空気圧	ストレーンゲージ式圧力変換器	PW-10	10kgf/cm ²	0.01kgf/cm ²
間隙水圧	ストレーンゲージ式圧力変換器	PW-10	10kgf/cm ²	0.01kgf/cm ²
軸荷重	ストレーンゲージ式荷重変換器	TCLP-500KA	500kgf	0.1kgf
軸変位	ストレーンゲージ式変位変換器	CDP-25	25mm	0.01mm
体積変化量	差圧発信器	FFB-250	25ml	0.05ml
微小軸変位	非接触式変位計	TSU-5	2mm	0.001mm
吸排水量	電子天秤	FA-2000	2100g	0.01g
その他	二重ビュレット	—	25ml	0.01ml

不飽和土の力学挙動を調べる試験機には、(1) 間隙内の空気と水に対して、それぞれ独立した制御・計測が行えること、(2)要素としての体積変化量が測定できること、が必要である。そこで本試験機ではこれら2点についてそれぞれ以下のような対応をとった。

(1)間隙内の空気と水について：上部ペDESTALに空気は通して水は通さない樹脂フィルターを、下部ペDESTALには水は通して空気は通さないセラミックディスクをそれぞれ装着した。これにより、上部ペDESTALからは間隙空気圧の載荷を行い、下部ペDESTALからは吸排水量の測定あるいは、間隙水圧の載荷を行うことが可能となった。

(2)体積変化量測定について：本試験機には、写真1に示すように、三軸セル室にBishopらの提案した²⁾二重セル型を採用した。これにより体積変化量は内側のセル（以下内セルと称する）内の水位の変化によって測定することができる。図1はその三軸セル室の概念図である。差圧発信器により内セル内の水位と側液の水位の差は常時測定されるので、基準水位 h_1 と測定水位 h_2 が分かれば次式①②によって体積変化を計算することができる。

$$\Delta h = h_2 - h_1 \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

$$\Delta V = \frac{\pi}{4} \Delta h (D_i^2 - D_o^2) - (\text{補正量}) \dots\dots \textcircled{2}$$

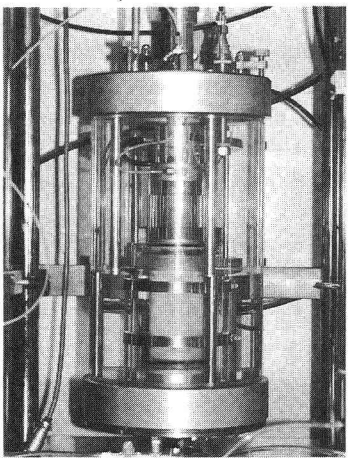


写真 1 三軸セル室

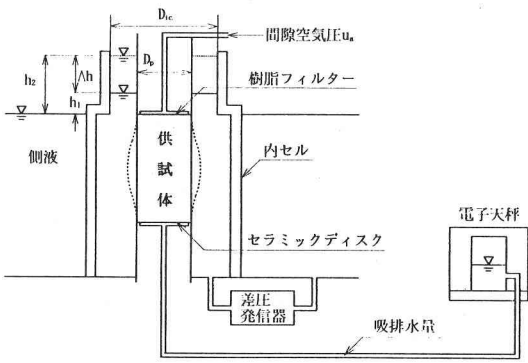


図 1 三軸セル室概念図

3. 実験方法：実験には、地下構造物と支持地盤の間に充填する

材料（充填材）として用いられるベントナイト混合材を使用し、供試体は供試体作製用モールド（直径5cm、深さ10cm）に、最適含水比状態にある試料が、所定の密度（ $0.95\gamma_{dmax}$ ）となるように

7層に分けて入れ、各層につき15回ずつタンパで突き固めて作製した。表3に試料の物理的性質を示す。

また、せん断は、側圧一定、ひずみ速度一定（0.05%/min）のひずみ制御方式で行った。

本研究で使用したパラメーターは、平均主応力 $p=(\sigma_a+2\sigma_r)/3$ 、軸差応力 $q=\sigma_a-\sigma_r$ 、応力比 $\eta=q/p$ 、サクシオン $S_u=u_a-u_w$ 、体積ひずみ $v=\varepsilon_a+2\varepsilon_r=dV/V$ 、軸差ひずみ $\varepsilon=\varepsilon_a-v/3=2(\varepsilon_a-\varepsilon_r)/3$ 、吸排水率 $v_w=dV_w/V$ である。

4. 実験結果と考察：図2に、今回行った実験の応力経路を示す。実験はすべて、所定のサクシオンを載荷後、平均主応力を載荷する経路を採用した。また図3には、サクシオンの違いに着目したせん断時の応力ひずみ関係を示す。図3中の実線は、比較のために、他の試験機を用いて行った、 $S_u=0\text{ kgf/cm}^2$ （飽和）の場合の実験結果である。これらの結果から、軸差ひずみの生じ方や、破壊時の応力比には明確なサクシオン依存性は表れておらず、また、体積変化特性については非常に複雑な挙動を示しているということが分かる。現段階においては、このような挙動は、供試体の本質的なものに起因せず、試験機の精度の影響がほとんどであると考えられるので、今後は更に、試験機の精度を向上させる必要があると言える。

表3 試料の物理的性質

比重	2.655
最適含水比 (%)	11.9
最大乾燥密度 (kgf/cm ²)	1.82

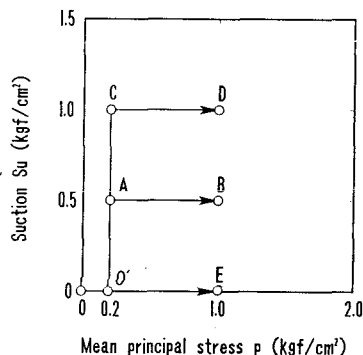


図2 応力経路図

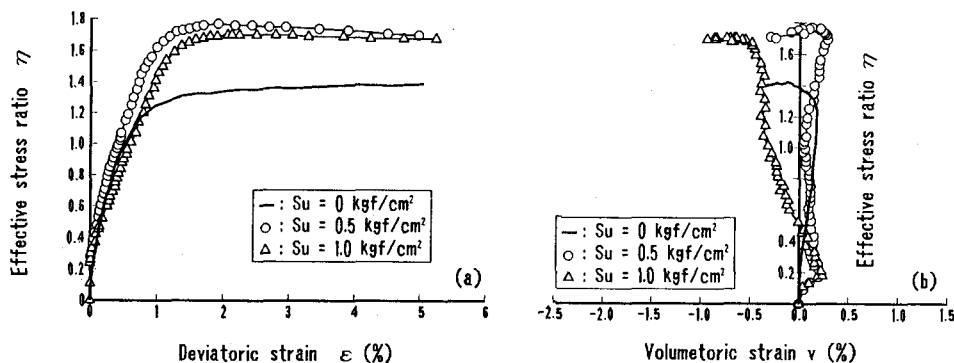


図3 せん断時の応力ひずみ関係

5. まとめ：本研究ではサクシオンを制御できる三軸試験機を試作し、その適用性について具体的な実験結果から検討を行った。その結果として、処女データとしてはまずまずのものが得られたと判断できるが、より詳細な考察を行うためには、今後、体積変化測定等、試験機の精度をさらに向上させる必要があるということが示された。

参考文献

- 1) 村田秀一、兵動正幸、安福規之：サクシオンを用いた不飽和土の力学挙動の評価，不飽和土の工学的性質研究の現状シンポジウム発表論文集，pp. 11-16, 1987
- 2) Bishop, A. W.: The measurement of pore pressure in the triaxial test, Proc. Conf. Pore pressure and Suction in Soils, pp. 38-46, 1960