

不飽和土の排気・排水三軸圧縮挙動

鳥取大学工学部（正） 清水正喜
鳥取大学工学部（学）岡本佳子

1. はじめに

シルト質土の不飽和試料に対して、圧密・排気排水三軸圧縮試験を行った。まず、不飽和供試体を再現性を持って作成するのに適した試料の選定と、試験装置の改良を試みた。試験結果より、等方圧縮過程及び軸圧縮過程での吸排水・体積圧縮挙動及び強度に与えるサクシオン及び拘束圧の影響について調べた。

2. 試料及び供試体

原試料は藤の森粘土であり、それを 2 通りの方法で粒度調整した(表 1)。粒度調整試料の含水比を 80%に調整し、直径 6cm、高さ 14cm の 1 次元圧密容器で予圧密した(最大圧密荷重 49.1kPa)。それを直径 3.5cm の円柱供試体に成形した。作成された供試体は飽和している。

表 1：試料の物理的性質

	試料①	試料②
ρ_s (Mg/m ³)	2.691	2.707
w_L (%)	58.8	56.5
w_p (%)	38.1	37.9
I_p	20.7	18.6
細砂 (%)	60.5	72.7
シルト (%)	24.5	18.8
粘土 (%)	15.0	8.5

3. 試験装置及び方法

用いた装置の構成を図 1 に示す。排水量は二重管ビュレット内水位、体積変化量は内セル内水位の変動量をそれぞれ測定することによって算定できる。本研究ではタイプが異なる 2 種類の内セルを用いた。ひとつ

は前報¹⁾で示した従来型内セルであり、他は図 1 に示す改良型内セルで、測定精度の向上と組み立ての簡便を図った。

等方圧縮過程では常に排気状態とし、所定のセル圧、間隙空気圧及び背圧を与え、供試体を不飽和にした。等方圧縮は段階的に行った。圧力操作は非排水で行い、排水にして排水量の変化が落ち着くまで測定した。軸圧縮過程では排気排水状態で一定の速度(0.00428 mm/min)で圧縮した。不飽和供試体と比較するため、飽和供試体の三軸圧縮試験も行った。方法は、地盤工学会基準(JSF T 524-1990)に準じた。圧縮速度は不飽和供試体と同じにした。各供試体の試験条件を表 2 に示す。

表 2：試験条件（単位：kPa，%）

	試験 No	σ_3'	s	σ_{net}	S_{r0}	試料	内セル	補正法
飽和	H0.8	78.6	-	-	-	①	—	—
	H1.2	117.8	-	-	-	①	—	—
	H1.6	157.1	-	-	-	①	—	—
	H2.0	196.4	-	-	-	①	—	—
不飽和	F2	-	49.1	78.6	90.4	①	従来型	A
	F3	-	49.1	78.6	89.1	①	従来型	A
	F5	-	68.7	78.6	91.0	①	従来型	A
	F6	-	49.1	196.4	93.5	①	改良型	A
	F8	-	68.7	196.4	95.3	①	改良型	B
	F9	-	49.1	117.8	89.6	②	改良型	B

S_{r0} ：等方圧縮過程終了時の飽和度

4. 結果及び考察

4.1 セル圧変動による内セル水位変動量の補正

セル圧を上げると内セルの水中の微細な気泡が圧縮され、内セル内水面が低下して供試体の体積圧縮量を過大に評価してしまう。そこで、セル圧と内セル水位の関係を予め求め、供試体の体積圧縮量を補正した。2 通りの方法(方法 A、方法 B)で行った。

方法 A：土の供試体の代わりに、鋼の円柱を用いて、実際の試験と同じ圧力条件でセル圧を変動させ内セル水位変動量を求め、補正する。

方法 B：セル圧及び内セル水位の変動量の関係が直線になるようなセル圧の範囲(68.7～343.7kPa)で試験を行い、内セル水位変動量を直線の傾きから求め、補正する。直線の範囲では、セル圧の大きさに依らず一定の係数で補正することができるので、方法 A よりも簡単であり精度もよい。

4.2 等方圧縮挙動

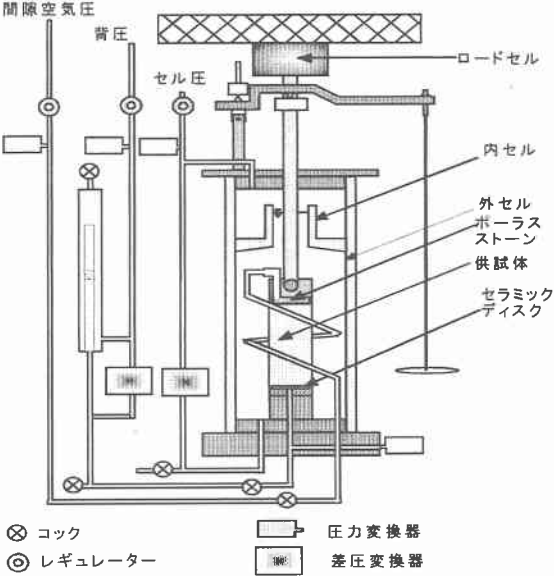


図 1: 装置構成

図2に一例として拘束圧 σ_{net} を一定 ($=19.6\text{kPa}$) に保ってサクシオン s を -19.6 から 49.1kPa に上げた時の結果を示す。 s を上昇させた時には、ほとんどの供試体で体積変化 ΔV が落ち着いた後も排水が続く、排水量が体積圧縮量を上回っていた。等方圧縮過程終了後の飽和度は $89\%\sim 96\%$ になった(表2)。尚、F9では試料が粗いことから拘束圧の大きさに比べると飽和度が低い。

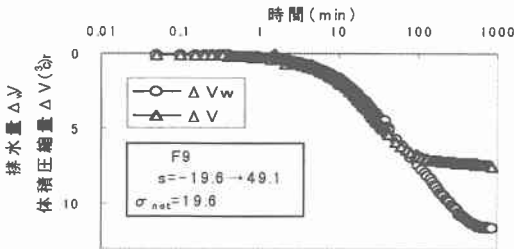
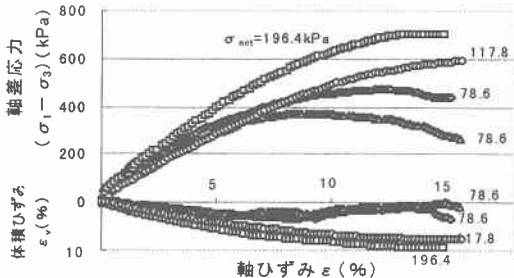


図2：等方圧縮挙動（サクシオン増加時）

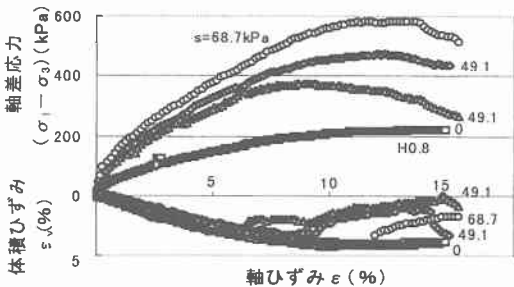
4.3 セン断挙動

図3に軸差応力 ($\sigma_1 - \sigma_3$) 及び体積ひずみ ε_v と軸ひずみ ε の関係を示す。図3(a)は s 一定 ($=49.1\text{kPa}$) で σ_{net} の影響を、(b)は σ_{net} 一定 ($=78.6\text{kPa}$) で s の影響を調べたものである。

同図(a)より拘束圧 σ_{net} が増加するに従い $\sigma_1 - \sigma_3$ も ε_v も増加している。 $s=68.7\text{kPa}$ の時も同じ傾向を示した。また、 ε_v について F2, F3 は圧縮から膨張に転じているが他は圧縮のままである。この挙動の違いは



(a) $s=49.1\text{kPa}$



(b) $\sigma_{net}=78.6\text{kPa}$

図3：軸差応力・体積ひずみと軸ひずみの関係

σ_{net} もしくは内セルの機構がちがうことに起因するものと思われる。従来型の内セルでは、供試体にすべり面が入るとキャップが傾き体積変化を正確に評価できていない可能性がある。しかし、本研究ではどちらの要因が大きく影響しているかは、明らかにすることができなかった。

図3(b)より ($\sigma_1 - \sigma_3$) に関しては、飽和より不飽和が、不飽和の中では s の大きな供試体が大きくなった。他の拘束圧の時も同じ傾向を示した。体積圧縮挙動に関しては、先に述べた理由で明言できない。

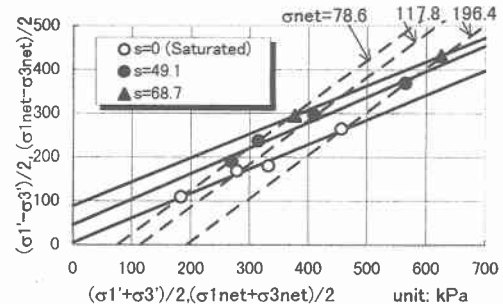


図4：破壊時の応力状態

4.4 強度特性

図4に各供試体の破壊時の応力状態を示す。 σ_{net} が同じであれば s の大きいものが、また s が同じであれば σ_{net} が大きいほど破壊時の軸差応力は大きくなる。

表3に強度パラメータを示す。本研究ではすべての供試体で飽和度は90%前後と高いが、強度に対するサクシオンの影響が顕著であるといえる。またサクシオンによる強度の増加は、見かけの粘着力の増加であるといえる。

表3：強度パラメーター

	s (kPa)	せん断抵抗角	見かけの粘着力
不飽和	49.1	$\phi_{net}=35.3^\circ$	$c_{net}=44.2\text{kPa}$
	68.7	$\phi_{net}=33.3^\circ$	$c_{net}=89.4\text{kPa}$
飽和	0	$\phi_u=34.1^\circ$	$c_u=4.9\text{kPa}$

5 おわりに

- (1) 内セルの構造を改良することにより、体積変化を測定する精度を上げることができた。
- (2) セン断強度には s と σ_{net} の影響が顕著に現れる。
- (3) セン断中の体積圧縮挙動は σ_{net} の影響を受けるが、 s の影響については見ることはできなかった。
- (4) 強度は、飽和度が高くても s が作用していれば大きくなる。

参考文献

- 1) 清水正喜・笹井維人：不飽和土用三軸圧縮試験装置によるシルト質土のせん断，第51回土木学会中国支部研究発表会発表概要集，pp361-297