

九州大学工学部

う
う
う

正員

学生員

内田 一郎
松本 錬
鬼塚 三
田中 忠
拓郎

1. まえがき 土の三軸圧縮試験において、不飽和土の間げき圧測定には、これまで細いU字管による零指示計が広く用いられてきた¹⁾。著者はワイヤーストレインゲージを利用した小型圧力計を普通の三軸圧縮室につけて、この間げき圧の測定を試みた。今後改良を加えることができれば小型圧力計は役立ちそうに考えられるので、その装置、試験方法と結果、問題点などについて報告する。

2. 試料と供試体 福岡市金山産のマサ土の5 mmフルイ通過試料を、予定の含水比と密度とを得るように調整したあと、鉄製円筒につめて上下両端から圧縮し、直径約5 cm、高さ約12.5 cmの供試体を押しだした。試料の物理的性質は表-1のとおりである。

表-1 試料の物理的性質

試料	総乾比重	LL	PI	粒 度				三角座標による分類
				レキ	砂	シルト	粘土	
マサ土	2.65	36	5	8.1	63.1	21.3	7.5	砂質ローム

3. 測定装置 測定装置の概略を図-1に示す。

小型圧力計は図-2に示すようなダイヤフレーム型で、外径50 mm、高さ27 mm、受圧板の直径40 mm、測定範囲は+3 ~ -1 kg/cm²である。受圧板は5 mm巾の外縁より0.2 mm低い。このため垂直軸圧は圧力計にのせた直径50 mm、厚さ5 mmの有孔円板を経て圧力計の外縁で支持される。水圧で測定した圧力計のよみの誤差は0.02 kg/cm²である。また有孔円板の空げきは0.035 cm³、圧力計上部の空げきは0.251 cm³である。ストレインインジケーター、体積変化測定装置、定液圧装置などについては説明を省略する。

4. 試験方法 試験は非排水試験を行なった。試験の順序は(1)小型圧力計の零調整、(2)供試体をセットする直前の体積変化測定装置のキャリブレーション、(3)側圧による供試体の変形量測定、(4)セン断試験の4段階である。(2)と(3)において、図-1の水銀柱dの静止には相当の長時間を要することは図-3のとおりであるが、この試験では水銀柱dは30分後に測定することにした。セン断速度は0.9 %/minである。

5. 試験結果と考察 不飽和土の間げき圧は一般に次式で表わされる²⁾ $u = u_a + u_c$

$$u_a = \frac{p_a \Delta V}{u_a + h V_w - \Delta V}, \quad u_c = -T_s \left[\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right]$$

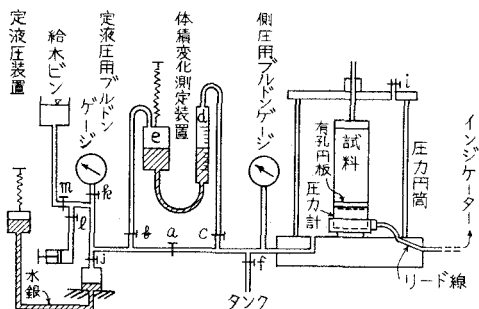


図-1 三軸圧縮試験装置

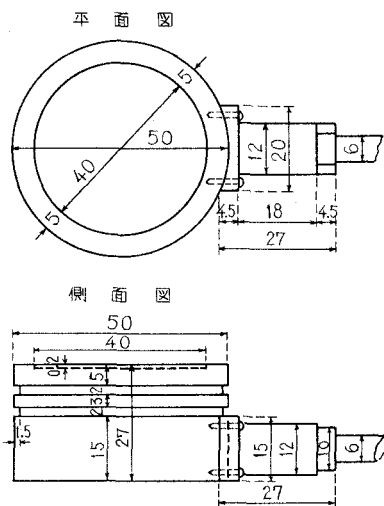


図-2 小型圧力計 (単位 mm)

ここに、 u ：間げき圧， u_a ：空気圧， u_c ：毛細管圧， p_a ：初期間げき空気圧（大気圧， 1.03 kg/cm^2 ）， ΔV ：供試体全体積に対する体積変化率， u_a ：供試体全体積に対する空気の含有率， u_w ：供試体全体積に対する水の含有率， h ：Henryの空気溶解率（0.02を使用）， T_s ：表面張力， r_1, r_2 ：曲率半径

上式でわかるように、不飽和土の強度特性を厳密に解明するには、 u_a と u_c とを分離して測定する必要がある。ここではその1段階として u_c は考えないこととし、供試体底部の間げき空気圧を測定した。その結果を表-2に示す。表-2からつぎのことがいえそうである。(1) u_a と ΔV にバラツキがあるのは、体積変化測定装置の欠点からと、供試体とゴム膜の間に存在する空気から生じたものであろう。(2)等方圧縮終了時および軸差応力最大時にあいて、側圧が小、飽和度が小の条件では、間げき空気圧の実測値と計算値とは可なりよく合っている。これは飽和度が高くなると空気含有率が小さくなるので、体積変化の測定誤差が間げき空気圧に大きく影響するためと考えられる。(3) u_c は飽和度の増加と共に小さくなる。 ϕ は u_c より大きい。

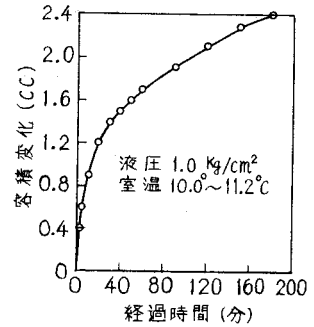


図-3 圧力円筒などの容積変化と時間

6. 試験装置の問題点 (1)本装置では不飽和土の圧密非排水試験の間げき空気圧と、不飽和土中を下から上へ水を通して供試体を飽和させる操作が不可能である。(2)小型圧力計は現在まで5ヶ月使用して故障はないが、その性能を保ち得る期間が不明である。(3)体積変化測定装置は冬期にビニール管が硬化し、水銀そうじの自由移動が拘束されて測定が不正確になる、などの問題点がある。

7. むすび 上に述べたように、本装置には多くの問題点がある。しかし、(1)飽和土の間げき水圧と不飽和土の間げき空気圧を簡単に測定できる。(2)零指示計のように気ほうを抜く面倒がない。(3)排水、排気しながら供試体底部の間げき圧の測定ができる、などの利点があるので、三軸圧縮試験の間げき圧測定に小型圧力計を利用するのも捨てがたい方法と考えられる。

表-2 不飽和土の三軸圧縮試験結果(金山マサ土)

(注1) ΔV 、 Δu は土が膨張を-が収縮を表わす。

(注2) 有効応力(仮称) = 全応力 - 間げき空気圧

試験番号	側圧	含水比	乾燥密度	初期間げき比	飽和度	最大軸差応力	最大軸差応力時ひずみ	等方圧縮終了時ひずみ	最大軸差応力時体積変化率	最大軸差応力時空気圧変化率	供試体圧力計読み	等方圧縮終了時圧力計読み	等方圧縮終了時空気圧計読み	軸差応力最大時圧力計読み	全応力によるせん断抵抗力	有効応力によるせん断抵抗力	有効応力によるせん断抵抗力	有効応力によるせん断抵抗力
	σ_3 (kg/cm²)	w (%)	ρ_d (g/cm³)	e	S_r (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kg/cm²)	ϵ_f	ΔV_0	ΔV_f	Δu	u_a (kg/cm²)	u_c (kg/cm²)	u_w (kg/cm²)	u_f (kg/cm²)	Φ_u	C_u (kg/cm²)	ϕ'	$c'(\text{kg/cm}^2)$
7	0.5	13.3	1.472	0.785	44.5	1.49	15.30	-0.021	-0.027	0.245	0.08	0.09	0.09	0.12	30°16'	0.095	32°42'	0.101
	1.0	13.0	1.340	0.891	38.3	2.19	16.92	-0.047	-0.042	0.291	0.17	0.20	0.40	0.46				
	1.5	13.2	1.450	0.812	42.7	3.30	18.65	-0.056	-0.108	0.258	0.20	0.28	0.52	0.72				
	2.0	13.4	1.471	0.787	44.7	4.56	15.44	-0.064	-0.116	0.244	0.29	0.36	0.66	0.41				
8	0.5	19.3	1.460	0.800	63.4	0.83	18.40	-0.025	-0.043	0.163	0.15	0.18	0.27	0.35	20°50'	0.103	36°57'	0.033
	1.0	19.3	1.468	0.790	64.2	1.39	18.51	-0.037	-0.068	0.159	0.29	0.30	0.54	0.67				
	1.5	19.3	1.455	0.806	62.9	2.05	18.55	-0.054	-0.091	0.166	0.38	0.47	0.87	1.16				
	2.0	19.5	1.469	0.789	65.0	2.45	12.73	-0.075	-0.112	0.155	0.57	0.89	1.23	2.34				
12	0.5	7.4	1.778	0.478	40.7	4.42	4.15	-0.010	+0.005	0.195	0.06	0.06	0.05	0.05	39°40'	0.803	40°13'	0.829
	1.0	7.3	1.762	0.491	39.1	7.31	4.54	-0.020	+0.019	0.202	0.10	0.11	0.08	0.10				
	1.5	7.4	1.759	0.494	39.4	8.77	4.52	-0.031	+0.030	0.201	0.13	0.16	0.10	0.15				
	2.0	7.3	1.782	0.475	39.8	10.31	4.59	-0.023	+0.025	0.193	0.12	0.14	0.10	0.18				
13	0.5	11.1	1.779	0.477	61.2	4.03	4.15	-0.010	-0.002	0.127	0.06	0.08	-0.03	0.002	38°41'	0.615	39°44'	0.520
	1.0	11.1	1.759	0.494	59.1	5.84	4.10	-0.015	+0.012	0.136	0.08	0.13	0.003	0.10				
	1.5	10.9	1.772	0.483	59.3	7.25	4.56	-0.019	+0.015	0.133	0.12	0.17	0.08	0.13				
	2.0	11.1	1.776	0.480	60.8	8.78	5.40	-0.022	+0.028	0.128	0.19	0.21	0.14	0.28				
14	0.5	14.6	1.759	0.444	77.7	3.15	7.36	-0.010	-0.006	0.075	0.11	0.15	-0.04	0.007	32°53'	0.516	39°56'	0.246
	1.0	14.8	1.736	0.514	75.7	4.13	5.31	-0.019	+0.014	0.083	0.21	0.29	0.10	0.20				
	1.5	14.8	1.754	0.498	78.1	5.54	5.80	-0.018	+0.016	0.074	0.28	0.30	0.32	0.26				
	2.0	14.8	1.747	0.504	77.2	6.64	6.57	-0.026	+0.028	0.078	0.37	0.47	0.41	0.52				

参考文献

- たとえば、山野、坂田“締固めた不飽和土の変形について”、土質工学会、第11回土質工学シンポジウム、P.73~79、昭和41年。など
- H.J.Gibbs and others: "Shear Strength of Cohesive Soils." p.76, Reserch Conference on Shear Strength of Cohesive Soils. Jun., 1960.