

西日本工業大学 正員 安原 一哉
徳山工業高等専門学校 正員 〇上 俊二

1. はじめに 構造物や基礎を支える地盤内では種々の応力状態が予測され、それに対応して対象としている地盤内の土の力学的挙動を明らかにする必要がある。圧縮時における正規圧密飽和粘土に関する研究は多い。それと比べ、伸張時の挙動に関するものはそれほど多くない。しかし、周知のように地盤内では伸張状態と考えられる場合も少なくない。また、地震時などの動的外力を受ける場合、圧縮から伸張状態へ主応力が回転する。このような状況に対応する飽和粘土の変形・強度特性についてはほとんど情報がない。そこで今回は、 K_0 圧密された飽和粘土の非排水三軸圧縮および伸張試験を行い、特に伸張時の強度特性について検討を行った。なお、本文は将来飽和粘土の動的強度変形に拡張するための基礎的研究の第一段階として位置づけている。

2. 実験概要 試料：従来から著者が用いているもので表-1に示す物理的性質を有する繰返し有明沖積粘土である。実験方法： K_0 圧密試験を行えるように工夫された三軸試験機を用いて供試体を側方変位のないよう側圧を調整して K_0 圧密させ、供試体上部よりバック・スレッシャーを負荷した後、応力制御法（1段階1時間毎載荷）により非排水三軸圧縮試験および伸張試験を行う。間デキ水圧の測定は供試体底部で行う。なお、試験条件は表-2にまとめて示す。これから明らかなように、 K_0 圧密後いったん圧縮方向にせん断後伸張方向へ反転させたもの（試験(1)）と、 K_0 圧密後伸張試験するもの（試験(2)）との挙動を比較することが本実験のねらいである。なお、今回の実験はいずれも軸方向応力を増減させて圧縮および伸張試験を行っている。

比重 G_s	2.65
液性限界 w_L (%)	115
塑性指数 PI	58

表-2 実験条件

試験(1)の圧縮側では平均主応力 p' が増加し、その後減少して破壊点付近で増加するのに対して伸張側では p' は減少して破壊点付近で増加する傾向がうかがえる。圧縮試験も伸張試験も同一の破壊線に到達している。特に、試験(1)と試験(2)の伸張試験の破壊線はそれほど大きく違わないようである。

試 験	K_0 圧密時 σ_a σ_r (kg/cm^2)	増加分重 $\Delta\sigma_a$ (kg/cm^2)	供試体寸法 (cm)	背 圧 B.P. (kg/cm^2)
COM. (1) ↓ EXT.	1.0 0.42	0.1 (0.05)	$H_s = 7.5$ $D_s = 6.0$	0.42
	1.5 0.72	0.15 (0.075)		0.72
	2.0 0.85	0.2 (0.1)		0.85
		-0.4 (-0.2) -0.5 (-0.25) -0.6 (-0.3)		
(2) EXT.	1.0 0.43	-0.2 (-0.1)	$H_s = 6.5$ $D_s = 6.0$	0.43
	1.5 0.68	-0.3 (-0.15)		0.68
	2.0 0.80	-0.4 (-0.2)		0.80

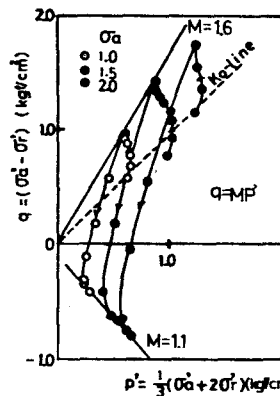
3. 実験結果とその考察 (1) 応力経路 図-1(a)(b)に両試験の応力経路を示す。試験(1)の圧縮側では平均主応力 p' が増加し、その後減少して破壊点付近で増加するのに対して伸張側では p' は減少して破壊点付近で増加する傾向がうかがえる。圧縮試験も伸張試験も同一の破壊線に到達している。特に、試験(1)と試験(2)の伸張試験の破壊線はそれほど大きく違わないようである。

(2) 強度定数 ϕ' と強度増加率 $C_{\phi p}$ 図-1の破壊線の勾配を M とすると強度定数 ϕ' は圧縮、伸張それぞれについて次式で表わされる。

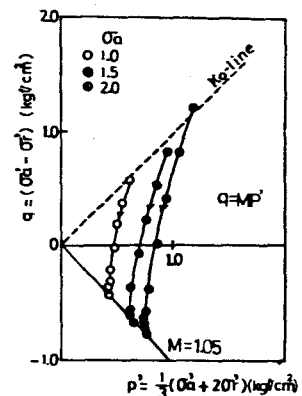
$$\sin \phi'_c = \frac{3M}{6+M} \quad (1)$$

$$\sin \phi'_E = \frac{3M}{3+M} \quad (2)$$

上式中の添字 C, E はそれぞれ Compression, Extension を意味している。以下、同様に



(a) 試験(1)



(b) 試験(2)

図-1(a)(b) 応力経路

用いるものとする。また三軸試験による Cu/p は一般に次式で計算できることが知られている。

$$\frac{Cu}{p} = \frac{(1 - \sin \phi' + Af \cdot \sin \phi') \sin \phi'}{1 + (2Af - 1) \sin \phi'} \quad (3)$$

ここで Af は破壊時の間ゲキ水圧係数であり、圧縮時と伸張時ではそれぞれ次式で与えられる。

$$Af_c = \Delta U_f / (\Delta \sigma_a - \Delta \sigma_r) f$$

$$Af_e = 1 - \Delta U_f / (\Delta \sigma_a - \Delta \sigma_r) f$$

ここで、 ΔU_f : 破壊時の間ゲキ水圧増分、 $\Delta \sigma_a$ 、 $\Delta \sigma_r$: 軸応力および側方応力の増分である。式(1), (2), (3)によって求められた圧縮時の有効内部マサツ角 ϕ' と強度増加率 Cu/p の計算結果を表-3にまとめて示す。これによると、 ϕ' は伸張時の方が圧縮時より 13° 近く大きい。また Cu/p は同じ値を示した。ここで他の研究者によって行われた K_0 圧密三軸試験結果をまとめて、本研究の結果と比較したものを図-2, 図-3に示すと $\sin \phi'_c / \sin \phi'_e$ はほぼ $0.7 \sim 0.9$ の値を示し、塑性指数 PI の影響は少ないようであるが、 $(Cu/p)_c / (Cu/p)_e$ は PI の増大にともなって減少する傾向があり、柴田らが指摘しているように高塑性になるにつれて 1.0 (すなわち $(Cu/p)_c = (Cu/p)_e$) に近づく傾向があるようである。著者らの実験は応力制御によるものであるが、ひずみ制御による他の研究と同様に議論できそうなことから、これらの強度定数が時間に余り影響されないことをあらためて示唆しているようにも思われる。

4. あとがき 今回は2種類の K_0 圧密した飽和粘土の三軸試験を行い、特に強度特性について検討してきたが次のことが明らかになった。(1) 伸張試験と圧縮試験での応力経路に対称性がみられず、強度定数は伸張時の方が圧縮時より大きい。(2) 載荷方向が同一の伸張試験では、応力経路の違いによらず強度定数はほぼ等しい。

5. 参考文献 1) 柴田：飽和粘土の強度増加率 Cu/p について，第20回土質工学会シンポジウム論文集，1975，pp129-137。2) 北郷，三田地，神谷：伸張状態における飽和粘性土の強度特性，第11回土質工学会研究発表会講演集，1976，pp239-242。3) 三田地，北郷，武田，近藤：伸張状態における飽和粘性土の強度特性(第2報)，第12回土質工学会研究発表会講演集，1977，pp303-306。4) 軽部：規格以外の三軸圧縮試験方法とその問題点，第20回土質工学会シンポジウム論文集，1975，pp45-60。5) 三田地：粘性土の三軸圧縮試験における応力履歴の影響について，第20回土質工学会シンポジウム論文集 1975，pp71-78。6) Parry, R. H. G. : Proc. 4th Asia Regional Conf S.M.F.E, vol. 1, 1971, pp159-165。7) Parry, R.H.G. et al : Geotechnique, vol 24 No.3, pp345-358。8) Mitachi & Kitago : The influence of stress history and stress system on the stress-strain-strength properties of saturated clay, SOILS AND FOUNDATIONS, vol. 19, No.2, June 1979, pp45-61。9) 安原，平尾，上：要方圧密粘土の変形特性，昭和53年土木学会西部支部講演集，1979，pp101-102。

表-3. 本実験の強度定数および強度増加率

$\phi'_c (^\circ)$	39
$\phi'_e (^\circ)$	52 [52 (com-ext), 51 (ext)]
$\frac{\sin \phi'_c}{\sin \phi'_e}$	0.80
$(Cu/p)_c$	0.44
$(Cu/p)_e$	0.44 [0.44 (com-ext), 0.44 (ext)]
$\frac{(Cu/p)_c}{(Cu/p)_e}$	1.0
PI	58

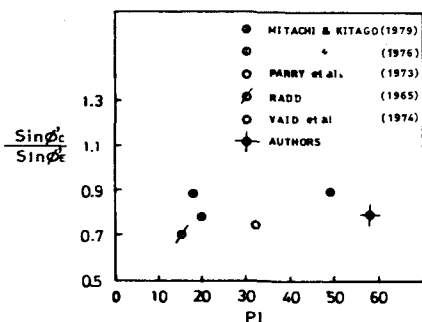


図-2 $\sin \phi'_c / \sin \phi'_e$ と PI との関係

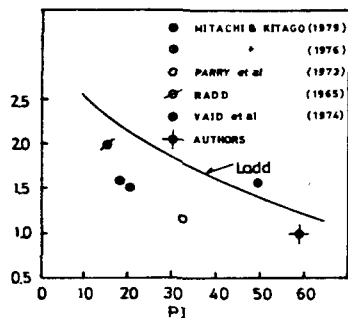


図-3 $(Cu/p)_c / (Cu/p)_e$ と PI の関係