

大阪市立大学 工学部 正 ○望月 秋利 三笠 正人
基礎地盤コンサルタンツKK 正 勝田 守文

1. まえがき

平均主応力 (σ_m) 一定試験は通常行われる三軸圧縮試験に比べて、原理的により純粋なせん断試験方法と考えられている。本報告は再圧密粘土試料を用いてまずせん断速度について検討し、次いで一連の σ_m 一定CU試験 (圧縮, 伸張) および通常の三軸CU試験 (圧縮, 伸張) を行った結果を比較検討するとともに、'有効な全応力'¹⁾ にもとづいたCU強度の整理法について述べる。

2. 試料

試料は大阪府箕面市の宅地造成現場で採取した大阪層群上部層に属する粘土である。表-1に主な物理的性質を示す。実験用試料は、この粘土に真水を加えてスラリー状にして攪拌し ($w=96\%$), 0.3mm ふるいを通してさせたものを再圧密 (0.8 kgf/cm²) したものである。

3. 試験条件と試験機

表-2に試験条件を示す。正規圧密域、過圧密域に渡っての特性を検討するため、圧密降伏応力 σ_c を 2 kg/cm² に設定した。

したがって圧密圧力が σ_c 以下の試料は、三軸セル内でまず σ_c で等方圧密させた後、所定の圧力まで等方応力を減じ、吸水膨脹させてからせん断するという方法をとった。

用いた試験機は三主応力制御試験機として開発したものである。²⁾ σ_m 一定試験は約1.5秒に1回づつ軸圧、側圧、変位のひずみ出力をマイコンに取り込み演算後、側圧用サーボ弁を制御するという方法で行った。また、本装置はセル内に電氣的計測機器が多く、側圧は空気圧載荷とすることが必要である。ところが通常用いている生ゴム製スリーブでは透気量が多く今回の粘土実験には使えないので、ECH系のゴムスリーブを開発した。図-1に透気試験の結果を示す。図中'Oil-Press.'とはゴムスリーブを2重にして、その間にシリコンオイルを入れたものである。Oil-Press.の場合、5 kgf/cm² の側圧で 12 hr. 後の内圧の上昇はなお 0.04 kgf/cm² 以下で、実用上十分であると判断した。なお、外側のスリーブは供試体より少し大きく、その上部を固定せずに用いているので、供試体に加わるスリーブの張力は一重の場合とほとんど変わらないと考えている。

4. 試験結果

4.1 せん断速度の検討: せん断速度が間隙水圧の発生および強度に影響を与えることは良く知られている。CU試験のせん断速度の妥当性を判断する目安としては、

- ① Bishopの示した"せん断に 4~6 hrs." ($\phi 3.75 \times 7.5$ cm, 0.04~0.06 %/min に相当) で十分である、³⁾ ② Tailor の

表-1 小野原粘土の物理的性質

Gs	分類	wL	wP	IP	wn
2.69	CH	54.8	25.5	33.4	38~42 (%)

表-2 試験条件

	通常三軸CU試験		σ_m 一定CU試験	
	圧縮	伸張	圧縮	伸張
圧密降伏応力	2 kgf/cm ²			
圧密圧力 (kgf/cm ²)	0.5, 1, 2, 3, 4, 5	1, 2, 3, 4, 5	0.5, 2, 3, 5	1, 2, 3, 4
供試体	4.1 x 6.4 x 8.0 cm (標準寸法)			
せん断速度 (%/min)	ひずみ制御 0.037 ($\epsilon \leq 2\%$), 0.1 (5% $\leq \epsilon$)		ひずみ制御 0.1	
背圧	1 kgf/cm ² (標準)			
圧密時間	4 t e を標準 (通常 5-6 時間)			

*1 せん断速度の影響を調べるため、0.1%/min でも実験した。

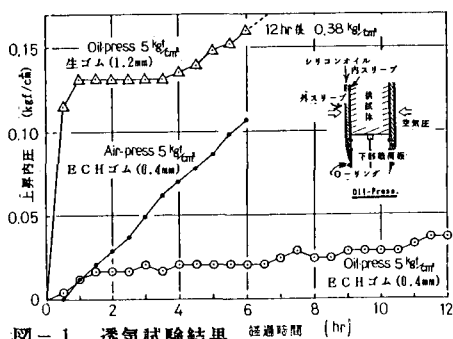


図-1 透気試験結果

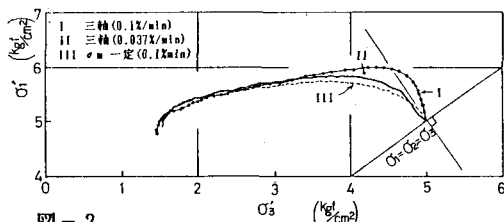


図-2

せん断速度の違いが応力経路に与える影響

$c_v = 4 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{sec}$ を持つ $\phi 8 \times 16.5 \text{ cm}$ 供試体に対して $0.016 \text{ \%/min}$ のせん断速度で十分であったという実験結果⁴⁾ ③三笠の示した“粘土の骨組がせん断の初期段階に Hook の法則に従う弾性体として挙動するのであれば、過剰間隙水圧は $u_o = \Delta \sigma_m$ ”，すなわち、レンドリックの応力図において有効応力経路は静水圧軸に直交する⁵⁾がある。

図-2は、Ⅰ（通常三軸CU, $0.1 \text{ \%/min}$ ），Ⅱ（同, $0.037 \text{ \%/min}$ ）の場合のせん断速度の違いによる応力経路を比較した。Ⅱの場合、Taylorの条件より遅く（ $c_v = 6 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{sec}$ ，排水長は半分），三笠の条件も満足しており，妥当なせん断速度であったと判断できる。Ⅰは明らかにせん断速度が速い場合の結果である。図中Ⅲは σ_m 一定試験をひずみ速度 $0.1 \text{ \%/min}$ として行った結果である。Ⅰに比べればかなり速いせん断速度にもかかわらずⅡとはほぼ同じ結果が得られている。以下の一連の試験では，この結果をもとに，表-2に示す試験条件を用いた。

4. 2 通常三軸CU試験と σ_m 一定試験の比較： 図-3(1)は，両試験の軸差応力を，図-3(2)は $u_d (=u - \Delta \sigma_m$ ，ダイレクタンシーによる間隙水圧)を軸ひずみに対して示したものである。両試験結果ともほとんど一致している。図-4はレンドリックの応力図である。伸張試験結果に多少のばらつきが見られるものの，両試験はほぼ同じ結果を示したと見なすことができる。すなわち，三軸CU試験での平均主応力増加分（伸張試験においては減少分）は間隙水圧の増加（あるいは減少）で受け持たれるので，せん断特性に影響を与えない。三軸CU試験において有効な主応力（全応力）は， $\sigma_i - \Delta \sigma_m$ ($i=1,2,3$)で，試験中の有効な平均全応力 σ_m は一定で，初期の圧密圧力 σ_m のままである。図-5は有効な全応力にもとづいて整理したモール円である。すなわち三軸CU試験に対しては強度に関与しなかった $\Delta \sigma_m (=1/3(\sigma_1 - \sigma_3))$ 分だけモール円を移動させたものである。両者はまったく一致している。土質試験法には三軸CU

強度の表現方法として4種類が示されているが⁶⁾ σ_m 一定試験に関するものはない。ここに示した‘有効な全応力’での整理方法は σ_m 一定試験に関しても応用することができ，

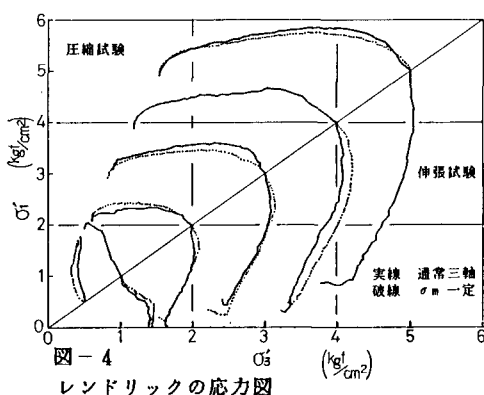


図-4 レンドリックの応力図

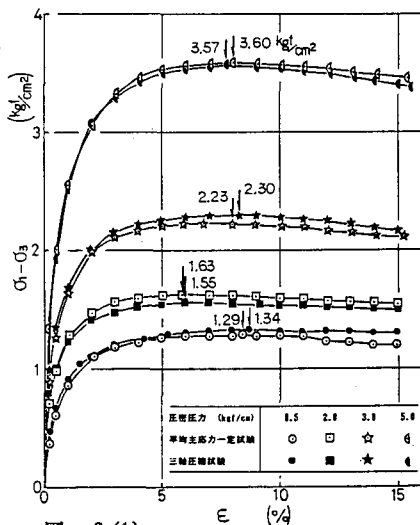


図-3(1) $(\sigma_1 - \sigma_3) \sim \epsilon$

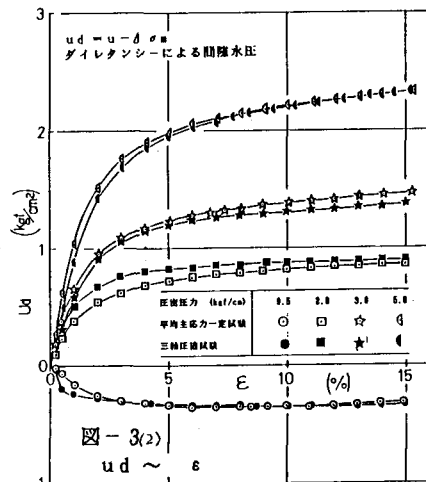


図-3(2) $u_d \sim \epsilon$

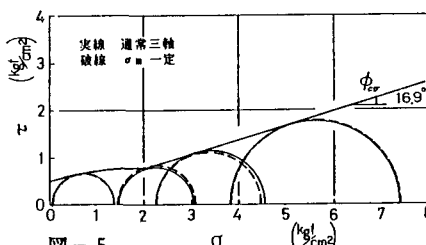


図-5 ‘有効な全応力’にもとづくモール円

従来の方法と比較して，より統一的な整理方法であると考えている。

参考文献

- 1) 望月，三笠(1957)：フィルダムの安定解析法，土と基礎，32-4, pp83-14
- 2) 望月，他(1948)：砂質土の平面ひずみ試験法，土木学会第39回年次学術講演会，III, pp37-3
- 3) Bishop & Henkel(1957)：The Measurement of Soil Properties in the Triaxial Test, pp83-144
- 4) A.W.Bishop(1960)：The Measurement of Pore Pressure in the Triaxial Test, Proc. of Conf., PP38-46
- 5) M.Mikasa(1951)：On the Settlement of Clay Layer by Partial Load, Proc., of 1st JNC for AM, pp.301-30
- 6) 土質工学会(1979)：土質試験法，土の力学的性質の試験(II)，pp.521,580