

徳島大学工学部 正員 高橋政一

〃 〃 〃 小田英一

1. まえがき

自然地盤における粘性土の粒子の配列の関係より異方性があるので、土のせん断特性にもその影響が現われる。粘土の非排水強度に異方性が影響することは Hansen¹⁾ らによって理論的に説明され、その他多くの研究がある。本実験では粘性土を用い、排水せん断強度の異方性と、ピーク後の大きいヒズミにおいてこの異方性がなくなり一定の強度を維持することを示すことにある。このことは砂における Critical State, すなわち砂の直接せん断試験においてある一定の垂直応力のもとでは、粒子の形、粒度、および初期間隙比が違っていても一つの最終的な間隙比に達するということに対応する。また Rowe の応力～ダイレイタンシー理論のランダムな集合体に適用した α -面の概念により、土構造の異方性として変形に伴う異方性の变化を求めた。

2. 試料および実験方法

実験に用いた試料は徳島県の吉野川沖積層から採取したものであり、物性は液性限界 $w_L = 42.44\%$ 、塑性指数 $I_p = 13.46\%$ 、土粒子の比重 $G_s = 2.70$ 、そして砂分 13% 、シルト分 81% 、粘土分 6% である。三角座標による分類はシルトである。この試料をスラリー状態にし、大型圧密箱に入れ 3 kg/cm^2 と 6 kg/cm^2 の圧力で再圧密した。得られた試料から圧密時の最大主応力方向（鉛直方向）と三軸試験の σ_1 方向との角がそれぞれ $0^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ の値となるように三軸試験試料を切り取り（それぞれ V, $45^\circ, 60^\circ, H$ 供試体と名付ける。）そして直径 35 mm 、高さ 87.5 mm の円筒形供試体に成形した。また極限状態を容易に求める便法として、V 供試体のうち最大主応力面から 60° の角度にあらかじめスベリ線をカットした。これを V_{cut} 供試体と呼ぶ。実験はヒズミ制御による排水三軸圧縮試験であり、約 20 時間等方圧密した後、側圧一定で試験を行なった。側圧は $0.5, 1.0, 1.5 \text{ kg/cm}^2$ を採用した。排水には側面排水紙を併用して行なった。せん断速度は $0.014 \text{ }^\circ/\text{min}$ である。

3. 実験結果

図-1 に先行圧密荷重 6 kg/cm^2 、側圧 1.0 kg/cm^2 の供試体の応力～ヒズミ、体積変化～ヒズミ曲線を示す。V 供試体の他は明確なピーク強度を示さない。 V_{cut} 供試体はピーク強度に達した後、強度低下することなく一定値を保持したまヒズミが進行した。同様に体積変化もほとんどない。ピーク強度における内部摩擦角 ϕ'_{max} 、そして極限状態（体積変化度 $dv=0$ で定義）での摩擦角 ϕ'_{lv} を求め、試料の切り取り方向と対応させたのが図-2 である。粘

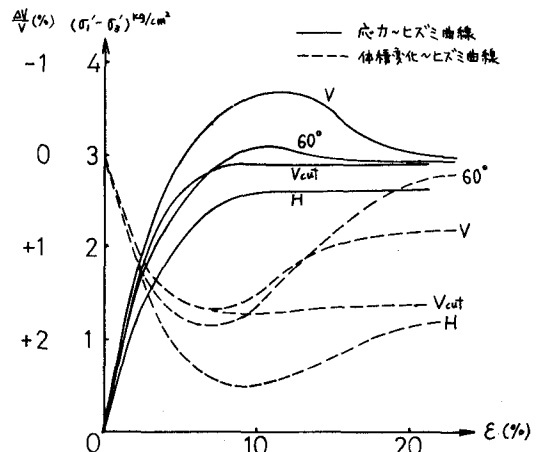


図-1

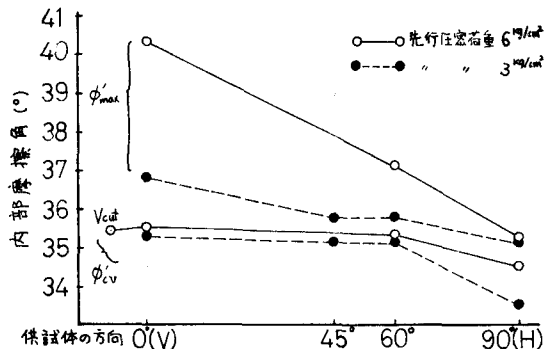


図-2

着力はすべて0になった。圧密荷重 6 kg/cm^2 の供試体においては試料の方向により ϕ'_{max} の値に相違がある。しかし先行圧密荷重 3 kg/cm^2 の供試体ではそれほど強度の異方性はみられない。一方極限時の ϕ'_v の値は試料の方向、そして先行圧密荷重の大小の影響はほとんどないと言える。また V_{cut} 供試体で求めた極限時の強度 $(\sigma'_1 - \sigma'_3)_{\text{ult}}$ (ピーク時の強度と一致) を100とし、V, 60° , H供試体のピーク、極限時の相対強度を求めた。これと供試体の方向とを比較したのが図-3である。この図は一例である

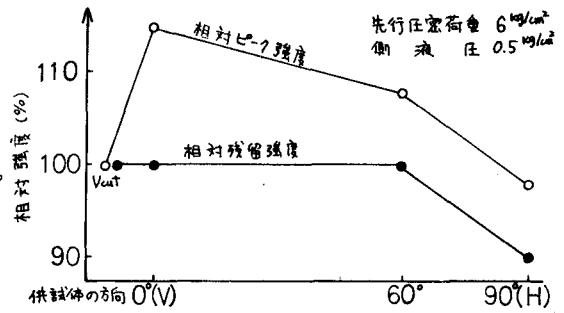


図-3

が、他の条件で試験を行なったものをも参照すると、図-2の内部摩擦角を比較したものと同様な結果が得られた。粘着力を持つランダムな集合体に適用できる Rowe の応力-歪率理論の基本式は

$$\frac{\sigma'_1}{(1 - \frac{d\epsilon_s}{\epsilon_s})} = \sigma'_3 \tan^2(45^\circ + \frac{1}{2}\phi'_s) + 2C'_s \tan(45^\circ + \frac{1}{2}\phi'_s) \quad (1)$$

ここで $d\epsilon_s$ はスベリによる最大主応力方向のヒズミの変化 (ただし ϵ_s : natural strain), dV_s は単位体積あたりの体積変化をあらわす。また ϕ'_s は粒子間の平均スベリ方向を維持するための等価摩擦角, C'_s は粘着力である。Rowe 理論では異方性をあらわすのに、ある方向と、それに垂直な方向の粒子接触数の比によって示す。接点の分布と接触面の傾きは重要であり、この図形的異方性は物理的現象の異方性としてあらわれてくる。(1)式より

$$\frac{\sigma'_1}{\sigma'_3} = \tan \alpha \tan(\phi'_s + \beta_c) + \frac{\tan \alpha}{\sigma'_3} \frac{C'_s \sec^2 \beta_c}{1 - \tan \phi'_s \tan \beta_c} \quad (2)$$

ここで $\tan \alpha = n_{s1}/n_{s2}$ は最大主応力面と最小主応力面における単位面積当りの粒子接触数の比であり、構造異方性の度合をあらわす。 β_c は最もスベリが起りやすい σ'_1 方向からの極限角である。 $C'_s = 0$ の場合、式(1)(2)、そして $\beta_c = 45^\circ - \frac{1}{2}\phi'_s$ より $\tan \alpha = \sqrt{DR}$, $\tan(\phi'_s + \beta_c) = \sqrt{R/D}$ が求まる。ただし $D = (1 - \frac{dV}{V})$, $R = \sigma'_1/\sigma'_3$ である。これらの式より σ'_1/σ'_3 の変化に伴う α , β_c , すなわち異方性の変化を求めることができ。 α , β_c , R , dV/V をそれぞれ ϵ_1 に対応させたグラフの一例を図-4に示す。 α は主応力比と類似な曲線でピーク応力をすぎると、ほぼ一定の値をとる。またスベリの極限方向 β_c は試験の初期に多少のバラツキがあるが試験中を通じてほぼ一定の値をとる。極限状態時の α , β_c を求めると、 α は先行圧密荷重、粒子構造の異方性、セリ断時の側圧の大きさに関係なく $62.5^\circ \sim 63.5^\circ$ の範囲の値となる。また β_c も $33^\circ \sim 37^\circ$ の範囲でほぼ一定の値となる。 α が土構造の異方性をあらわす指標であり得るならば、このことから砂と同様に粘土土でも、応力履歴、土の構造が異なっているてもセリ断力を受けると、試料内のある領域で等しい極限状態に達し破壊とか大きい変形がおこるものと考えられる。

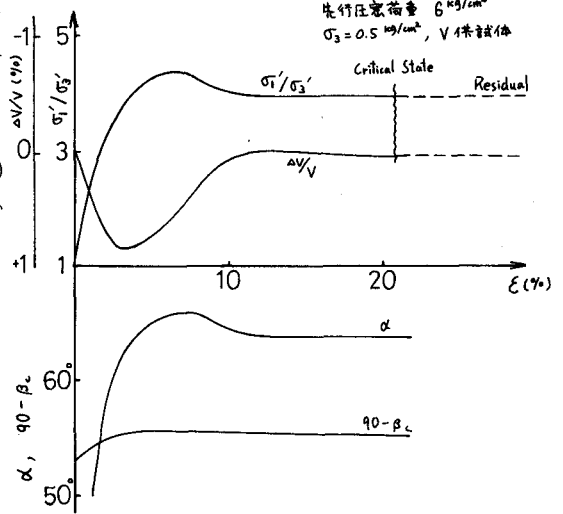


図-4

4. あとがき

ピーク強度の異方性は過圧密比が大きい試料では明確に認められ、過圧密比が小さい試料ではあまり強度の差は認められなかった。しかし極限時の強度 ϕ'_v は先行圧密荷重にかかわらず、また試料の方向にもかかわらず一定の値となった。そして極限状態の土の構造も試料内のある領域で同じような状態になると推定される。

参考文献

- 1) Hansen 他: Undrained Shear Strength, Géotech. Vol. 1, No. 3, 1950,
- 2) Roscoe 他: On the Yielding of Soils, Géotech. Vol. 8, No. 2, 1958,
- 3) Rowe: Theoretical Meaning and Observed Values, Stress-Strain Behaviour of Soils, Proc. of the Roscoe Memorial Symposium, 1971.