

京都大学防災研究所 正員 〇軽部 大蔵

名古屋市

正員 原田 狂四郎

土塊の幾何的な変形条件がせん断特性に及ぼす影響について調べた結果を報告する。

1. 実験装置 平面変形状態でせん断試験を行なうには、供試体の一方向へ変位を拘束する装置が必要である。このために先に試作した¹⁾3軸容器内で使用する中間主応力載荷装置の改良型を用いた。Photo-1は試験装置の3軸セルをとりはずした状態を示しており、Fig.1(a)はその略図である。使用する供試体の寸法は高さ7cm、断面が2.8cm×2.8cmの正方形であって、その相対する1組の側面に近接して中間主応力載荷装置の加圧膜(2)をおくように配置されている。加圧膜はごく薄い粘土用のゴムスリーブをやわらかいナイロン布でおったものであって、その周辺は、たるませた状態で平板(3)に固着されている。平板はやわらかいゴム管の外側に糸を巻いて補強した導管(4)かとりつけてあって、これを通じて平板と加圧膜の間に水圧 σ_2^* が作用させられる。左右2枚の平板を平行に保ち、かつ向かくを一定に保つために4本のねじで構成される枠(5)かとりつけられている。これらの重量を支えるために滑車(6)とカウンターウエイト(7)が設けられており、また平板が上下のみ移動できるように平板の背後にはガイドプレートがついてあり、それをほさんで合計12本のボールベアリングが支柱(8)にとりつけられている。最大主応力はキャップ(9)に3軸セルのピストンを通じて作用させられる。キャップの形は、下部が長方形断面で上部が円形断面であって、ペDESTAL(10)も同様の形である。最小主応力は通常の3軸装置と同様にセル内の水圧によって作用させられる。中間主応力装置に水圧 σ_2^* を作用させると、Fig.1(c)に示すように供試体と平板の間から加圧膜がはみ出すために、供試体側面に作用する中間主応力は $\sigma_2 = \sigma_2^* + (2.96 - b_0)(\sigma_2^* - \sigma_3)/2b_0$ となる。ただし b_0 は σ_3 を受ける側面の中である。実際には σ_2 と σ_2^* の差は無視し得るほど小さい。さらに σ_2^* は σ_1 にも影響を与える。すなわち、Fig.1(b)はFig.1(a)の円内を拡大したものであるが、これを参照すれば、供試体の中(σ_3 を受ける中)とキャップの中に差 d_1 があるときには $\Delta P_1 = (\sigma_2^* - \sigma_3) \cdot b \cdot d_1$ の上向き力がキャップに作用することがわかる。また観察によれば、せん断の進行によってキャップが下方へ変位するとき、加圧膜はキャップと相対的なズレを起こさずに下方へ引きずられて行く。このような状況の下では、左右の平板の前面の間かくとキャップの中の差を d_2 とすると、膜面はキャップ側面上向き力 $\Delta P_2 = (\sigma_2^* - \sigma_3) \cdot b \cdot \frac{d_2}{2}$ を作用させることになる。したがって、ピストンを通じてキャップに圧縮力 P^* が作用している場合には、供試体には $P = P^* - (\Delta P_1 + \Delta P_2)$ が作用していることになる。供試体の変位の測定方法は、 σ_1 方向は従来の3軸試験と同様にピストンの動きをダイヤルゲージで測定し、 σ_2 方向の変

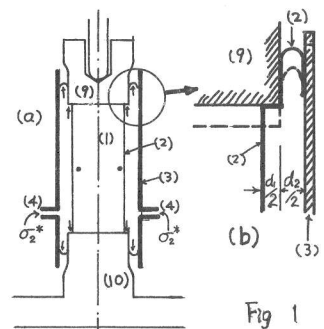
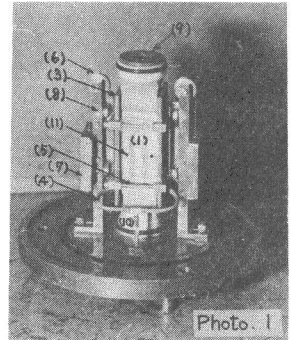


Fig. 1

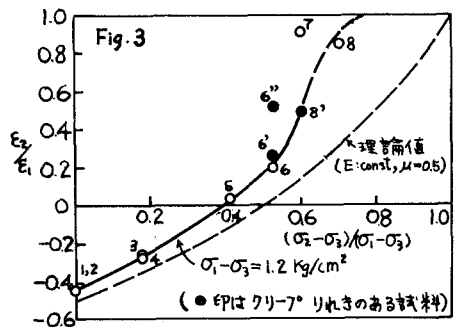
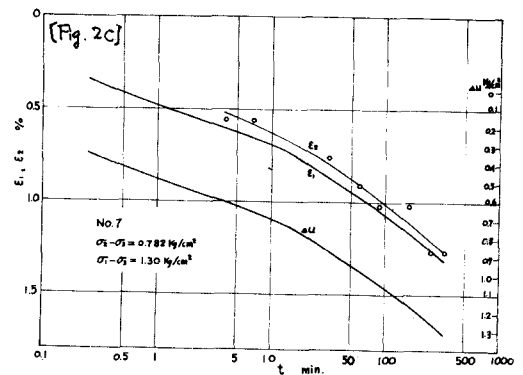
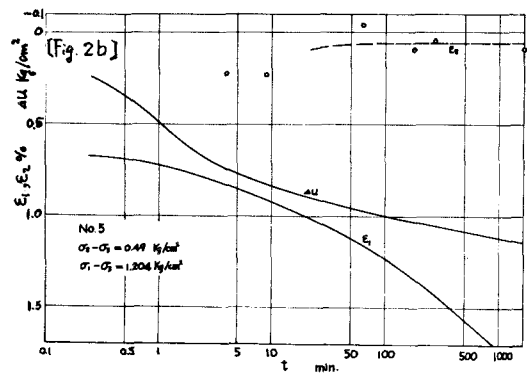
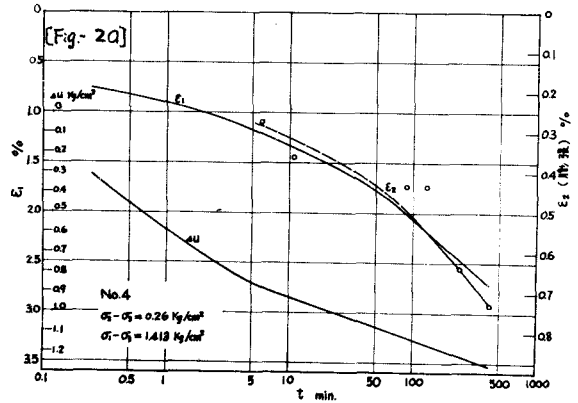
験と同様にピストンの動きをダイヤルゲージで測定し、 σ_2 方向の変

位は、供試体を包んでいるゴムスリーブにつけた標尺 (Photo-1 の (11)) の動きを 3 軸セルについている窓を通じて読取り望遠鏡で追跡して求めた。

2 試料 試料は大阪チユウ積層粘土で LL 65%, PL 30%, 粘土含有量は 41% である。この試料を含水比 300% 以上の状態で完全に練り返し、大型圧密機の圧力 0.5 Kg/cm^2 で再圧密したものである。

3. 三主応力がことなる状態でのクリープ試験: 平面変形状態における $(\sigma_2 - \sigma_3)$ の関係を導くことをおもな目的として行なった一連の試験である。供試体はクリープ荷重の載荷に先立って等方圧力 $\sigma_c = 2 \text{ Kg/cm}^2$ で 24 時間圧密された後、 1 Kg/cm^2 のバックアプレッシャーを 2 時間程度作用させられた。それに続くクリープ試験は、同ゲキ水压を測定しながら非排水条件下で行なった。クリープ曲線および同ゲキ水压～時間曲線の例は Fig 2a, b, c のようである。

各クリープ曲線の終端の値を用いて σ_2 方向の圧縮ひずみ ϵ_2 と σ_1 方向の圧縮ひずみ ϵ_1 の比 (ϵ_2/ϵ_1) と作用主応力差の比 $(\sigma_2 - \sigma_3)/(\sigma_1 - \sigma_3)$ の関係は Fig 3 のようである。図中の白丸印は新鮮試料の値であって、黒丸印は先行クリープ履歴のある試料の値を示している。また各アロートの添字は試験番号である。もし供試体が、ポアソン比 $\mu = 0.5$ の等方性弾性体であるならば、ひずみの比と主応力差の比は破線のようになる。実線の曲線は $(\sigma_1 - \sigma_3) = 1.2 \text{ Kg/cm}^2$ の場合の実験値の内挿線であるが、この線は破線であらわした理論値よりつねに上方にある。平面変形状態に対応する主応力差の比は、理論値の 0.5 に対して実験値は 0.39 である。主応力差の比が 0.55 をこえるとひずみの比は急激に増加している。しかし、 ϵ_1 の測定値が供試体全高の平均値であるのに対し、 ϵ_2 はその最大値が測定されているので、両者の比 (ϵ_2/ϵ_1) は当然過大となる。 $(\sigma_2 - \sigma_3) = 0$ に対



応する(ϵ_2/ϵ_1)が0.45 となっているのは不合理である。Fig.4はクリープ時間300分における変形量と発生間ゲキ水圧から計算した仮想すべり面上のせん断変形 γ とそのときの (τ/σ'_v) の関係を示している。ただし τ はすべり面上のせん断応力であり、 σ'_v は有効垂直応力である。白丸印は σ'_v 方向に平行で σ'_v 方向に対して45°をなす面上の計算値であり、黒丸印は σ'_v 方向に平行で σ'_v 方向に45°をなす面上の値である。面の方向に関係なく $(\tau/\sigma'_v) \leq 0.3$ の範囲では γ_{ss} と $(\tau/\sigma'_v)_{ss}$ は直線関係にあるが、そのたて軸の切片も、たて軸上のプロットも $\gamma_{ss}=0$ とならないのは不合理である。

4. ヒズミ制御式平面変形試験 一連の試験の試験条件はTable-1に示すようである。表中の K_0 -圧密とは、圧密中の供試体の側方変位を起さらないように $\sigma_{rc}=\sigma_{vc}$ を調節した試験をあらわしている。せん断に先立つ圧密は24時間とし、続いて1 kg/cm²のバンクプレッシャーを2時間程度作用させた。せん断は間ゲキ水圧を測定しながら非排水状態で進行し、軸方向ヒズミ(ϵ_1)の速さは0.024%/min. とした。3軸圧縮状態($\epsilon_2=\epsilon_3$)のせん断試験は通常の3軸試験と同様の手法で行ない、平面変形試験($\epsilon_2=0$)は、2本の標尺間の距離をたえず測定し、変化が起これば直ちに σ_v を調節して距離を一定に保った。試験結果をFigs 5, 6, 7に示す。せん断試験の初期の部分では起こり得る側方変位がわづかであるために正確な平面変形試験ができない。そこで、 K_1 -IPの試験では、クリープ試験の結果を参考にして $(\sigma_2-\sigma_3)=0.4 \times (\sigma_1-\sigma_3)$ の条件でせん断をはじめたところ、 $\epsilon_1=1.2\%$ の点で側方圧縮が起こりはじめたので、以後は $(\sigma_1-\sigma_3)$ を一定に保った。 K_1 -2(0.4)も同様の手法で出発したが、かなり側方圧縮が生じるまで $(\sigma_1-\sigma_3)=0.4(\sigma_1-\sigma_3)$ の関係を保たせた。 K_1 -2Pおよびこれらの試験結果から、平面変形状態におけるせん断中の $(\sigma_2-\sigma_3)/(\sigma_1-\sigma_3)$ の値は、初期には0.4程度であり、最終的には0.31に落ちつくらしいことがわかった。

せん断強度について: Fig.9はせん断中の供試体の σ'_v 方向に平行で σ'_v 方向に45°の傾きを持つ平面上の有効応力のベクトルカーブである。図中の右上がりの実線は3軸圧縮状態の結果を結ぶ包絡線であるが、平面変形のベクトルカーブはこれをこえてのびている。破壊応力条件を明瞭にするために、正八面体面上の応力経路を図示すればFig.10 のようである。図の左半は $\sigma'_v=1.2$ kg/cm²

Table - 1

試験名	圧密条件	せん断条件
K ₁ -1	等方圧 $\sigma_c=1$ kg/cm ²	$\epsilon_2=\epsilon_3$
K ₁ -1P	”	$\epsilon_2=0$
K ₀ -1	K ₀ -圧密・ $K_0=0.5$ $\sigma_{rc}=1$ kg/cm ²	$\epsilon_2=\epsilon_3$
K ₁ -2	等方圧・ $\sigma_c=2$ kg/cm ²	$\epsilon_2=\epsilon_3$
K ₁ -2P	”	$\epsilon_2=0$
K ₁ -2(0.4)	”	$(\sigma_2-\sigma_3)=0.4(\sigma_1-\sigma_3)$
K ₀ -2PA	K ₀ -圧密・ $K_0=0.5$ $\sigma_{rc}=2$ kg/cm ²	$\epsilon_2=0$
K ₀ -2PB	K ₀ -圧密・ $K_0=0.45$ $\sigma_{rc}=2$ kg/cm ²	$\epsilon_2=0$
K ₀ -2	K ₀ -圧密・ $K_0=0.5$ $\sigma_{rc}=2$ kg/cm ²	$\epsilon_2=\epsilon_3$
K ₁ -3	等方圧 $\sigma_c=3$ kg/cm ²	$\epsilon_2=\epsilon_3$

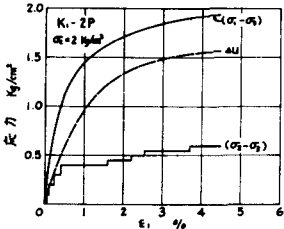
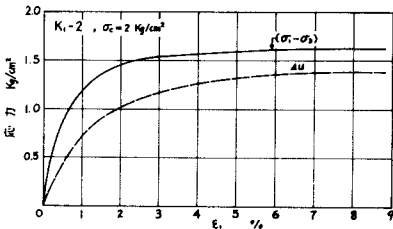
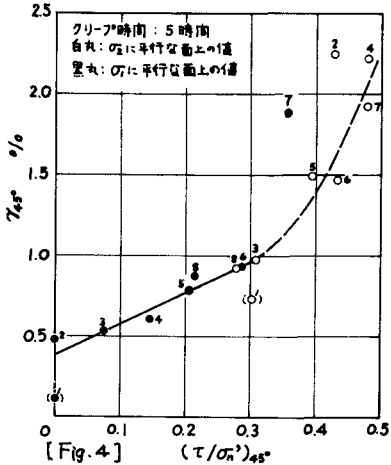


Fig. 5

Fig. 6

