

繰返し応力を受ける飽和粘土の動特性

東北大学工学部 正員 河上 寿義
同 上 正員 柳沢 栄司
同 大学院 学生員 〇佐々木 康夫

1 まえがき

飽和粘土の動的な挙動を知る為の実験は、動荷重の載荷方法や載荷中の供試体の状態等の違いにより種々ある。筆者等は三軸圧縮試験材を用い、軸方向応力のみに変化を与える短型パルス応力を静止した供試体に加え、その動的挙動を調べた。用いた三軸圧縮試験材は、加圧ピストンの径が、供試体の径より小さいものである。そのために、供試体中に交番応力を発生せしめることはできない。それ故、飽和砂の実験等により既に明らかな様に、飽和粘土供試体は、液状化、あるいは、それに近い状態になることは期待できず、圧縮せん断破壊の形態をとるものと思われる。筆者等は、既に行なつた過圧密供試体、 K_0 圧密供試体についての試験⁽¹⁾に引き続き、圧密圧と試験時の拘束圧とを異ならしめた、即ち一定拘束圧の下で、異なる土間隙比の供試体について動的試験を行なつたので以下に記す。

2 実験方法

試料は仙台市青葉山のローム土を気乾乾燥し、粉碎した後1.2mmふるひである。たものを用いた。 $G_s=2.68$, $L_L=50.5$, $P_L=35.0$, $P_I=15.5$ 有効粒径 $=0.006$, 均等係数 $=11$ 。この試料に脱気水を加え、ペースト状に練り、その後、バイグレートにより脱気し、大型圧密装置($D=50\text{cm}$, $h=35\text{cm}$)で一軸圧密した。この時の圧密圧は、 2Kg/cm^2 である。圧密終了後、試料を $5.0\times 12.5\text{cm}$ の内筒供試体に成形し、これをさうに三軸セル内で、静的試験では、 $2, 3, 4, 5, 6\text{Kg/cm}^2$ 、動的試験では、 $2, 4, 6\text{Kg/cm}^2$ で等方圧密した。圧密終了及び体積変化量は、圧密による排水量をビューレットを通して読む事により押えた。100%圧密後供試体を非排水状態とし、 $\sigma_c=\sigma_3$ 、及び $\sigma_c\neq\sigma_3=6\text{Kg/cm}^2$ (但し $\sigma_c=6\text{Kg/cm}^2$ の時には $\sigma_3=6\text{Kg/cm}^2$)の拘束圧条件で試験を行なつた。動的試験において、歪、応力、間隙水圧は全てストレイン・メーター、ラビューダーにより測定した。供試体に加えたるパルス応力は矩形であり、載荷 0.5sec 、除荷 0.5sec 、載荷回数 $10\sim 200$ 回前後である。またその大きさは、載荷回数で $10\sim 200$ 回で供試体が15%歪(この歪を破壊の標準とした。)を生じるものと主とした。これは既応の研究により、ある程度の載荷回数(例えば200回)でパルス応力による歪の累積が僅少なものと、そうでないものとでは、パルス応力の大きさにある限界値の様なものが存在することが解っているからである。即ち、前者はパルス応力が締固の効果を持つものと言う事ができるから、本試験ではそれを確かめるに留めた。間隙水圧測定は、従来の測定針を用いての供試体中央での測定ではなく、底部ポラス・ストーンを通しての測定とした。試験中の圧密圧下での透水係数は 10^{-5} のオーダーであるから、測定された間隙水圧は供試体下部のものとであるが、静的試験は載荷速度 $0.1\%/sec$ で行なつたから充分に供試体全体を代表できる。又動的試験においては、供試体が15%歪を生じた後、5分～10分後に再び間隙水圧を測定してチェックした。尚、供試体全てに、バック・グレンジャー 1Kg/cm^2 を用いた。

3 実験結果とその考察

圧密後の供試体含水比及び静的試験による結果は、次の通りである。 $C=C'=0$, $\phi=20.5^\circ$, $\phi'=38.0^\circ$ 。 $\sigma_c=2, 4, 6\text{Kg/cm}^2$ に対し含水比はそれぞれ $w=33.7, 31.6, 30.4\%$ 。Fig-1は供試体が15%歪を生じた時のパルス応力による主応力差と、パルス応力載荷回数との関係を示したものである。この図により $10\sim 200$ 回の

パルス応力載荷で、供試体に15%歪を与えるパルス応力の大きさは、各2の圧密状態に応じてある限られた範囲にある事が解る。特に載荷回数が50~200回でその事が言える。これは10~200回のパルス応力載荷(特に50~200)による動的な破壊強度は、その値を採る。ても、他の載荷回数に対する動的強度はほぼ代用しうると言う事である。この事は圧密圧と拘束圧を達した状態に於ける試験結果についても言える。Fig-1の上図と下図では、同じ圧密圧に対して強度が異なる。これは、供試体が100%飽和状態にないためであり、拘束圧の違いによる動的な特性とは考えない。Fig-2は、供試体破壊時のパルス応力載荷数と間隙水圧の関係を示したものである。これによ

ると、破壊時の間隙水圧は、加えられたパルス数によらず、ほぼ一定の値を採る。この値を静的な試験の破壊時の間隙水圧と比較して見ると非常に近い値である事が解る。これらの事から供試体の内部に発生する間隙水圧は、パルス偏差応力や、繰返し載荷による影響(但し今の場合、圧縮セン断の繰返しのみであるが)よりも、歪と密接な関係を持つものである事が確められる。Fig-3に歪と間隙水圧の関係を示した。 $\sigma_c = 4 \text{ Kg/cm}^2$ の時は、 $\sigma_c = 2$, $\sigma_c = 6 \text{ Kg/cm}^2$ の場合のほぼ中間の挙動を示す。この図により、動的試験でセン断の前半に於て間隙水圧の測定の違いが確認される。特に急激に大きな間隙水圧が発生する $\sigma_c = 6 \text{ Kg/cm}^2$ の場合顕著である。しかし、一般的に供試体が15%歪を生じるかなり前に間隙水圧の増加割合は小さくなるから、破壊時の間隙水圧(又は5分後の間隙水圧)は供試体の内部に発生する間隙水圧を代表するものと考えて良い。Fig-4は、パルス応力100回載荷に対する動的な破壊線であるが、ある程度の中を持って考えるならば、これはパルス応力の繰返しを10~200回受ける場合の動的破壊線としてよい事は、前記した通りである。Fig-5は、破壊時のA係数、即ち A_f を示したものである。図中の矢印は、 σ_c と σ_3 の状態における試験で、供試体のB係数を1.0と仮定した時に、仮定以前の A_f が矢印により示された A_f に移動する事を示す。これは、例えば、静的試験に於て、 $\sigma_c = 2 \text{ Kg/cm}^2$ の後、 $\sigma_3 = 6 \text{ Kg/cm}^2$ とした時に発生した間

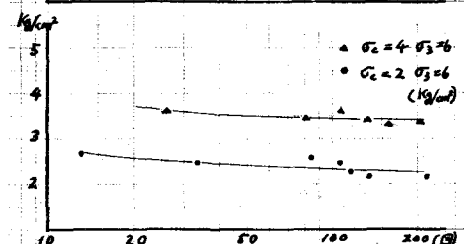
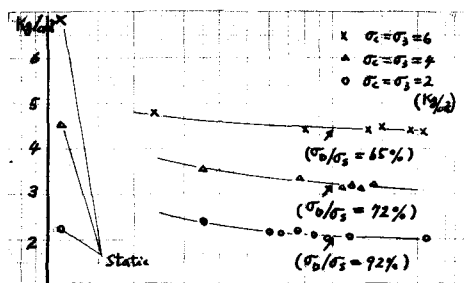


Fig-1 ($\sigma_1 - \sigma_3$)_f - N_f ($\varepsilon_f = 15\%$)

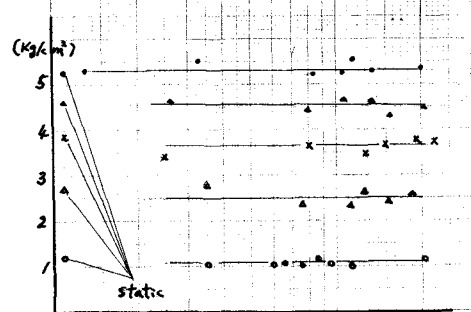


Fig-2 $u_f - N_f$

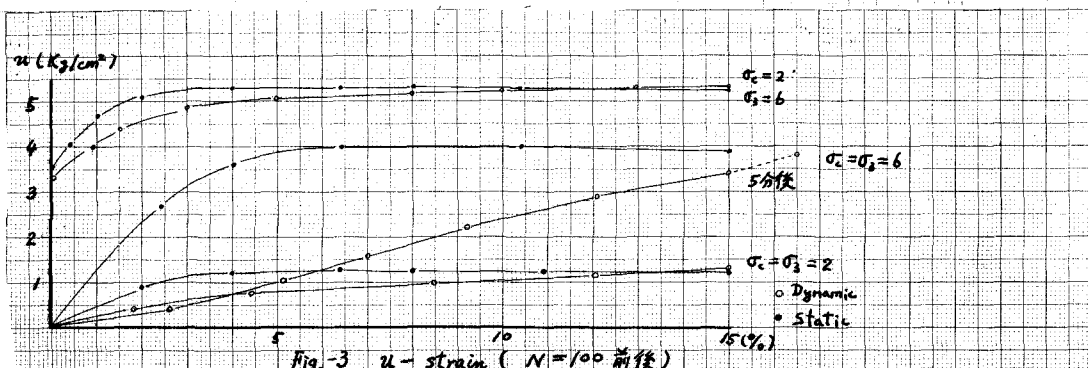
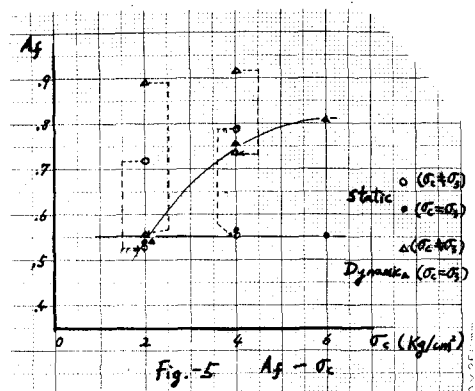
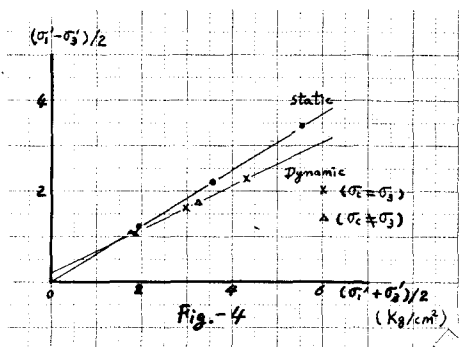


Fig-3 $u - \text{strain}$ ($N = 100$ 前後)



隙水圧は、 $u = 3.48 \text{ Kg/cm}^2$ ($B \approx 0.87$) であつたが、それを $u = 4.0 \text{ Kg/cm}^2$ ($B = 1.0$) とする事を意味している。この様にして得られた A 係数は、 $\sigma_c = \sigma_3$ の状態での試験結果と極めて近い値となる。この事は、非排水状態で等方圧縮された供試体では、構造上の関係で、加えられた等方圧縮力全ては、固隙水圧の増加とはならないが、静的圧縮セン断や、パルス応力の繰り返し载荷等により、やがて等方圧縮による固隙水圧の100%増加(即ち $B = 1.0$) の状態に近づく事を意味するものと考えられる。

4 結 論

飽和粘土に対する圧縮セン断の繰り返し载荷に於て、その破壊は圧縮セン断の型をとり、その50~200回载荷に対する動的強度は、どの载荷数に対するものでも大差なく、又一定間隔比に対し、拘束圧の違いによる影響もない。固隙水圧の挙動は、圧縮歪との関連に於て静的圧縮試験のものと同じと見てよい。

本実験に於て、終始、御協力を惜しまれなかつた、東北大学職員、須藤良清氏に感謝します。

参考文献

- 1) 小川正二 「振動応力を受ける飽和砂の液状化について」 第四回土質工学研究発表会講演集
- 小川正二 「飽和粘土の動力学的性質について」 東北支部技術研究発表会講演概要(47年度)
- 2) 柳沢栄司 「繰り返し応力を受ける飽和粘土のセン断特性」 第五回土質工学研究発表会講演集 等