

北海道大学工学部 正員 北郷 繁
 北海道大学工学部 正員 土岐 祥介
 北海道大学工学部 正員 〇武田 寛

1. まえがき

砂の排水条件下での強度特性が以前に受けた応力（ヒズミ）履歴の影響を受けることを先に報告したが、ここでは三軸圧縮試験機を用いて、非排水条件のもと種々の応力履歴をあたえることにより、飽和砂の非排水強度特性が如何に影響されるかを述べる。

2. 実験方法

供試体に種々の応力履歴をあたえる操作は次のようにして行った。初期間ゲキ比 $e_0 = 0.680$ の供試体を圧密後、非排水条件下で正弦波的に変化する軸方向応力 σ'_s と半径方向応力 σ'_r を、図-1(a) のごとく逆位相で載荷し、供試体内に図-1(b) に示されるせん断応力 σ_r を発生させた。

この操作を2サイクル行い、3サイクル目において最大圧縮状態 P_c および最大伸張状態 P_e の位置で載荷を中断し、等方応力状態に戻して $\sigma'_s = \sigma'_r = \sigma'_c = 2.0 \text{ kg/cm}^2$ の圧密圧で再び圧密を行った。この時点での粒子配列構造は繰返し載荷終了時に作られたものと大差がないと考えた。 σ_r の最大値 $\sigma_{r \max}$ は同一間ゲキ比の処女供試体の排水圧縮試験から得られた破壊強度とし、 $\sigma_{r \max}$ と各 σ_r との比 R を $0.125, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00$ の5段階に変えて実験を行い、繰返し載荷応力の大きさの影響を調べた。圧縮試験は非排水条件下で σ'_s を一定 (2.0 kg/cm^2) に保ち、 σ'_s を増加して行った。用いた試料は豊前砂である。以下において載荷を P_c および P_e において終了した供試体を、それぞれ P_c -供試体、 P_e -供試体と呼ぶ。

3. 実験結果と考察

P_c -供試体について行った圧縮試験の応力-ヒズミ挙動の代表例を示したのが図-2 である。この応力-ヒズミ曲線にはヒズミの初期部分とさらにヒズミが進んだ部分のそれぞれに直線部分があり、初期直線部分から求められる変形係数を E_i とし、後の部分からのものを E_t とした。まず、 E_i に注目する。圧縮試験開始前の間ゲキ比 e_0 と E_i の関係を示したのが図-3 である。ここで、 e_0 と初期間ゲキ比 $e_0 = 0.680$ との差は繰返し載荷を行うことによってもたらされたものである。この図において、 E_i を処女供試体の変形係数 E 値（破線）と比較すると、両者の比は $R = 0.50$ で 1.5 、 $R = 0.75$ で 1.8 、 $R = 1.00$ で 2.3 であって、明らかに載荷応力の影響が E_i には現われている。次に E_t に着目する。図-4 に示す E_t と e_0 との関係は図中の破線に示した処女供試体の e と E の関係に比べて特に差があるとは認められず、したがって、繰

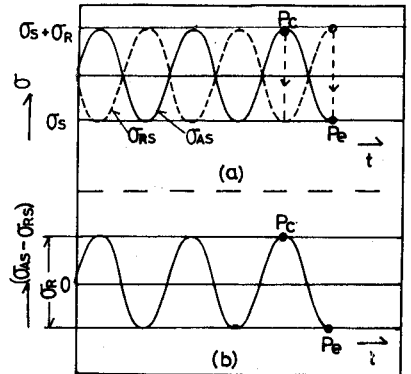


Fig-1

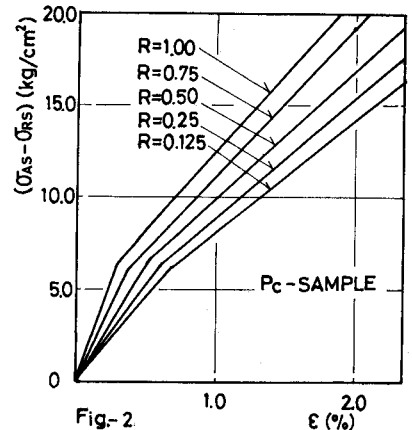


Fig-2

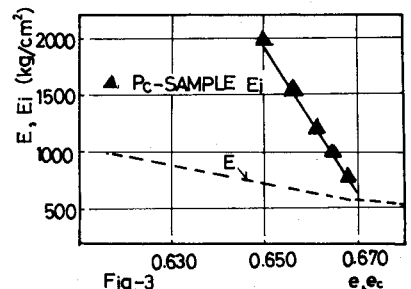


Fig-3

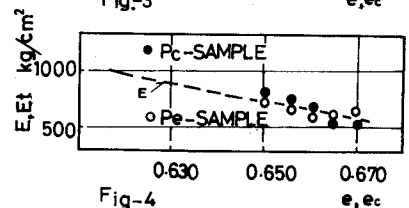


Fig-4

返し載荷を受けた後の P_c 供試体の E_t の増大は、繰返し載荷中にもたらされた間ゲキ比の減少によるものと考えられ、応力履歴によるものとはいえない。

四-五是 P_e 供試体の圧縮試験における応力-ヒズミ挙動の代表例を示したものである。この P_e 供試体の応力-ヒズミ曲線には、 P_c 供試体と異なりヒズミの初期部分に直線とみなせる部分がなく、その勾配はヒズミとともに変化している。そしてあるヒズミ ($R=0.125$ 即ち 1%、 $R=1.00$ 即ち 4%) を過ぎると直線を示す。そこで、初期曲線部分の各点で接線を取りこの傾きを E_t とし、これを変形が進んだ後の直線部分の傾き E_d で除して得られる値 E_t/E_d とヒズミの関係、 R をパラメーターとして示したのが四-六である。この四から明らかなように、圧縮試験の初期の応力-ヒズミ挙動に繰返し載荷応力の影響が現われ、 $R=0.25, 0.50$ 即ち ϵ が 2%、 $R=0.75$ 即ち 3%、 $R=1.00$ 即ち 4% ほどの影響は消失している。そして、この影響の度合は R が大になるほど著しいといえる。一方、四-四に示した E_t は先に述べた P_c 供試体と同様、その増大は繰返し載荷による間ゲキ比の減少のためで、応力履歴の影響によるものではないといえる。

以上に述べた P_c, P_e 供試体の応力-ヒズミ挙動における違いは、繰返し載荷終了時の最大主応力の方向によってもたらされると考えられる。すなわち、 P_c においては、軸方向応力に対してすでに硬化が生じているために、処女供試体よりも高い強度を変形の初期において動員することができる。一方 P_e 供試体では、最大主応力が半径方向にある時載荷が終了しているの、硬化は半径方向に生じている。したがって軸方向に対して強度を発揮するためには大幅な粒子の再配列が生じ、その再配列が終了するまでに大きな変形を必要とすると考えられる。四-七は圧縮試験時の間ゲキ圧係数 A の最大値と R の関係を示したものである。 P_e 供試体の A_{max} は他の供試体のそれよりも大きくその傾向は R が大になるにつれて顕著となる。また、四-八は繰返し載荷中の軸差応力と発生間ゲキ水圧 Δu の関係を示すものである。 Δu は $(\sigma_{as} - \sigma_{rs})$ の最大の時に最大値とはならず、主応力面が回転する際に最大値となっている。これらの事実から、 P_e 供試体が他の供試体に比べて変形の初期に小さな強度しか発揮できないのは、主応力面の回転が生じる時粒子の再配列が最も著しく、それに伴い高い間ゲキ水圧が発生するためと考えられる。四-六に示す傾向は飽和時に発生する間ゲキ水圧のこのような特性によるものであろう。

あとがき 非排水条件下で導入された応力履歴は、砂の初期の強度特性に影響をあたえ、特に主応力面が回転するときそれが著しいことを示した。なお、実験の実施や整理にあたり、昭和 50 年 本学卒業生、磯野裕一、木村博尚君に多大なる協力を得た。記して謝意を表するものである。

参考文献

1) 土岐、北郷、藤波、応力履歴により作られた砂の異方性の変形に及ぼす影響、第 29 回土学会年次大会

