

京都大学防災研究所 八木 則男
東洋エンジニアリング K.K. O 後藤 邦明

1. まえがき

砂地盤が地震のようにせん断応力を繰り返し受けるとゲイレイファンシーにより過剰間かき水圧が累積する。このように有効応力が減少し、砂地盤が破壊に至る液状化の問題は最近数多く研究されてきた。ここでは地盤が破壊に至らないが、繰り返しせん断による過剰間かき水圧の累積とそれ消散による砂の圧縮について2,3の実験を行なったので報告する。

2. 実験条件, 試料

用いた試験機は以前より京大防災研究所で使用してきた振動3軸試験機である。供試体は種々の相対密度の豊沛の標準砂である。非常に相対密度の小さい供試体を保つために、ゆい飽和砂を凍らせて、3軸試験機にセットした。

載荷条件は圧縮およびエクステンション状態にまたがる繰り返しせん断を与え、任意の時間における平均主応力 σ_m は一定である。これは地震時のように水平なせん断応力のみの地盤に作用するときとは地盤全体についてみれば σ_m が一定の条件を満足しているからである。非排水試験ではすべて初期有効応力は 1 kg/cm^2 で、せん断前と約 1 kg/cm^2 のバックプレッシャーを作用させた。なお振動数はすべて試験について 1 Hz である。

3 実験結果と考察

3-1 繰り返し載荷による過剰間かき水圧; Fig. 1 は繰り返し載荷によって発生した過剰間かき水圧 ΔU と繰り返し回数 N との関係の代表的な一例を示したものである。相対密度 D_r が小さいほど、 T_{cut}/σ_m が大きいほど N に対し ΔU の上昇は急激になる。 N に対する ΔU の上昇は3つの部分に分けられる。オイは $N=2 \sim 3$ で比較的急激に、オスは N に対し直線的に、オスハは再び急激に上昇しとくう土液状化する部分である。これらの実験結果は Seed の結果と同じである。種々の実験結果より、 $\Delta U=0.3, 0.5, 0.7, 1.0 \text{ kg/cm}^2$ に至る繰り返し回数と T_{cut}/σ_m の関係を示したが Fig. 2~Fig. 4 である。ここに T_{cut} は八面体せん断応力の片振りで、 σ_m は初期の圧密圧力である。Fig. 2~Fig. 4 の各曲線は $N=N_1$, $T_{\text{cut}}/\sigma_m = \alpha$ なる漸近線をもつ双曲線に近似できると思われる。 N_1 , α は $D_r, \Delta U$

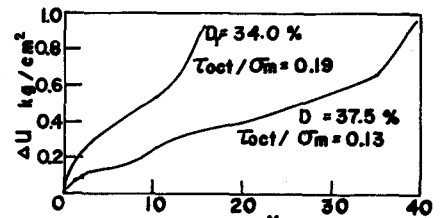


Fig. 1

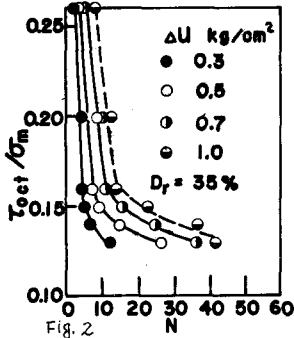


Fig. 2

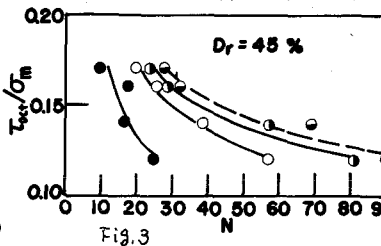


Fig. 3

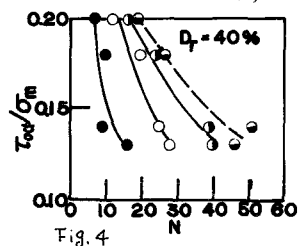
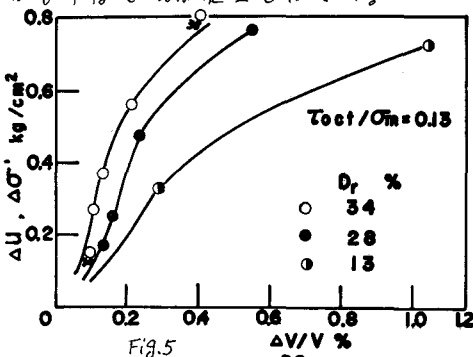


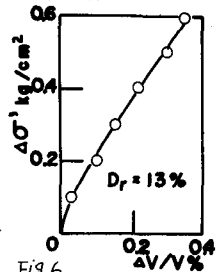
Fig. 4

振動数などの関数であらう。Nは σ_{ct}/σ_m を無限に大々くすると供試体は破壊するので意味はない。しかし α は N を無限大にしても αU 以上の間には水圧が発生しない限界の σ_{ct}/σ_m を表わしている。 α と D_r , αU の関係はデータ数が少ないこと、 D_r にややばらつきがあること、理由で求めなかった。今後さらに実験を行なう予定である。その他、粒子の大きさ、形状の影響を調べたが、粒径が大きいほど、形状が球形なほど αU は発生しにくい。

3-2 過剰間隙水圧の消散による圧縮；繰り返しせん断によって地盤はかたまりしも液状化しない。そのときは αU の消散によって地盤は沈下する。そこで繰り返し載荷によって発生した過剰水圧 αU の消散による砂の圧縮性を調べた。Fig.5は初期有効応力 1 kg/cm^2 で、発生した αU の消散（有効応力が増加）に対して体積変化 $\Delta V/V$ を示したものである。図中、プロットにつけた数字は図中に示した D_r よりはやや小さいものである。したがって $\alpha U = 0.4 \text{ kg/cm}^2$ にプロットされた点は有効応力 σ' が 0.6 kg/cm^2 から 1.0 kg/cm^2 に変化したときの体積変化を示している。 $\alpha U = 0.1 \text{ kg/cm}^2$ で変曲点であるようであるが、この付近のデータがないため不明である。



このような繰り返し載によって発生した αU の消散による体積変化と比較するため普通の等方圧縮試験結果を Fig.6 に示した。Fig.6は Fig.5 との比較のため、縦軸には 1 kg/cm^2 に至るまでの有効応力の増分 $\Delta \sigma'$ とした。すなわち、 $\Delta \sigma' = 0.2 \text{ kg/cm}^2$ のプロットは有効応力が 0.8 kg/cm^2 から 1 kg/cm^2 に変化したときの圧縮量を示している。Fig.5 と比較すると繰り返し載荷によって発生した αU が消散するとその方が大きな圧縮量を示していることが注目される。したがって、地震のような繰り返し載荷を受けたときの地盤や基礎の沈下を推定する場合、等方圧縮試験によって得られた圧縮係数を用いる危険例になる。



つぎに動的な等方圧縮試験と静的なそれと比較したのが Fig.7 である。これは 0.3 kg/cm^2 で等方圧縮したものを、 $\pm 0.25 \text{ kg/cm}^2$

の等方振動圧を作用させながら振動圧の中央値を増加させたときの体積変化を示している。動的な場合は振動有効応力の中央値に対してプロットしたものである。有効応力のレベルの違いとここでは、静的な値は動的な場合の有効応力の中央値と最大値の間にあがるが、 σ' のレベルが上昇すると動的な $\Delta V/V$ を有効応力の最大値に対してプロットしても静的な場合より大きくなる。

5 あとがき

土の動的な特性は多くの要素に支配されるので、ここでは実験のデータも不十分であったため、定量的な特性を見い出すには至らなかった。今後実験を進める予定である。

