

大阪大学工学部 正員 伊藤 富雄

" " 松井 保

" " 小原 秀夫

(1) まえがき

粘性土の動的特性に関する研究の一段階として、特に繰り返し載荷によって上昇する間げき水圧の挙動に着目して検討を行なっている。粘土地盤に地震その他の振動荷重が作用するとき、実際には、地盤内の間げき水圧がある程度まで上昇し、砂地盤における液状化の如き現象には至らないケースが多いと思われる。このような場合を対象として筆者らは既にリモデルされた正規圧密粘土に対して繰り返し載荷試験を行ない、非排水繰り返し載荷によって蓄積された間げき水圧がその後排水状態で消散し圧密が生じて、その結果過圧密状態になること、せん断強度が増加することなどを報告した。^{1,2)} そこで、今回は現地地盤より採取した不攪乱試料を加えた実験結果および同一試料に非排水繰り返し載荷→排水・圧密の操作を数回繰り返した実験結果について報告する。

(2) 試料および実験方法

用いた試料は、実験室で繰り返し再圧密した千里粘土および大阪大東市の沖積層より採取した不攪乱粘土で、後者を大東粘土と称し両者の物性表-1に示す。使用した振動三軸試験機は既報のもの^{1,2)}で、試料を有効圧 2.0 kg/cm^2 で24時間等方圧密した後、非排水状態で平均有効圧一定の応力状態で繰り返し載荷を行なう。その後、発生した間げき水圧が一定になるまで放置し、一定になると排水コックを解放して間げき水圧を消散させる。その結果、供試体は繰り返し載荷前と同じ等方圧のもとで圧密を生ずることになる。表-2には非排水繰り返し載荷の際の試験条件が示されている。なお一連の実験にはすべて 1.0 kg/cm^2 の initial back pressure で載荷した。

	千里粘土	大東粘土
LL %	93	90
PL %	38	34
PI %	55	55
Gs	2.68	2.68
2 μ 以下	43	32

表-1

応力波形	sine波
周波数	0.5 Hz
繰り返し回数	100回
試験条件中 $Ta \text{ kg/cm}^2$	0.49, 0.40, 0.32

表-2

(3) 実験結果および考察

図-1は非排水繰り返し載荷によって上昇する間げき水圧 Δu と繰り返し回数 N の関係と種々のせん断応力振中 Ta に対してプロットしたものである。図-2は繰り返し載荷停止後の間げき水圧の経時変化を示している。この図には繰り返し載荷中の間げき水圧の挙動もあわせて示し、横軸には対数時間をとっている。両図より大東粘土に発生する間げき水圧挙動に着目すると、繰り返し載荷中に発生する間げき水圧の増加の割合は千里粘土の場合よりも大きく繰り返し停止後の挙動では千里粘土よりも早い時期に間げき水圧のピーク値が現われている。しかし繰り返し載荷を止めても間げき水圧はなお上昇すること、その後ピーク値に達した後減少するがやがて一定値となり、最終的にはある値の間げき水圧が残留することなど本質的には千里粘土における間げき水圧挙動と類似していると言える。筆者らはこのように繰り返し載荷停止後初期圧密圧と同じ等方圧の下で生ずる間げき水圧挙動と本質的には Arulanandan³⁾のいう二次圧密効果すなわち土粒子構造の時間依存的な再配列過程における間

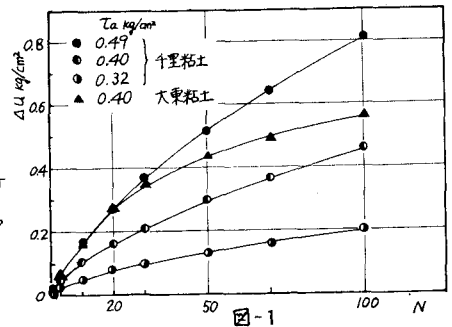


図-1

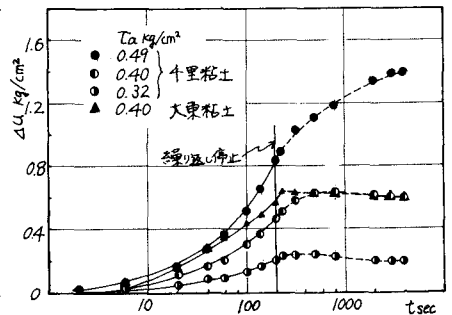


図-2

げき水圧の挙動と類似の挙動として説明できると考えている。

さて、繰り返し載荷停止後間げき水圧が一定値になった時点における供試体の軸ひずみは表-3に示すように非常に小さく、このようにして蓄積された間げき水圧は静的試験による同じ軸ひずみのときの間げき水圧に較べ充分大きな値であることが分かる。さらに言えば、残留する間げき水圧の値に着目する限りその大部分は繰り返し履歴に起因するものであって軸ひずみとの間に有効な相関関係は見当らない。したがって従来言われているような間げき水圧と軸ひずみとの間の一義的な依存性は本実験のように繰り返し載荷中に供試体に圧縮と伸張が交互に加わるようないわゆる平均有効応力一定の繰り返し載荷試験を含む一般的な場では必ずしも成り立たないと思われる。

次に、供試体主排水状態にすると間げき水圧は消散し圧密が生じる。このような圧密現象は残留間げき水圧 Δu の消散による有効圧密応力の増加として理解できる。いま圧密の結果生ずる体積変化量 $\Delta V/V$ を対数目盛りにおける有効応力の増加 $\log \sigma'_v/\sigma'_v - \Delta u$ に対して整理し実験結果をプロットしたのが図-3である。図中の直線はこれら2つのパラメータが近似的に比例関係にあることを示しているがその意味については後に検討する。図には大東粘土における結果もプロットされているが千里粘土とほぼ同様な圧密が生じている。以上のことから、現地地盤より採取された大東不攪乱粘土においてもこれら一連の挙動が本質的にはリモデルされた千里粘土における挙動と類似していることが分った。

さて、実際に自然地盤に地震が作用することと長期間に亘る視点を考えれば地震は当然断続的に何度も繰り返して生じるであろう。このようなケースを対象として同一試料に非排水繰り返し載荷→排水・圧密の操作と数回繰り返す実験を行なった。用いた試料は千里粘土で各サイクルにおける実験方法・条件は前述のものと同一である。実験結果を図-4に示すがこの図は一連の実験の過程における定常状態での間げき比と有効応力が矢印で示されるように推移することと表わしている。実験が進行するにしたがい発生する間げき水圧が減少し、したがって間げき比の減少度が小さくなっている。すなわち正規圧密粘土はこのような履歴により次第に圧縮性が減少してより安定な粒子構造をもち状態に変化していくと考えられる。この図において各サイクルの圧密過程を表わす矢印がほぼ平行になっているがこれは前述の各実験における圧密の結果が図-3において近似的に比例関係を示すことと対応している。そこで図-4の結果を●印で図-3にプロットしてみると全体としてはやや上に凹の傾向があるが近似的には図に示すような直線と引くことができる。さていま、図-4において発生する間げき水圧に対し破線破き包絡線を考えるとこの直線と $\sigma'_v = 2.0 \text{ kg/cm}^2$ の交点(図の●印)より間げき比にある限界値が存在することが予想される。このような限界間げき比に達した状態ではもはや同一条件の繰り返し載荷に対し間げき水圧は発生せずしたが、新たな圧密も生じないと考えられ、その物理的意味はさきわめて興味深いと思われる。

【参考文献】

- 1) 伊藤・松井・小原:「繰り返し応力を受ける粘土のせん断強さに関する実験」(1974)
- 2) 松井・小原:「正規圧密粘土に及ぼす振動荷重の影響について」(1974)
- 3) Arulanandan et al.: Géotechnique, 21-4, pp. 359-375, 1971

	千里粘土			大東粘土
せん断応力振幅 $T_a \text{ kg/cm}^2$	0.49	0.40	0.32	0.40
残留ひずみ $\epsilon \%$	0.22	0	0.04	0.11
残留間げき水圧 $\Delta u \text{ kg/cm}^2$	1.40	0.60	0.20	0.60
静的試験における 間げき水圧 σ'_v/σ'_v	0.24	0	0.07	0.17

表-3

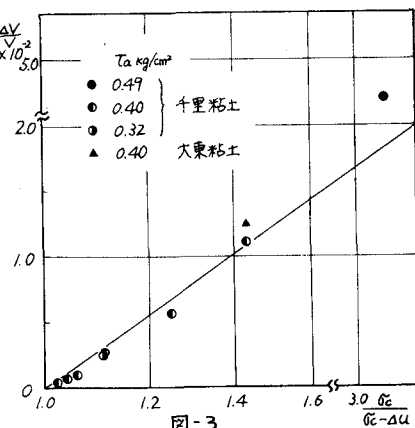


図-3

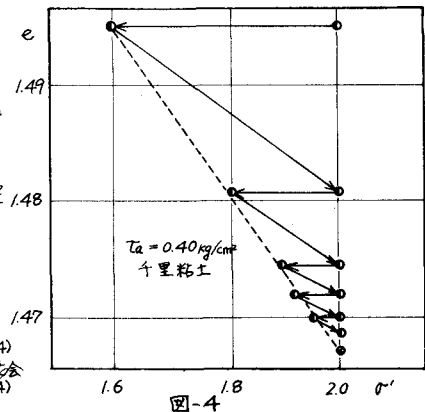


図-4