

慶應大学工学部

正員。八木 則男

新井組

深見 真一

1. まえがき

土が繰り返し圧縮を受けると、静的な場合に比べて、最大有効応力が同じであっても圧縮量は繰り返し回数とともに累積増加して大きくなる。(1)が、繰り返し荷重を受ける地盤の沉下計算には繰り返しによる程度の沉下が促進されるかを知る必要がある。1次圧縮試験による繰り返し圧縮を受ける砂質土の圧縮特性については以前に詳しく調べ報告した。¹⁾今回はさらに砂質土についてさらにデータを加え、粘性土についても実験を行ったので、その結果について報告する。

以前の報告にあり得られた結果について略述するとつぎのようである。

1) 1回目の載荷における有効圧縮応力 σ' と圧縮ヒズミ ε との関係は $\varepsilon = a \cdot \sigma'^{\beta}$ ----- (1) で表わされる。砂の相対密度が小さくなれば、また、砂の種類が異なった場合でもその砂の圧縮性が大きくなるほど a は大きく、 β は小さくなり、両者の関係が求められた。2) 除荷時にあっては繰り返し回数や砂の相対密度が変、 σ' を対数にした場合、 σ' と ε の関係は直線であり、いずれの場合も平行となる。3) 繰り返し回数 N と残留圧縮量 ε_R との関係は $\varepsilon_R = N / (a + bN)$ または $N / \varepsilon_R = a + bN$ ----- (2) で表わされる。砂の相対密度が小さくなれば、1)と同様砂の圧縮性が大きくなれば、 a 、 b とも大きくなる。4) (2)式より推定した N が無限大のときの残留圧縮量 $\varepsilon_{RN \rightarrow \infty}$ と1回目の残留圧縮量 $\varepsilon_{RN=1}$ の関係は砂の種類と相対密度とは無関係に一つの直線で表わすことができる。5) 繰り返し荷重 σ の上限を σ'_u 、下限を σ'_l とすると、 $\varepsilon_{RN \rightarrow \infty} / \varepsilon_{RN=1}$ と σ'_l / σ'_u の関係は σ'_u と σ'_l の種々の組合せに対しても一つの曲線を表わすことができる。

2. 実験試料・実験装置・実験方法

実験に用いた砂の物性は、土粒子比重 $G_s = 2.64$ 、平均粒径 $D_{50} = 420 \mu$ 、均等係数 3.5 、最大間げき比 $e_{max} = 0.881$ 、最小間げき比 $e_{min} = 0.312$ 、である。

一方粘土試料は大阪の深さ $57.5m \sim 58.5m$ の赤褐色層から採取したもので、 $G_s = 2.73$ 、液性限界 $W_L = 88\%$ 、塑性限界 $W_p = 39\%$ 、先行圧縮荷重 $P_0 = 5.5 kg/cm^2$ の不攪乱試料である。

実験は側方拘束の1次元圧縮により、行なわれた。試料の容器は砂に対しては内径 $6.0cm$ 、高さ $4.0cm$ の内柱形、粘性土に対しては標準圧密試験と同様のもの、内径 $6.0cm$ 、高さ $2.0cm$ である。沉下は $1/100mm$ 精度のダイヤルゲージで測定した。この場合の粘土の 100% 圧密終了時間は正規領域ではいずれも数分であった。

繰り返し載荷の方法は、所定の上限荷重 σ'_u まで段階的に載荷し、その後は下限荷重の σ'_l と σ'_u 間で荷重を上下させた。この場合 σ'_l と σ'_u の間では数段階に荷重は分割しなかった。砂においては $0.1 kg/cm^2$ と $22.4 kg/cm^2$ の範囲の種々の荷重の組合せを用いて σ'_l と σ'_u とし、一段階の載荷時間は $10 \sim 20$ 分までで、これは沉下が静止するのに必要の時間である。粘性土においてはNo.1からNo.6までの6つの試料を行なった。No.1では $0.8, 1.6, 3.2, 6.4, 12.8 kg/cm^2$ の5段階に分けて載荷し、その後は $12.8 kg/cm^2$ のまま約50日間放置し、2次圧密による沉下の測定を行なった。No.2～No.4では $12.8 kg/cm^2$ までを上記のように段階的に載荷し、 σ'_u として $12.8 kg/cm^2$ 、 σ'_l として各々 $6.4 kg/cm^2$ 、 $9.6 kg/cm^2$ 、 $11.2 kg/cm^2$ の範囲で繰り返し圧縮試験を行なった。この場合 σ'_u 、 σ'_l ともに粘土の初期の先行圧縮荷重 $5.5 kg/cm^2$ よりも大きい。同様にNo.5では σ'_u を $3.2 kg/cm^2$ 、 σ'_l を $1.6 kg/cm^2$ 、No.6では σ'_u を $1.6 kg/cm^2$ 、 σ'_l を $0.8 kg/cm^2$ として、 σ'_u までは段階的に載荷し、 σ'_u と σ'_l の間は1段階で載荷・除荷を行なった。No.5、No.6においては σ'_u 、 σ'_l は初期の先行荷重以下である。また1サイクルの時間は48時間で、繰り返し回数は18回である。

3. 実験結果と考察

砂については1.で述べた以前の結論1)~4)までを実験的に確認した。以前の結果5)では $\epsilon_{RN \rightarrow \infty} / \epsilon_{RN=0}$ と σ'_e / σ'_u の関係はややばつつきが大きかったため、今回は図-1に示すように $\alpha \cdot \sigma'_e / \epsilon_{RN \rightarrow \infty}$ と σ'_e / σ'_u の関係を示すと、 σ'_e と σ'_u の任意の組合せにもかかわらず、非常にばつつきが小さい関係が得られる。 $\alpha \cdot \sigma'_e$ は1回目の載荷における σ'_e での圧縮ヒズミである。しかしこの関係では σ'_e が小さいときにそれに対応するヒズミが非常に小さく σ'_u がわかる場合でも図の縦軸がゼロになってしまうので都合が悪い。この図を利用するときは、 σ'_e がある程度大きくて、図-1の縦軸の値が0.5以上の場合が望ましいように思われる。この図を利用すれば、 σ'_e と σ'_u の間で無限回の繰返しが行われたときの残留ヒズミ $\epsilon_{RN \rightarrow \infty}$ は1回目の載荷時の圧縮特性がわかれば推定できる。

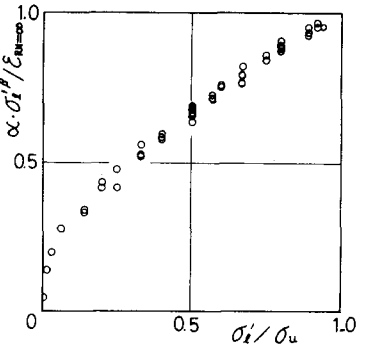


図-1 砂の $\alpha \sigma'_e / \epsilon_{RN \rightarrow \infty}$ と σ'_e / σ'_u の関係

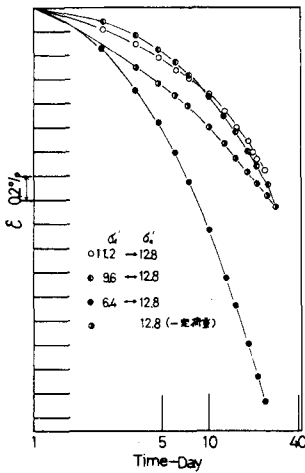


図-2 圧縮量と時間の関係

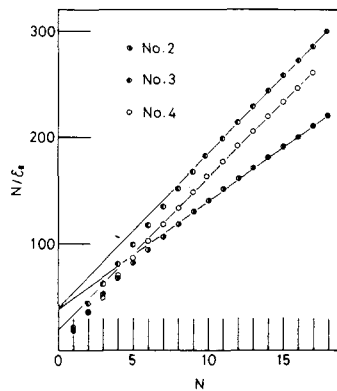


図-3 正規粘土の ϵ_R と N の関係

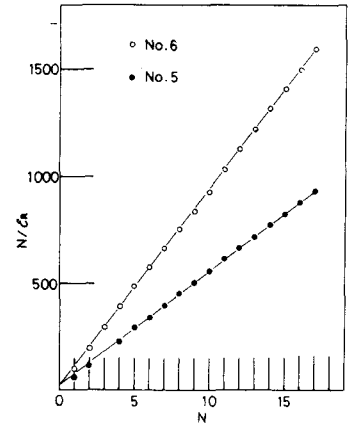


図-4 過圧密粘土の ϵ_R と N の関係

つぎに粘性土の結果について述べる。図-2は各荷重条件における沈下の進行状況を示している。すべて正規荷重の場合である。一定持続荷重と繰返し荷重を比較すると、持続荷重と繰返しの σ'_e が等しく、繰返しの場合は全時間の半分は σ'_u より小さい σ'_u が作用しているにもかかわらず、繰返し荷重中の大きい場合は持続荷重よりも沈下の絶対量、沈下速度とも大きく、また繰返し荷重中の小さい場合でも沈下速度は時間が経過すると持続荷重より大きくなっている。また σ'_e と σ'_u が11.2 kg/cm² ↔ 12.8 kg/cm² と 9.6 kg/cm² ↔ 12.8 kg/cm² の場合を比較すると、時間経過の小さいときは前者の方が σ'_e が大きいために、沈下量が大きくなっているが、時間の経過とともに後者の方が沈下量、沈下速度とも大きくなる。いずれにしても時間が経過すると繰返し荷重中の大きい方が沈下量、沈下速度とも大きくなるようである。

つぎに粘性土に対しても砂と同様に(2)式が成立するかを調べたのが図-3、(正規)図-4である。(過圧密)両図を比較すると、縦軸のスケールが異なるが、正規では N の小さいところでは直線からプロットがずれている。したがって図-3では(2)式が成立するとして係数 a 、 b を決定しても無意味であるが、 $\epsilon_{RN \rightarrow \infty}$ を求めるために N の大きなところで(1)式が成立するとして、図-3の直線の勾配から推定した。同様に図-4からも $\epsilon_{RN \rightarrow \infty}$ を推定して、図-1と同様な図を粘性土について示すと図-5である。

砂のように同一曲線上では表わせず過圧密比によって異なるようである。

4. あとがき：粘性土の沈下は時間の影響が大きいので、繰返し周期に上記の特性がどのような影響を受けるか今後検討せねばならない。

参考文献：1) 八木他、砂の一次圧縮について、第11回土質工学研究発表会、PP187~190

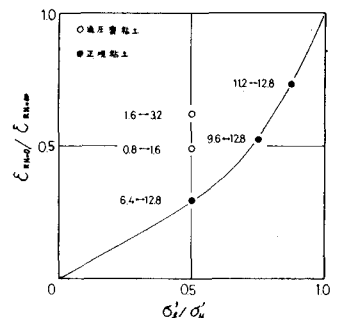


図-5 粘性土の $\epsilon_{RN=0} / \epsilon_{RN \rightarrow \infty}$ と σ'_e / σ'_u の関係