

有明粘土の動的強度に及ぼす圧密時間の影響

西日本工業大学 正員○平尾和年

西日本工業大学 正員 安原一哉

1. まえがき 圧密途中にある地盤、未圧密粘土地盤に地震や波浪などの動的外力が作用すると、1)繰返し載荷による破壊、2)繰返し載荷後間隙水圧消散に伴う沈下などの工学的問題が生じる。また、粘土では繰返し挙動に及ぼす先行圧密時間の影響が重要であることが予想され、これまで等方圧密粘土を用いた非排水繰返し三軸試験を行ない結果の一部を既に報告した^{1), 2), 3)}。今回は、さらに先行圧密時間の短い実験を補足して特に、粘土の動的強度に及ぼす先行圧密時間の影響について検討した。

2. 実験概要 実験は、繰返し再圧密された有明粘土 ($G_s=2.58$, $w_L=115\%$, $I_p=72$, $w_i=90\%$) を使用した。供試体は、直径 5cm, 高さ 10cm であり、空圧制御方式の繰返し三軸試験機を用いた。試験方法は、まず供試体に拘束圧に等しい背圧 ($BP=2\text{kgf/cm}^2$) を 2hrs 負荷する。その後、拘束圧 ($\sigma_c=2\text{kgf/cm}^2$) を加え、先行圧密時間を変えた等方圧密を行なう。このとき、所定の圧密時間終了後、1時間放置して間隙水圧の再配分を行なった。非排水繰返し載荷条件は、周波数 $f=0.1\text{Hz}$ 、二方向載荷、繰返し回数 ($\varepsilon_{DA}=5\%$ まで載荷) である。ここでは、軸ひずみ両振幅 $\varepsilon_{DA}=5\%$ を繰返し破壊と定義した。また、繰返し載荷は鉛直方向のみで、それぞれの供試体に異なった繰返し応力比 σ_r を載荷した。図-1 に実験中の間隙水圧の経時変化を模式図で示している。

3. 動的強度に及ぼす圧密時間の影響

まず、ここで用いた高塑性粘土の一次圧密終了時間は約 6 時間であったので、一次圧密終了時間を中心に圧密時間を幾つか設定した。図-2 に非排水繰返し載荷中の軸ひずみの経時変化に及ぼす先行圧密時間と繰返し応力比の影響について整理した代表的な例を示している。これより、先行圧密時間が短くなるに伴い、少ない繰返し回数で軸ひずみ両振幅 $\varepsilon_{DA}=5\%$ に至ることが明らかである。また、当然のことながら同じ圧密時間では繰返し応力比が大きいほど所定の軸ひずみ振幅に達する回数は少なくなる。

次に、砂質土の場合間隙水圧が拘束圧まで上昇して液状化することは良く知られている。しかし、今回用いたような粘土では間隙水圧が拘束圧まで達しない内に破壊する傾向がある。このことを確かめるため、図-3 に先行圧密時間をパラメータにして $\varepsilon_{DA}=5\%$ 時の累積間隙水圧 u_{tf}/σ_c と繰返し応力比 $\sigma_r/2\sigma_c$ の関係をまとめている。同じ繰返し応力比では、先行圧密時間が長くなるほど大きな間隙水圧が生じる。また、先行圧密時間に関わらず繰返し応力比の低下に伴って累積される間隙水圧が大きくなる。さらに、いずれの実験も間

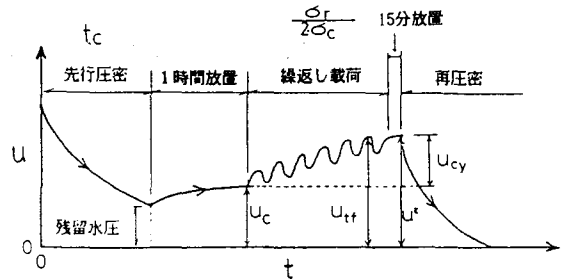


図-1 間隙水圧の経時変化 (模式図)

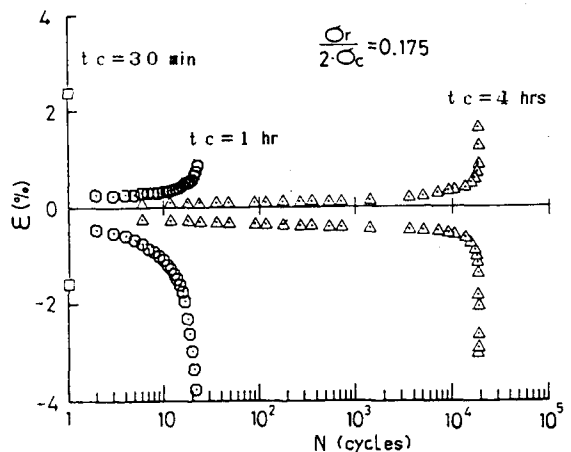


図-2 軸ひずみの経時変化に及ぼす圧密時間の影響

隙水圧が拘束圧まで達しないうちに $\varepsilon_{DA}=5\%$ に至ることが分かる。従って、粘土の場合繰返し破壊を間隙水圧で定義することは難しいようである。

有明粘土の繰返し応力比と載荷回数の関係を図-4に示している。これより、先行圧密時間が長くなるとともに粘土の動的強度は大きくなる傾向がある。図中には圧密を行わず繰返し荷重を載荷した実験結果も記入している。いま、載荷回数20波に注目して $t_c=0$ の動的強度 $\sigma_r/2\cdot\sigma_c$ を基準の動的強度 R_{f0} 、それぞれの圧密時間の動的強度を R_f とすれば、 R_f/R_{f0} が動的強度の増加率になる。この増加率を破壊時の回数で整理すると図-5のようになる。これから、未圧密領域での動的強度の増加が著しいことが分かる。これは圧密の進行による密度の増加に起因するものと思われる。また、目的は異なるが、Mulilisら⁴⁾が行なった砂の動的強度に及ぼす圧密時間の影響に関するデータも併記している。砂のような粒状土でも100日間の圧密によって、モンテリオンあるいは構造の安定化によると考えられる約26%の動的強度の増加が生じている。

5. あとがき

先行圧密時間が粘土の動的強度に及ぼす影響について検討した結果、未圧密粘土の繰返し破壊には、圧密時間と繰返し応力比の影響が大きく、間隙水圧より軸ひずみで繰返し破壊を定義した方が良いと思われる。また、動的強度は圧密時間（圧密度）に支配されることが分かった。

なお、本研究は昭和62,63年度文部省科学研究費「埋立地における地盤沈下を考慮した諸施設の耐震化システム」（重点領域、代表者 九州工大 安田進 助教授）の助成を受けた。付記して謝意を表する次第です。

引用文献 1) 平尾・安原・Hyde(1988): 塑性の高い飽和粘土の非排水繰返し三軸試験, 土の非排水繰返し試験に関するシンポジウム論文集, pp.113-118.

2) 安原・平尾(1988): 繰返し荷重を受けた正規圧密粘土の再圧密, 第43回土木学会講演概要集, pp.360-361. 3) 平尾・安原(1989): 粘土の繰返し挙動に及ぼす圧密時間の影響, 第44回土木学会講演概要集, pp.574-575. 4) Mulilis et al. (1977): Resistance to Liquefaction due to Sustained Pressure, J.GED, ASCE, Vol.103, No.GT7, pp.793-797.

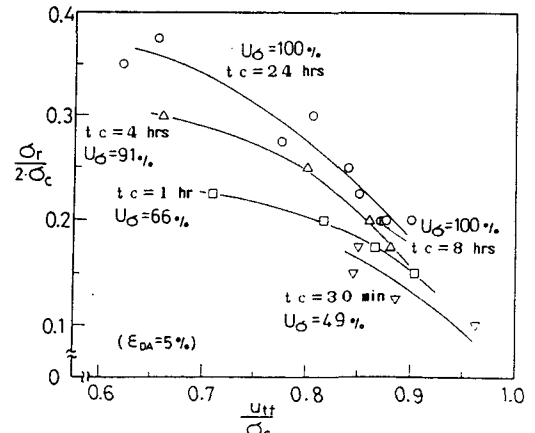


図-3 $\varepsilon_{DA}=5\%$ 時の繰返し応力比と間隙水圧関係

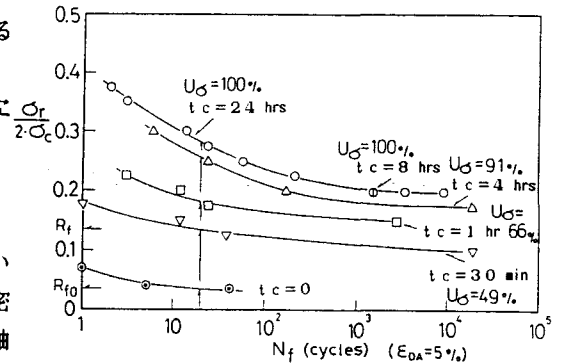


図-4 繰返し破壊に及ぼす圧密時間の影響
(繰返し応力は全応力 σ_c で正規化)

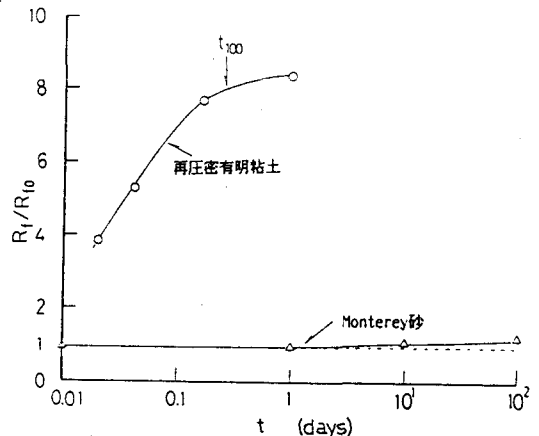


図-5 圧密時間による動的強度の変化