

長岡技術科学大学工学部 正 員 小川正二
同 大学院 学生員 〇海津信廣
石油資源開発株式会社 小菅智之

1. まえがき

地震時に発生する過剰間隙水圧の上昇及び消散に伴って、砂地盤は正規圧密状態から過圧密状態へ移行すると考えられる。そこで、液状化現象を解明し、地盤の支持力低下や沈下量の推定を行なうためには、過圧密砂の力学的特性を明らかにしていく必要があると思われる。砂のせん断特性と応力履歴との関係については、石原¹⁾、Finn²⁾らの報告があるが、今回は、バックプレッシャー (B.P.) を加えることによって過圧密状態にした飽和砂の供試体を用いて、三軸圧縮試験を行なったので、その結果に基づき臨界過圧密比 ($O.C.R_{crit}$) について考察する。

2. 実験方法

試料は新潟市で採取した砂で、 $G_s = 2.69$, $U_c = 2.10$, $e_{max} = 1.017$, $e_{min} = 0.605$ である。実験は、所定の圧力 (σ_3) で2時間圧密した後、B.P.を加えて拘束圧 ($\sigma_c = \sigma_3 - B.P.$) が 1.0 , 1.5 , 2.0 kg/cm^2 の過圧密状態にし、圧密排水 (C D), 圧密非排水 (C U), 等方圧縮試験を行なった。なお供試体は、B.P.を加えた後の間隙比が、 $\sigma_c = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ の場合には $e = 0.85$ ($D_r = 41\%$), $\sigma_c = 1.5$, 2.0 kg/cm^2 では $e = 0.80$ ($D_r = 53\%$)となるように水中落下法により作成した。

3. 実験結果と考察

Q) C D 試験より求めた臨界過圧密比 ($O.C.R_{crit}$)

$\sigma_c = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ での $(\sigma_1 - \sigma_3) \sim \epsilon_a$, $\Delta V/V \sim \epsilon_a$ 関係を図-1に示す。図-1より、石原³⁾の研究と同様、過圧密履歴が圧縮初期のせん断抵抗、体積変化に影響を及ぼしていることがわかる。

いま、臨界過圧密比 ($O.C.R_{crit}$) を、“任意の軸ひずみ (ϵ_a) において、体積ひずみ ($\Delta V/V$) がゼロとなるときの過圧密比 ($O.C.R.$)”と定義する。

$O.C.R_{crit} \sim \epsilon_a$ 関係を求めるために、図-1の $O.C.R.$ ごとの $\Delta V/V \sim \epsilon_a$ 曲線から各 ϵ_a に対する $\Delta V/V$ を読み取り、 ϵ_a をパラメータとして $\Delta V/V$ と $O.C.R.$ との関係を求めると図-2のようになる。この $\Delta V/V \sim O.C.R.$ 曲線が $O.C.R.$ 座標と交わる点 (例えば図-2の A~D 点) が、任意の ϵ_a における $O.C.R_{crit}$ となる。これらの点について、拘束圧 (σ_c) をパラメータとして $O.C.R_{crit} \sim \epsilon_a$ 関係を求めると図-3を得る。図の $\sigma_c = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ の曲線は、 $e = 0.85$ のときの値であるので、 $e = 0.80$ の場合にはこの曲線はさらに下側に位置すると考えられる。データの

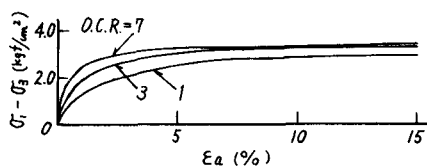


図-1 $(\sigma_1 - \sigma_3) \sim \epsilon_a$, $\Delta V/V \sim \epsilon_a$ 関係

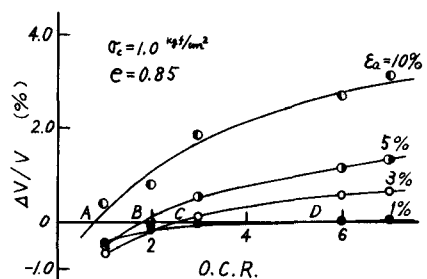


図-2 $\Delta V/V \sim O.C.R.$ 関係

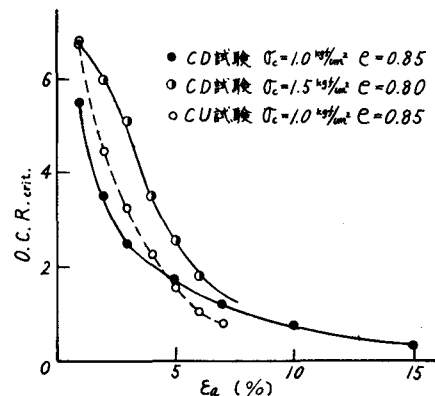


図-3 $O.C.R_{crit} \sim \epsilon_a$ 関係

数が少ないが、図-3より $O.C.R._{crit}$ は、 σ_c が大きく、 E_a が小さいほど大きな値となっていることがわかる。

b) CU試験より求めた $O.C.R._{crit}$

$\sigma_c = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ での $\sigma'_1/\sigma'_3 \sim E_a$, $u \sim E_a$ 関係を図-4に示す。ここでは、“任意の軸ひずみ (E_a) において、間隙水圧 (u) がゼロとなるとき、の過圧密比”を臨界過圧密比とする。

CD試験の場合と同様に、図-4より $O.C.R.$ ごとに各 E_a に対する u を読み取り、 E_a をパラメータとして $u \sim O.C.R.$ 関係を求めると図-5となる。図-5の点E~Hが任意の E_a における $O.C.R._{crit}$ であり、これらの点の $O.C.R._{crit} \sim E_a$ 関係を図-3に○印で示した。図より、CU試験から求めた $O.C.R._{crit} \sim E_a$ 関係も、CD試験から求めた曲線とほぼ同様の傾向を示すことがわかる。

c) CD, 等方圧縮試験より求めた $O.C.R._{crit}$

せん断中の体積変化には、ダイレタンシーによる体積変化 (ΔV_d) と平均主応力の変化による体積変化 (ΔV_c) が含まれている。西⁴⁾らは、“ダイレタンシーによる塑性体積ひずみが発生しないときの過圧密比”を限界過圧密比 ($O.C.R._{crit}$) として提案している。

そこで、 $\sigma_c = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ でのダイレタンシーによる体積変化量を

$\Delta V_d = \Delta V - \Delta V_c$ ΔV_c : 等方圧縮試験から求めた体積変化
上式より求め、 $\Delta V_d/V \sim \sigma/p'$ (応力比) 関係に表わすと図-6のようになる。図から、 $O.C.R. = 3$ の場合、 $\Delta V_d/V$ が急増するまで ($\sigma/p' \approx 1.25$ まで) $\Delta V_d \approx 0$ となっていることがわかる。前述の定義から考えると、今回の実験条件 (拘束圧, e など) に対する $O.C.R._{crit}$ は3付近であるといえよう。

4. おわりに

以上のことをまとめると、次のようになる。

- (1) CD, CU試験より求めた $O.C.R._{crit}$ は、拘束圧 (σ_c) が大きく軸ひずみ (E_a) が小さいほど大きな値となる。
- (2) $\Delta V_d/V$ が急増するまで $\Delta V_d \approx 0$ となっている状態での $O.C.R.$ は $\sigma_c = 1.0 \text{ kg/cm}^2$, $e = 0.85$ の条件では、 $O.C.R. = 3$ 付近であろう。今後は、臨界過圧密比の概念と液状化現象との対応について、考察してゆくつもりである。

参考文献

- 1) 石原, 岡田 (1978): 過圧密砂の降伏と繰返し荷重のもとにおける液状化モデル, 土質工学会論文報告集 Vol. 18 No. 1
- 2) Finn, W. D. L. et al. (1970): Effect of strain history on liquefaction of sand, ASCE Vol. 96 SM6
- 3) 石原, 山下, 山田 (1974): 過圧密砂におけるせん断特性, 第9回土質工学研究発表会
- 4) 西, 江刺, 西 (1980): 非排水条件下における砂の有効応力経路とその予測, 第15回土質工学研究発表会

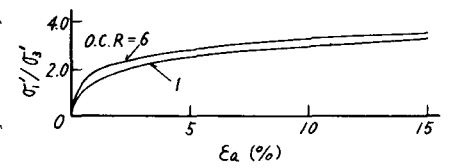


図-4 $\sigma'_1/\sigma'_3 \sim E_a$, $u \sim E_a$ 関係

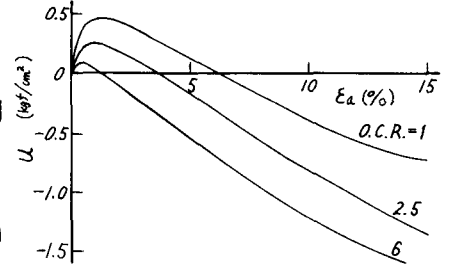


図-5 $u \sim O.C.R.$ 関係

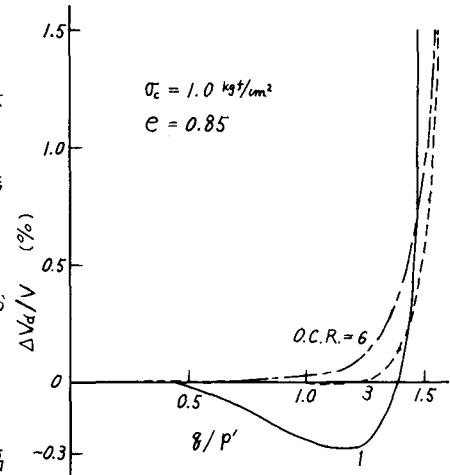


図-6 $\Delta V_d/V \sim \sigma/p'$ 関係