

名古屋工業大学

"

大学院生

"

学部生

正員 松岡 元

学生員 ○松原 義仁, 原 康彦

学生員 伊藤 学

非排水繰返し単純せん断時の液状化強度に及ぼす過圧密の影響を調べるため、単純せん断試験機を用いた等体積繰返し試験を行ない検討した。さらに、現場において地下水位を一度低下させた後に戻し地盤を過圧密状態にすることが、簡便な液状化防止法として有効であることを振動台を用いたモデル実験を行ない検証した。

1. 等体積繰返し単純せん断試験による過圧密砂の液状化特性

飽和させた豊浦砂を試料として、等体積繰返し単純せん断試験を行った。供試体は、直径7cm、高さ2.8cmの円柱形で、初期間隙比(有効鉛直応力 $\sigma'_z = 30 \text{ kN/m}^2$ 時の空隙比)を、約0.72に統一した。今回は試料を過圧密状態にするため、有効鉛直応力 σ'_z を一度300, 400, 600 kN/m^2 まで載荷したのち、200 kN/m^2 まで除荷した(それぞれ過圧密比 $\text{OCR} = 1.5, 2.0, 3.0$ と呼ぶことにする)。このようにして作製した過圧密砂に一定の繰返しせん断応力 $\tau_{cy} = 20, 25, 30, 40 \text{ kN/m}^2$ を与えて、両振幅せん断ひずみ $\gamma_{DA} = 15\%$ に達するまで繰返しせん断した。図-1, 2は過圧密状態にした試料に繰返しせん断応力 $\tau_{cy} = 25 \text{ kN/m}^2$ を与えたときの有効応力経路と応力・ひずみ関係である。図-1の有効応力経路は、過圧密比が大きくなるにつれ、原点方向への入り込みが少なくなり、液状化しにくくなっている。また同図(d)は $\text{OCR} = 3.0$ の場合の一例であるが50回繰返しても有効鉛直応力が約100 kN/m^2 までしか減少していない。

したがって、同図(a)~(d)を通して過圧密比が有効応力経路の入り込み量に大きく影響を及ぼしていることがわかる。^{1), 2)} 図-2の応力・ひずみ関係をみると、どの過圧密比でも図-1の有効応力経路が、単純せん断における変相線 $X_{zm} = 0.42$ 付近になると大きなひずみが発生するようになるが、それ以後 $\gamma_{DA} = 15\%$ に達するまでの回数は過圧密比が大きくなるにしたがって多数回を要するようになっている。また図-3は間隙水圧 Δu (図中に示すように初期の有効鉛直応力から、ある繰返し回数終了時の有効鉛直応力を差し引いた値で、有効鉛直応力の原点方向への入り込み量を示すものである) と繰返し回数 N の関係を示している。

間隙水圧の上昇に過圧密の影響が明確に表われており、過圧密比が大きくなるにしたがい間隙水圧上昇曲線がゆるやかになり、液状化に至るまでに多数回を要するようになる。

図中に矢印で示したプロットは $\gamma_{DA} = 5\%$ に達した点を示しているが、過圧密比に関係なく約 $\Delta u = 190 \text{ kN/m}^2$

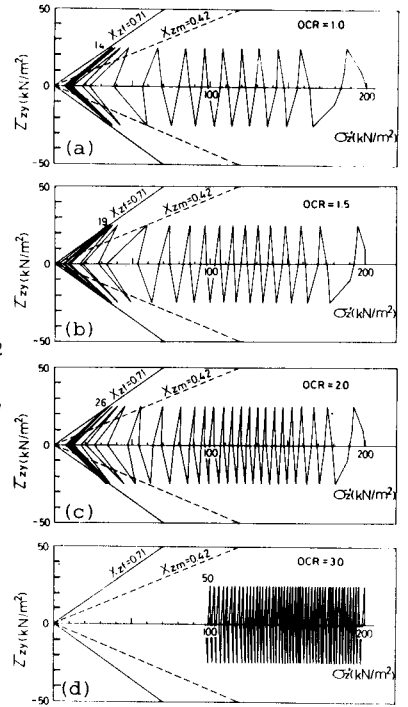


図-1 繰返しせん断応力 $\tau_{cy} = 25 \text{ kN/m}^2$ のもとで過圧密比を変えたときの有効応力経路

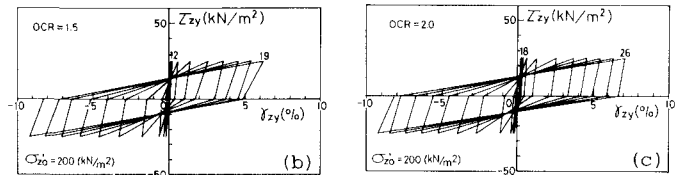


図-2 繰返しせん断応力 $\tau_{cy} = 25 \text{ kN/m}^2$ のもとで過圧密比を変えたときの応力 τ_{zy} ~ ひずみ γ_{zy} 関係

になっているので、 $\gamma_{DA}=5\%$ は液状化の目安として妥当な値と考えられる。そこで、図-4は $\gamma_{DA}=5\%$ に達した時の液状化強度 τ_{cy}/σ'_{zo} と繰返し回数 N の関係を過圧密比をパラメーターとして示している。これより試料を過圧密状態にすることにより、液状化強度が増加することがわかる。液状化回数が10回のところで $OCR=1.0$ と $OCR=2.0$ の液状化強度を比較すると、 $OCR=2.0$ の液状化強度は $OCR=1.0$ の液状化強度の約3割の増加になっている。以上の結果より、試料を過圧密状態にすれば、液状化強度の増加が明らかに認められる。

2. 簡便な液状化防止法と振動台を用いたモデル実験による検証

現場の砂質地盤を簡単に過圧密状態にするには、地下水位を一度低下させた後に戻す方法が考えられる。これは、地下水位の低下により地盤の単位体積重量が水中単位体積重量 $\gamma' (= \gamma_{sat} - \gamma_w)$ から飽和単位体積重量 γ_{sat} になり浮力の分(水の単位体積重量 $\gamma_w = 1\text{gf/cm}^3$)だけ有効鉛直応力が増加することに基づいている。そこで、このように地下水位を低下させることにより作られた過圧密砂の液状化強度の増加を検証するため、振動台を用いたモデル実験を行なった。試料は豊浦砂を用い、供試体の作製は直径27cm, 高さ35cmのスチール製の円柱形容器に水を入れておき、5重のスチール製フルイ³⁾を通して砂表面と水面が一致するまで砂を水中へ落下させ行なった。そのときモデル砂地盤の高さは約20cm、間隙比は約0.88であった。正規圧密の場合は、この状態で砂表面に液状化の判定のため100gの棒と50gの重錘をのせ、振動台を作動させた。一方、過圧密にする場合は、容器底部より一度排水し、10分間放置した後、底部よりパイピングを起こさないように非常にゆっくり水を入れて地表面

まで水位を上昇させた。そして正規圧密の場合と同様に振動させ、正規圧密状態と過圧密状態との差違を調べた。今回は振動数約1.2Hz、振幅約2cm(最大加速度約51gal)で水平方向に振動させた。そして液状化の判定は、容器底部より導かれた水位計が急上昇し(間隙水圧の急上昇を表わす)、砂表面にのせた棒と重錘が支持を失い砂中に没する時とした。表-1にその結果を示す。この表中の実験番号No.3,4の"液状化せず"というのは、5分間振動させても液状化を起こさなかったことを意味している。このモデル実験結果より、地下水位を一度低下させて戻すだけでも、砂地盤の液状化抵抗をそれなりに増加させることができると判断される。

以上の一連の実験結果により、原地盤の地下水位を一時的に低下させることは、ウエルポイント工法等によって比較的容易であるため、地盤の液状化強度を増加させ液状化防止に有効な最も簡便な方法であると考えられる。

謝辞 液状化抵抗に及ぼす過圧密の影響について御教示頂いた東工大吉見吉昭教授、振動台をお貸し頂いた本学中村卓次助教授、日頃御援助頂いている本学山内利彦教授、中井照夫助教授に謝意を表します。

参考文献 1) 吉見吉昭著(1980):砂地盤の液状化 技報堂 pp.42-44.
2) Ishihara, K. and Okada, S (1978): S&F, Vol.18, No.1, pp.57-72.
3) 土岐・三浦(1979):第24回土質工学シンポジウム発表論文集 pp.173-180.

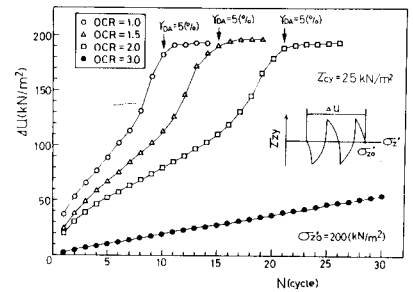


図-3 繰返しせん断応力 $\tau_{cy} = 25\text{kN/m}^2$ のもとでの間隙水圧 $\Delta u \sim$ 繰返し回数 N 関係

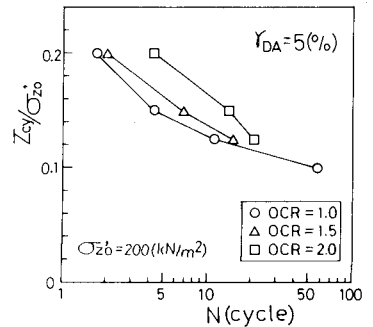


図-4 液状化強度 τ_{cy}/σ'_{zo} と液状化に至るまでの繰返し回数 N 関係

表-1 振動台を用いたモデル実験の実験結果

実験番号	試料	振動数(Hz)	振幅(cm)	液状化までの時間
No.1	正規圧密	1.2	2	2秒
No.2	正規圧密	1.2	2	3秒
No.3	過圧密	1.2	2	液状化せず
No.4	過圧密	1.2	2	液状化せず