

豊浦砂のSTEADY STATE LINE について

立命館大学大学院 学生会員 ○高橋永治
立命館大学理工学部 正会員 竹下貞雄

1. はじめに

日本の砂の地震による液状化の特性を調べるための動的試験による研究は数多く行われているが、近年外国では静的試験による砂の液状化の検討がなされるようになった。また地盤の崩壊は動的載荷のみで生じるのではなく、静的載荷でも生じることが報告されている。そこで本研究では、日本の代表的な砂である豊浦標準砂について、静的載荷によってCasagrandeらが定義した方法を用いて液状化の判定をすることを目的とする。

2. 試験方法

試験装置は中圧三軸試験機で、側圧は大きさによって空気圧、液圧によって加える。比較的低圧の場合($0 \sim 5 \text{ kgf/cm}^2$)は空気圧、それ以上の中圧の場合($5 \sim 35 \text{ kgf/cm}^2$)は液圧を使用する。

使用した試料は豊浦標準砂で、 $D_{50} = 0.19 \text{ mm}$ 、最大及び最小粒径はそれぞれ 0.4 mm 、 0.001 mm 、最大及び最小間隙比はそれぞれ 0.943 、 0.581 、 $U_c = D_{60}/D_{10} = 0.20/0.12 = 1.7$ で均等粒径、土粒子の比重は 2.636 である。土粒子の形状は丸みのある形をしている。

供試体は、直径 5 cm 、高さ 10 cm でしまった状態、中詰めの状態、ゆるい状態の3種類の間隙比のものを準備した。しまった状態は、砂を何層かに分けてそれぞれの層においてモールドの外から1箇所につき30回、4箇所をたたいた。中詰めの状態は、砂を何層かに分けて静かに入れ毎回砂の表面を軽くならして平滑にする。ゆるい状態は、最小密度試験において用いる紙ろうとを作成し、静かに砂を詰めた。これにより間隙比はそれぞれ約 0.650 、 0.750 、 0.850 が得られた。供試体の自立圧は、供試体成形後、そして側液注入後の側圧による自立圧いずれも 0.05 kgf/cm^2 とした。また試料の飽和度を高めるためにあらかじめ試料の中に二酸化炭素を通し、飽和後に 4 kgf/cm^2 のバックプレッシャーを加えた。これにより飽和度は 100% が得られた。

圧密は、供試体が砂質土で排水が容易であるため 5 分 とし、その後圧縮試験を行った。圧縮試験におけるひずみ速度はいずれも $1\%/分$ で、圧縮ひずみが 0.5% 毎に軸圧縮量、

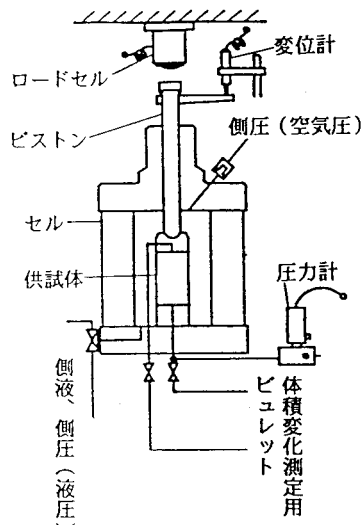


図.1 三軸試験機概要

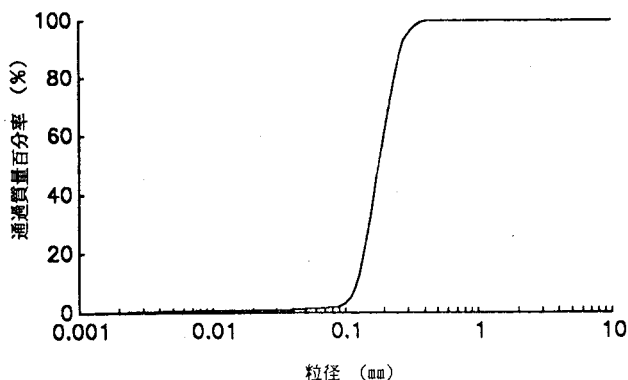


図.2 粒径加積曲線

Eiji TAKAHASHI , Sadao TAKESHITA

軸圧、及び体積変化を読み取り、圧縮ひずみが15%となったところで試験を終了した。

3. 試験結果および考察

側圧と破壊時における体積ひずみの関係を示したのが図. 3 (a)~(c)である。この図では、供試体が収縮しているときの体積ひずみを負、膨張しているときの体積ひずみを正としている。この図より、それぞれの間隙比で排水試験によって破壊時の体積変化がゼロになるときの側圧の値を一次式で近似して求めた。その結果、しまった砂では28.654kgf/cm²、中詰めめの砂では10.853kgf/cm²、そしてゆるい砂では3.175kgf/cm²となった。この間隙比と側圧の関係を表したのが図. 4で、この点を結んだ曲線が steady-state line¹⁾である。試料の初期状態がこの曲線より上にあれば液状化を生じる可能性があり、下にあれば試料は膨張するため液状化は生じない。この図に3つの間隙比の供試体を作成し、それぞれ側圧2kgf/cm²、5kgf/cm²、10kgf/cm²、20kgf/cm²、及び30kgf/cm²で等方圧密した時の、側圧と試料の間隙比の関係を表したものを合わせて曲線で示してある。

Casagrande²⁾は液状化の発生率を比較するため液状化ポテンシャル $L_p = (\sigma_{3c} - \sigma_{3f}) / \sigma_{3f}$ を定義し、この L_p の値が大きいほど液状化が生じやすいとした。この式を用いて L_p を求めると、 $e = 0.82$ のゆるい砂で $L_p = 3.76$ 、 $e = 0.67$ の中詰めめの砂で $L_p = 0.50$ 、 $e = 0.62$ のしまった砂では $L_p = 0.15$ となった。

豊浦標準砂は均等粒度であるため液状化が生じやすいと考えられるが、上記の結果よりしまった砂では明かに液状化を起こしにくいことがわかる。

4. あとがき

今回求めたSTEADY-STATE LINE は3つの異なった間隙比の砂から曲線を決定した。さらに正確な曲線を求めるには、他の間隙比における e_f と σ_{3f} の関係を求めることが望ましい。また、日本の他の砂についても同様の試験を行い、粒度分布や粒子の形状などを考慮にいれ、液状化を判定するための L_p の値を定義する必要がある。

5. 参考文献

- 1) Poulos S.J.: The Steady State of Deformation, A.S.C.E., vol 107, No.GT5, May 1981. pp553-562
- 2) Castro G.: Factors Affecting Liquefaction and Cyclic Mobility, A.S.C.E., vol 103, No.GT6, JUNE 1977. pp501-516

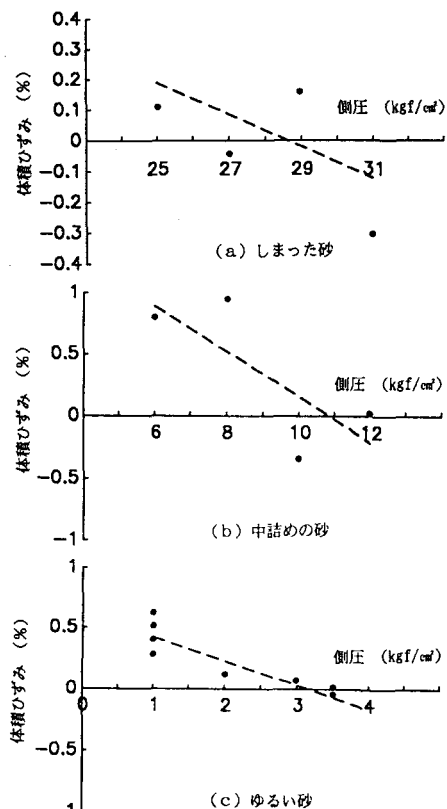


図. 3 側圧—体積ひずみ

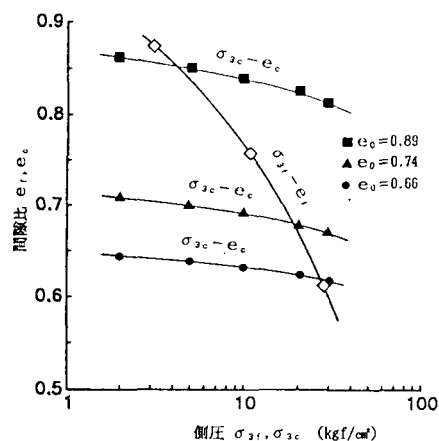


図. 4 STEADY-STATE LINE ($\sigma_{3f} - e_f$) 及び圧密曲線 ($\sigma_{3c} - e_c$)