

新潟大学工学部 正員 ○ 小川正二
新潟大学大学院 三井登夫

〔まえがき〕 飽和砂の液状化の発生機構に関しては多くの実験的研究がなされており、液状化の発生に影響する種々の要因についての検討がなされてきている。しかし、これらの実験の大部分は正弦波や矩形波のように単純な波形の応力のくり返しによるもので、実際地震によって生じるような複雑な応力波形によるものではない。Seed & Idriess¹⁾ は実際地震によって土中に生じる複雑な応力状態の影響を表わすために、地震によって生じる最大せん断応力の65%を等価せん断応力とし、このせん断応力を単純にくり返し載荷すればよいことを提案しているが、Shibata et al.²⁾ は異なる大きさのせん断応力を組合せて載荷する実験を行ない、また、石原・安田³⁾ は実際地震によって生じるランダム波形のせん断応力を載荷する実験を行なって、等価せん断応力はSeedらのいう最大せん断応力の65%より小さいことを示している。

筆者らの三軸試験機で軸圧・側圧を同時に変動させて供試体にくり返し変動せん断応力を与える実験によって実際地震によって生じる複雑な波形が液状化に与える影響について検討したのでここにその結果を報告する。また、最後には、過圧密が液状化に与える影響についても述べている。

〔実験結果〕 実験は 1 kg/cm^2 (σ_3)で圧密した後に拘束圧を 2 kg/cm^2 にし、 1 kg/cm^2 のバックプレッシャーを与えた正規圧密供試体、および 2 kg/cm^2 で圧密した後に 1 kg/cm^2 のバックプレッシャーを与えた過圧密比2の供試体を用いた。これらの供試体について、1) 軸圧のみを2Hzで振動させる実験、2) 軸圧と側圧を同サイクル(2Hz)だが位相差が 180° になるように振動させる実験、3) 側圧は2Hzだが軸圧は側圧の2倍および5倍のサイクルで振動させる実験を行なった。

なお、実験に用いた砂は新潟市の万代島および昭和石油精油所から採取したものである。

図-1は1), 2)の場合の実験結果の一例であるが、1)の場合(同図(a))には、ほぼ初期液状化と思われる載荷回数で間引き水圧の凹みが生ずるのに対し、2)の場合(同図(b))には間引き水圧の凹みはみられなかった。また、間引き水圧の変化率(Δu)は図-3に示す

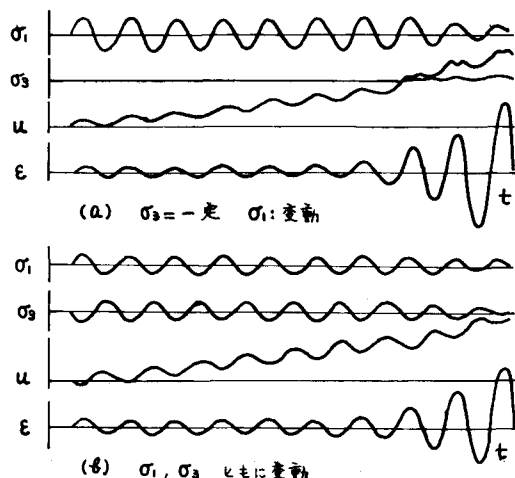


図-1 実験 1), 2) の場合の結果

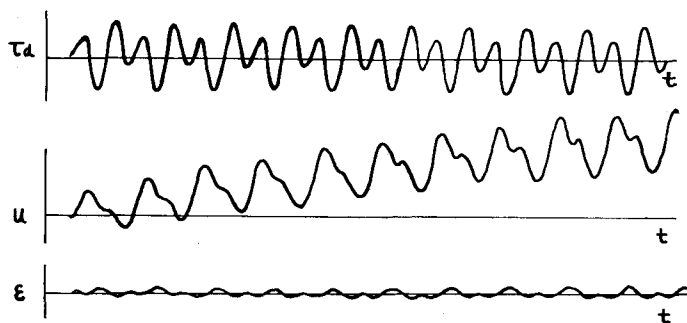


図-2 実験 3) の場合の結果

ように、2)の場合ではほぼ同じである。

図-2(3)の場合の実験結果を表わす一例である。この場合には、同じき水圧の変動は等方圧の変動に大きな影響をうけているので、必ずしもせん断力の変動に打ち合っていないが、初期液状化の生じるときには、ヒズミの急激な増大やせん断力の低下が生じている。

〔等価せん断応力の決定〕 図-2のように変動せん断応力をうけるときには、液状化の発生するまでの載荷回数やせん断応力の大きさの評価がむずかしくなる。筆者らは単一波形のときの $\tau_d/\sigma_c - N_e$ 関係と同様に表示をするために、等価せん断応力 ($av\tau_d$)、液状化発生回数 (N_e) を

$$av\tau_d = (\sum \tau_{di} \cdot n_i) / N_e$$

(1)

$$N_e = \sum n_i$$

と表わした。ここに、 τ_{di} は図-3の $\Delta u - \tau_d/\sigma_c$ 関係において $\Delta u > 0$ に相当するせん断応力で、 n_i は液状化が生ずるまでに τ_{di} が作用した回数である。

この方法によって $av\tau_d$ 、 N_e を求め、 $av\tau_d/\sigma_c - N_e$ 関係を求めると図-4に示ようになる。同図の上側の曲線には実験1)、2)の場合のプロットしてあるがほぼ一致している。

〔過圧密の評価〕 図-4は過圧密、正規圧密の場合の結果を示している。これらの差を補正するために、図-3に示す関係を用いてバックプレッシャー ($U_B = 1 \text{ Kg/cm}^2$) に相当する同じき水圧になるまでに要する載荷回数 ($U_B = \Delta u \times N$) を求め、これと実際の実験 (O.C.R. = 2の実験) で液状化するまでの載荷回数の和を N_e として τ_d/σ_c と N_e との関係をプロットすると図-4の下側の曲線の丸印で示したようになり、正規圧密された砂の $\tau_d/\sigma_c - N_e$ 曲線によく一致する。

〔むすび〕 変動せん断応力をうける飽和砂の液状化実験より、(1)のような関係の等価せん断応力、載荷回数を用いれば、複雑な波形のせん断応力を受ける場合にも、単一波形の実験から求めた $\tau_d/\sigma_c - N_e$ 関係に基づいて液状化の発生基準を定めうる事がわかった。また、過圧密の場合にも、 $\Delta u - \tau_d/\sigma_c$ の関係を用いて修正すれば、正規圧密の場合と同様に扱うことができる事がわかった。

〔参考文献〕

- 1) H.B. Seed & I.M. Idriss "Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential" A S C E, Vol. 91 No. SM9, 1971
- 2) T. Shibata et. "Liquefaction Process of Sand during Cyclic Loading" Soil & Found. Vol. 12 No. 1 1972
- 3) 石原・安田 「新潟地震の液状化に用いる動的三軸試験」 オウ国土質工学研究発表会, 1972.

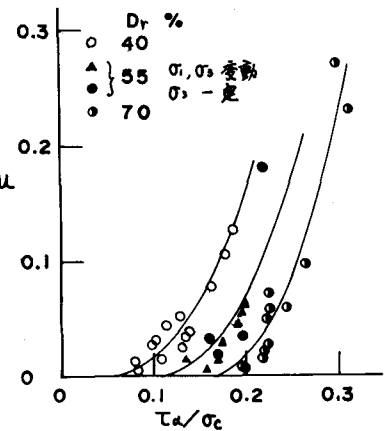


図-3 実験1)、2)の $\Delta u - \tau_d/\sigma_c$

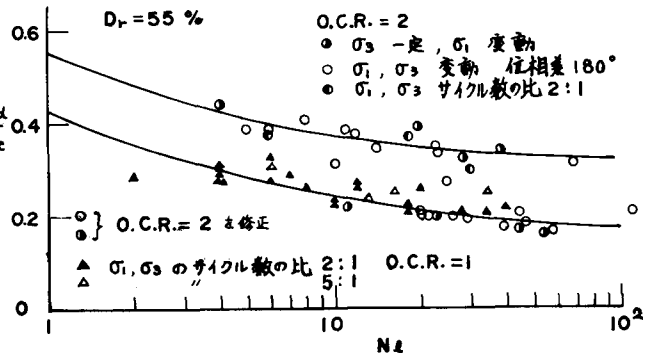


図-4 実験1)、2)、3)の $\tau_d/\sigma_c - N_e$ と過圧密の影響