

総応用地質調査事務所 正員 ○木呂子 豊彦

〃 〃 横田 耕一郎

〃 〃 今野 政志

1. まえがき

砂の液状化強度に及ぼす応力履歴の影響を知るための基礎実験の結果を、昨年<sup>1)</sup>の第6回研究発表会で発表した。今回、応力比、間隙水圧等の実験条件を明確にして、昨年の実験を継続して行つたのでその結果を以下に報告する。

2. 実験方法

実験に用いた振動三軸試験機は軸方向加振型のものであり、加振周波数 0.5 Hz の正弦波で実験を行つた。供試体は豊浦標準砂を用い、空中落下法でモールドに詰めた後水浸し、凍結させたものである。供試体の圧密は有効拘束圧  $\sigma'_c = 1.0$  ㎏/cm<sup>2</sup> で行い、相対密度は圧密後で約 50% を目標とした。実験の概要は表-1 に示した A、B、C の 3 種類である。B 及び C 試験は、供試体に動的な履歴として与える荷重 ( $\sigma'_c = 1.0$  ㎏/cm<sup>2</sup> に対して設定した応力比  $R_l = 0.19$ ) を一定とし、間隙水圧の上昇限界  $\Delta u / \sigma'_c$  を変えて実験を行つたものである。なお、液状化の判定は両歪振幅  $DA = 5\%$  によつた。

3. 実験結果

1), 2)

図-1 は昨年発表した豊浦砂の標準試験結果であり、今回の実験結果を比較検討する基準としたものである。液状化強度  $R_{l20}$  ( $N_l = 20, DA = 5\%$ ) は 0.19 程度である。B 試験では、動的な応力履歴を明瞭なものとするために、 $\Delta u / \sigma'_c = 0.25, 0.5$  の比較的大きな 2 種類の間隙水圧上昇限界を設定して実験を行つた。この結果を図-2 に示す。 $\Delta u / \sigma'_c = 0.25$  の場合、 $R_{l20} = 0.25$ 、 $\Delta u / \sigma'_c = 0.5$  の場合、 $R_{l20} = 0.3$  程度であり、いづれも標準試験による液状化強度より大きかつた。ところで間隙水圧が上昇し、有効拘束圧が減少した結果、供試体は過圧密状態になるとと思われる。したがつて上記の強度の値に含まれる過圧密の影響を見るために、バック・プレッシャーによつて同程度の過圧密状態にした A 試験を行つた。その結果を図中にあわせて示す。 $\Delta u / \sigma'_c = 0.5$  に相当する  $\Delta \sigma_{BP} / \sigma'_c = 0.5$  の実験結果では  $R_{l20} = 0.25$  程度であり、B 試験の結果の方が 2 割程度強度は大きかつた。なお、液状化時の応力比  $R_l$  は間隙水圧の上昇分  $\Delta u$  と、バック・プレッシャーの増加分  $\Delta \sigma_{BP}$  を考慮して、 $R_l = \sigma_d / 2 (\sigma'_c - \Delta u)$  と、 $R_l = \sigma_d / 2 (\sigma'_c - \Delta \sigma_{BP})$  で示される量である。

表-1 実験内容一覽表

実験項目	概要
A 静的応力履歴試験	$\sigma'_c = 1.0$ ㎏/cm <sup>2</sup> で圧密後、バック・プレッシャーを 0.5 ㎏/cm <sup>2</sup> 増加し、過圧密状態とした後、液状化試験を実施した。
B 動的応力履歴試験 (非排水)	$R_l = 0.19$ で動的載荷を行い、間隙水圧が $\Delta u / \sigma'_c = 0.25$ 、あるいは $\Delta u / \sigma'_c = 0.5$ まで上昇後いつたん停止し、非排水状態のまま液状化試験を実施した。
C 動的応力履歴試験 (排水)	$R_l = 0.19$ で動的載荷を行い、間隙水圧が $\Delta u / \sigma'_c = 0.1$ あるいは $\Delta u / \sigma'_c = 0.25$ 、 $\Delta u / \sigma'_c = 0.5$ まで上昇後いつたん停止し、排水する。この操作を何回か繰り返した後、液状化試験を実施した。

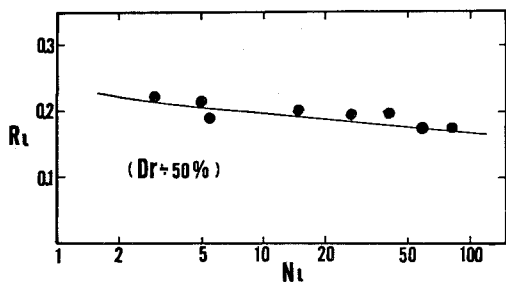


図-1 標準試験結果

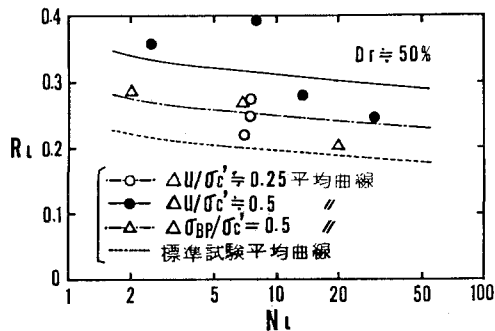


図-2 静的応力履歴及び動的応力履歴 (非排水) 試験結果

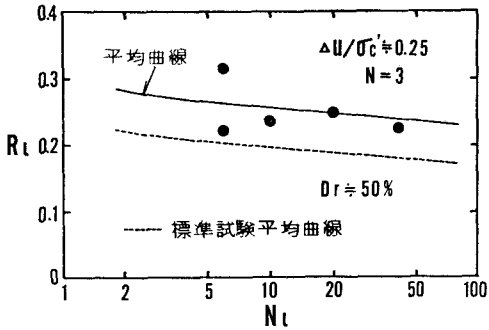


図-3 動的応力履歴(排水)試験結果

図-3はC試験における、 $\Delta u/\sigma'_c \doteq 0.25$ 、荷重段階数(=排水の回数)  $N$ が3回の試験結果である。液状化強度  $R_{L20}$  は0.25程度であつた。C試験ではこの他に、 $\Delta u/\sigma'_c \doteq 0.1$ と $\Delta u/\sigma'_c \doteq 0.6$ の間隙水圧上昇限界に対して、 $N=2 \sim 20$ 回の実験を行つているが、これは実験個数が少なく、直接液状化強度を求める事ができないので岩崎他<sup>3)</sup>の方法に深い、以下の式で強度を推定した。

$$R_L = A \cdot N^b \quad (\text{図-1より } b = -0.077 \text{ とした。})$$

$$\text{故に、} R_{L20} = (20/N_L)^b \cdot R_L$$

ここで  $R_L$  と  $N_L$  は最終的に液状化させた時の応力比と液状化に至る回数である。この結果をまとめて図-4に示したが、当然の事ながら  $\Delta u/\sigma'_c$  と  $N$  が大きい程液状化強度は大きくなる傾向が見られる。また図-6は  $R_L \doteq 0.19$  で荷重する途中の段階における強度増加の様子を、図-5の間隙水圧上昇平均曲線から推定した  $N_L$  を用いて示したものである。すなわち、ある  $\Delta u/\sigma'_c$  に対して図-5から  $N_c/N_L$  ( $N_c: \Delta u/\sigma'_c$  に至る繰り返し回数)を読み取り、この値を仮に  $\alpha$  とすると、 $N_L = N_c/\alpha$  で  $N_L$  が算出される。やはり、図-4と同様に  $\Delta u/\sigma'_c$  と  $N$  が大きい程強度増加の割合は大きい傾向が見られる。

#### 4. まとめ

(1) 動的応力履歴(非排水)試験の液状化強度は  $\Delta u/\sigma'_c \doteq 0.5$  の場合、 $\Delta u_{BP}/\sigma'_c \doteq 0.5$  の静的応力履歴試験結果に対して1.2倍程度の強度となる。また  $\Delta u/\sigma'_c$  が大きい程、強度は大きい。

(2) 動的応力履歴(排水)試験では、その強度は  $\Delta u/\sigma'_c$ 、及び排水の回数  $N$  に大きく影響され、 $\Delta u/\sigma'_c$  と  $N$  が大きい程強度は大きい。

#### 5. 参考文献

- 1) 横田、木呂子、塚元、液状化強度に及ぼす動的応力履歴の影響、土木学会関東支部 1979
- 2) 横田、今野、今井、サンプルの凍結が動的せん断強度に及ぼす影響、J S C E 1978
- 3) 岩崎、龍岡、安田、不攪乱砂質土の非排水動的強度の正規化表示、J S S M F E 1978

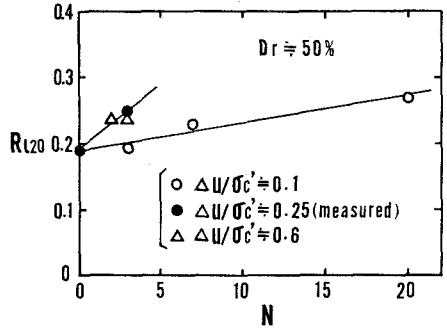


図-4 液状化強度  $R_{L20}$  の変化

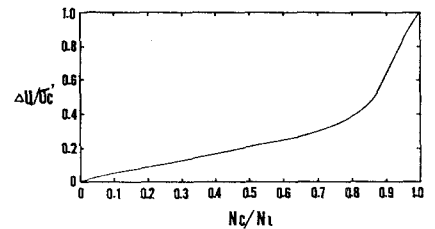


図-5 間隙水圧上昇の平均曲線

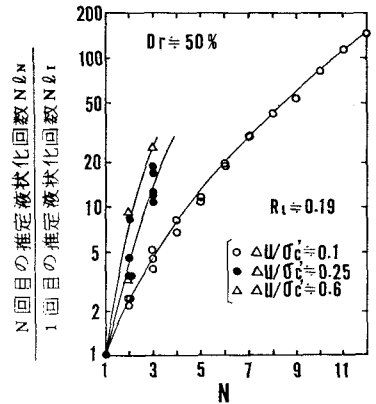


図-6 推定液状化回数  $N_L$  の変化