

港湾技術研究所 ○梅原靖文  
善 功企  
茨田浩二

### 1. まえがき

完全非排水条件で実施される慣用の液状化試験においては、地盤の透水性は液状化抵抗に直接関与せず、また繰返しセン断の振動数の影響も一般にはないとされている。しかし、現地盤の地震時排水条件は地盤の透水性、セン断速さとの関係で多かれ少なかれ不完全非排水状態となり、また、波による海洋構造物基礎地盤の安定問題においても同様の条件が生ずる。そこで、このような不完全非排水条件における飽和砂の液状化抵抗を調べ、排水条件との関係を検討した。

### 2. 実験方法 及び 試料

実験に用いた装置は振動三軸試験装置であるが、圧密終了後、完全非排水及び不完全非排水の両条件により、拘束圧一定、軸圧変動の繰返しセン断試験を実施した。不完全非排水条件は地盤の透水係数 $k$ と考慮地長から地表面までの排水距離 $L$ により支配されるため、排水回路にそのような条件を再現する必要がある。しかし、現地盤と同じ $L$ を用いると長い排水回路が必要となるため、排水過程がダルシーの法則に従うものとして、水頭差 $h$ 、管路の断面積 $A$ に対し、単位時間当り等面な流量 $q = kh/L \cdot A$ を与えるよう $k$ 、 $L$ 、 $A$ を変え得る。このような等面な排水回路を接続した実験を実施する前段階として、排水コックの操作により排水所要時間を調節した状態で上記の実験を実施し、一方各種条件を変えた等面排水回路の排水時間を測定しておくことにより両者の対応関係を検討することとした。使用した試料は代島砂( $e_{max} = 1.007$ ,  $e_{min} = 0.590$ ,  $G_s = 2.671$ )、圧密圧力 $\sigma_c = 1.0 \text{ Kg/cm}^2$ 、振動数 $f = 3 \text{ Hz}$ である。

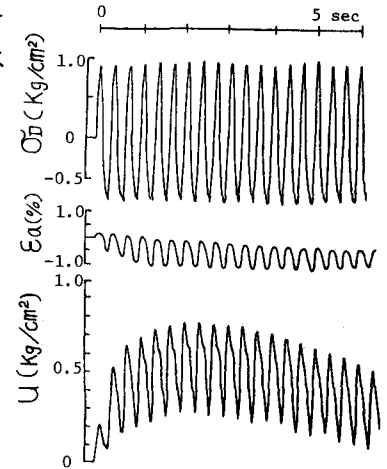


図-1 不完全非排水条件での測定記録例

### 3. 実験結果と考察

図-1 は不完全非排水条件で繰返しセン断試験を実施した場合の軸荷重振幅 $\sigma_a$ 、軸偏ミ振幅 $\varepsilon_a$ 、同ゲキ水圧 $U$ の記録例を示す。繰返しセン断による同ゲキ水圧変化の様子は条件により相違し、図-1のようにピークを生ずるものとそのまま完全液状

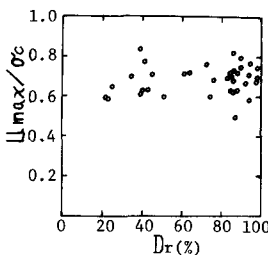


図-2 完全非排水条件における  $U_{max}/\sigma_c \sim D_r$

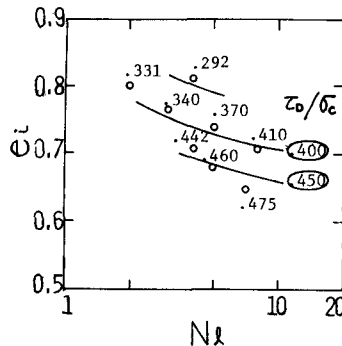


図-3 不完全非排水条件における  $e_i \sim N_1$  ( $T = 7 \text{ sec}$ )

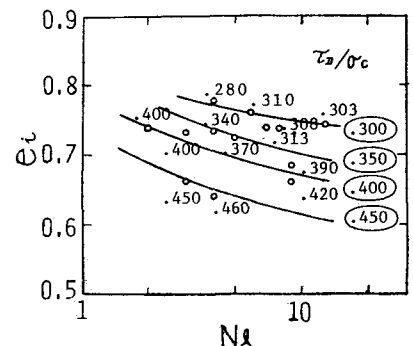


図-4 不完全非排水条件における  $e_i \sim N_1$  ( $T = 25 \text{ sec}$ )

化に至るものがある。図-1のような場合、完全非排水条件の場合と異なり、軸ヒズミ急増長が判別しがたいため、破壊の定義として、 $U_{max}/\delta c \approx 0.8$  を選ぶこととした。これは図-2に示すように完全非排水条件の場合<sup>1)</sup>の  $\varepsilon_a$  急増長の  $U_{max}/\delta c$  の最大値に対応する。図-3及び図-4はこのようにして定めた液状化の波数  $N_L$  と初期間ゲキ比  $e_i$ 、応力比  $\sigma_p/\delta c$  の関係を排水回路の抵抗を変えた場合に対して示したものである。使用した排水回路の条件に対しては、間ゲキ圧の消散が早いため、15 程度以上の大きい波数で上記の破壊条件に達するものは得られなかった。図-5は図-3, 4より等しい相対密度に対して求めた不完全非排水条件に対する  $\sigma_p/\delta c \sim N_L$  曲線と完全非排水条件の場合の  $\sigma_p/\delta c \sim N_L$ <sup>1)</sup> 曲線を比較したものである。完全非排水条件の場合の破壊の定義は軸ヒズミ急増長に対応する波数と初期液状化長としたものである。この結果は万代島砂に関する一斉試験の結果<sup>2)</sup>と比較すると下限側に属するものとなる。図-6は  $N_L = 10$  の場合の応力比の相対密度に対する変化を排水条件の相違する場合に対して示したものである。図-5, 6より今回の実験に使用した排水条件の液状化抵抗に及ぼす影響がかなり大きいことが示される。排水所要時間を遅らせた条件を使用することにより、完全非排水条件の場合の結果に近づき、ある限度以上は完全非排水条件とみなしてもよいことになるが現在の所、定かではない。

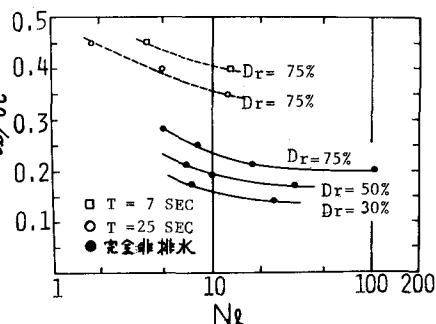


図-5 応力比～液状化波数

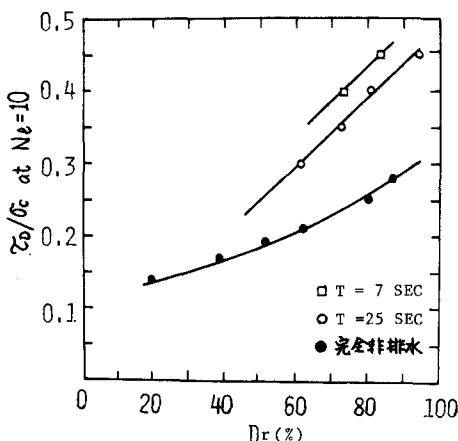


図-6  $N_L = 10$  に対する  $\sigma_p/\delta c \sim D_r$

液状化抵抗に及ぼす排水条件の影響を調べるための一歩として行なった上述の結果と  $k, L, A$  の既知な等価排水回路を接続した場合の対応関係を調べるため供試体と  $\delta c = 1.0 \text{ kg/cm}^2$  で圧密し、等価排水回路を通して排水させた場合の90% 排水所要時間  $T$  を別途測定した。図-7に等価排水回路と定常流が流れる場合の流速  $q/A$  と  $T$  の関係を示した。図-7より  $k, L, A$  の評価困難な上述の試験結果と  $q/A = kh/L \sim T$  の関係を用いて、任意の  $k, L, A$  をもつ等価排水回路を有する場合の結果に帰着させることが可能と思われる。

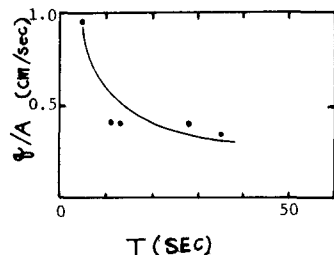


図-7  $q/A \sim T$

上述のことからは与えられた現地盤の条件が完全非排水条件とみなしてよいか否かに関して、直接結論的なものは導き得ないが、比較的浅い層を対象とする際、ある程度の排水効果を期待しうられるので、その際の試験方法を検討したものである。このような問題は、地震時の液状化の問題のみならず、荷重時の海洋構造物基礎地盤の安定問題にも関連があるように思われる。

#### 4. あとがき

不完全非排水条件下の飽和砂の液状化抵抗を調べた。本実験においては振動数  $f = 3 \text{ Hz}$  のものであるが完全非排水条件の場合と異なり、振動数の影響もあると思われる。透水条件、振動数を加味した検討が必要と思われる。

#### 5. 参考文献

- 1) 梅原, 香, 茨田, “振動三軸試験による飽和砂の液状化特性” 港研報告, Vol. 15, No. 4, 1976年12月。
- 2) 吉見, 大岡, “飽和砂の液状化に関する一斉試験” 土と基礎 Vol. 20, No. 7, 1972年7月。