

運輸省港湾技術研究所 正会員 樋口 嘉章  
 , 梅原 靖文  
 , 学生員 入澤 一明  
 , 正会員 大根田 秀明

## 1. まえがき

飽和砂の液状化強度の評価は通常、完全非排水条件の仮定のもとに実施されているが、現実の排水条件を考慮することが必要となる場合がある。部分排水条件に対する液状化強度の評価方法についての提案は、乱した砂の場合の結果を用いて、すでに行っている。<sup>1)</sup> 本文ではその手法を防波堤建設地点の液状化予測に関連して現地採取試料に対して適用する場合の問題を透水条件の評価方法とともに検討した結果について報告する。

## 2. 部分排水条件における液状化強度の評価方法

部分排水条件における原地盤の液状化強度  $\tau_{L,N}$  は次式で与えられるものとする。

$$\tau_{L,N} = SR(N_i) \cdot (\tau_0/\sigma_v)_u \cdot C_r \cdot \sigma_v'$$

ここに、 $SR(N_i)$ : 液状化強度比で完全非排水条件の場合、1.0、部分排水条件の場合、1.0以上、 $(\tau_0/\sigma_v)_u$ : 完全非排水条件において振動三軸試験により求められた  $N_i$  波で液状化を生ずるに要する応力比、 $C_r$ : 補正係数、 $\sigma_v'$ : 有効鉛直応力である。万代島砂 ( $e_{max}=1.007$ ,  $e_{min}=0.590$ ,  $G_s=2.671$ ) について求められた液状化強度比  $SR(N_i)$  が  $N_i=10$  の場合に対して図-5に示すように排水効果係数  $\alpha = k/fL$  と相対密度  $D_r$  の関数として与えられている。排水条件 (地盤の透水係数  $k$ , 検討対象地点から自由水面までの排水距離  $L$ ) 及び卓越振動数  $f$  が与えられると図-5を用いて排水を考慮した液状化強度を求めうる。<sup>1)</sup>

## 3. 透水性及び圧縮性の評価

地盤の透水の影響を考慮した液状化の検討を行う場合、原地盤の透水性及び圧縮性に関する情報が必要である。限られた数の不攪乱試料を用いて地盤の透水条件を求めることを前提として以下の試験を行っている。1) CRS (定率ひずみ圧密) 試験: 標準圧密試験の不可能な砂質土の  $k$  と  $m_v$  を同時に求める。2) 定水位透水試験 3) 拘束圧下の透水試験及び圧縮試験:  $k$ ,  $m_v$  及び  $rebound$  に関するデータを得る。以下では今回直接必要となる  $k$  の評価について、2), 3) の方法による  $k$  結果について述べる。

## 4. 実験

K砂 (表-1) の不攪乱試料を用いての完全非排水条件のもとでの液状化試験、及び、乱した砂を間隙比調整した試料の部分排水条件のもとでの液状化試験 (拘束圧はいずれも  $1.0 \text{ kgf/cm}^2$ ) を実施した。また、図-1に示すような圧密試験容器タイプの透水試験容器を用いて、拘束圧下で透水試験を行った。この透水容器は載荷台の

表-1. K砂の物理的性質

|             |                     |      |
|-------------|---------------------|------|
| 粒度          | $D_{10}(\text{mm})$ | 0.11 |
| 分           | $D_{50}(\text{mm})$ | 0.33 |
| 布           | $D_{60}(\text{mm})$ | 0.40 |
| 均等係数        |                     | 3.6  |
| 土粒子比重 $G_s$ |                     | 2.75 |
| * $e_{max}$ |                     | 1.15 |
| * $e_{min}$ |                     | 0.57 |

\*  $e_{max}$ ,  $e_{min}$  については  
試験法適用範囲外

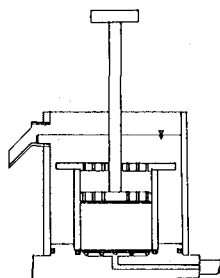


図-1 透水試験容器

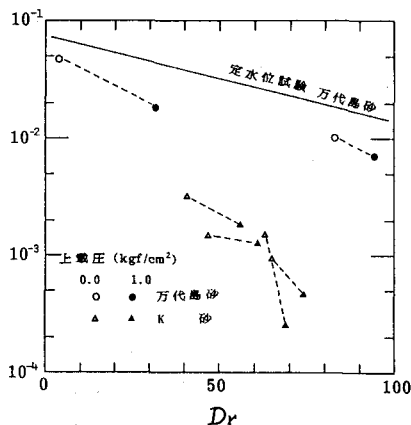


図-2  $k \sim D_r$

上で試料に所望の上載圧をかけた状態で透水試験を行う。

## 5. 結果及び考察

図-2に透水試験の結果を $D_r$ に対して示す。透水係数の大なる万代島砂については透水容器自体による水頭損失分を補正する必要が生じるが、K砂については、透水容器による水頭損失は無視できた。万代島砂については透水係数 $k$ に及ぼす拘束圧の影響が読みとれるが、K砂については拘束圧の影響は明らかではなかった。図よりK砂の原位置の間隙比( $e=0.883$ ,  $D_r=46.0$ )に対応する透水係数を $k=1.67 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ と見積った。

原地盤における地表面下3mの地点における透水効果を考慮した液状化強度を、卓越振動数 $f=3\text{Hz}$ に対して求めた。この場合、排水効果係数 $\bar{\alpha}$ は、排水距離 $L=300 \text{ cm}$ 、現地盤の透水係数 $k=1.67 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ 、 $f=3\text{Hz}$ であるから、 $\bar{\alpha}=1.85 \times 10^{-6}$ である。図-3にこの結果を、不攪乱砂についての非排水試験の結果とあわせて示す。

図-4は $\bar{\alpha}=7.0 \times 10^{-6}$ に対する同様の結果である。

今回実施した試験は、不攪乱試料の数が限られていたため、完全非排水条件での試験は不攪乱試料を用いて実施しているが、部分排水条件での試験は乱した砂を再調整した試料を用いており、また $e$ の値も異っているため厳密な比較はできない。ここでは、攪乱砂の液状化強度が不攪乱砂に比べて小さくなる効果と、攪乱砂の方が $e$ が小さい事による効果が互いに相殺しあっているとみなして液状化強度比 $(\tau_0/\sigma_c)_p/(\tau_0/\sigma_c)_u$ を求めたものと、液状化強度が $D_r$ に比例するとして部分排水強度を不攪乱砂の $e$ にあわせるよう補正した結果を、図-5上にプロットした。万代島砂について $D_r$ をパラメーターとして得られている曲線に比べて、K砂の液状化強度比は小さく、図-5の $(\tau_0/\sigma_c)_p/(\tau_0/\sigma_c)_u \sim k/fL$ の関係は、砂の種類によって異っていると考えられる。

以上から判断して、K砂については排水効果による液状化強度の増加を、万代島砂の場合に比べてあまり期待できないと考えられる。

## 6. まとめ

K砂について部分排水条件下での液状化強度を実験から求めた結果、排水効果を考慮しても液状化強度の増加はあまり期待できないことがわかった。今回は不攪乱試料が限られていたため、乱した試料による結果をも利用したが、機会があれば不攪乱試料のみを用いて同様な検討を行いたい。 $k$ ,  $m_w$ の評価と活用については後日報告予定である。

〈参考文献〉 1) 梅原, 善, 浜田(1981)、港研報告、第20巻 第1号

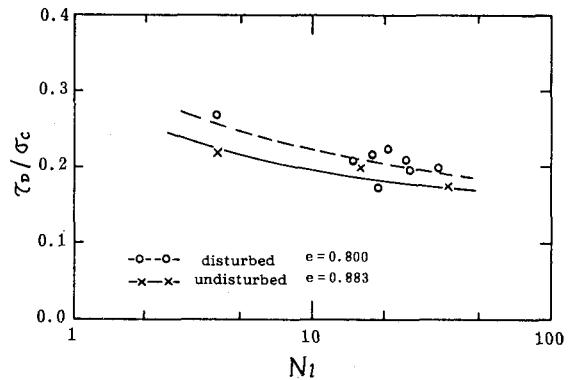


図-3  $\tau_0/\sigma_c \sim N_1$  ( $\bar{\alpha}=1.85 \times 10^{-6}$ )

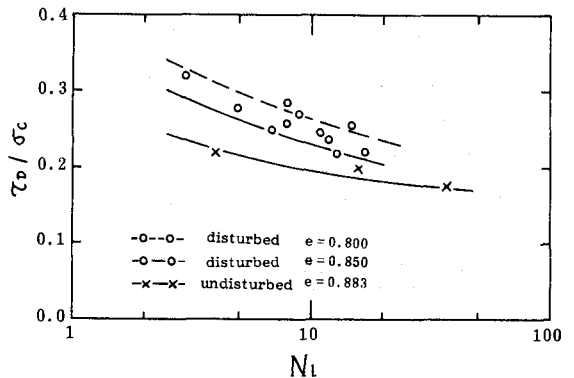


図-4  $\tau_0/\sigma_c \sim N_1$  ( $\bar{\alpha}=7.0 \times 10^{-6}$ )

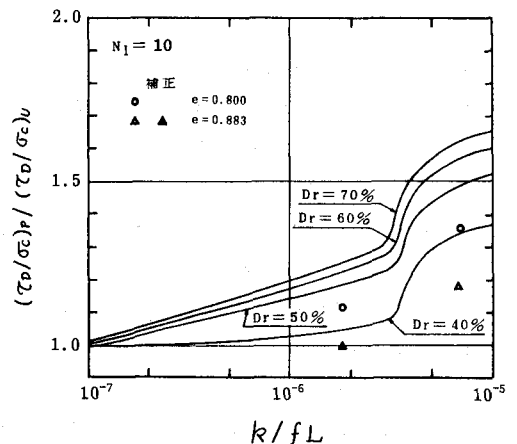


図-5 液状化強度比と $k/fL$ の関係