

## 液状化における間隙圧上昇過程と砂の粒度

大分高専 正 ○長友八郎  
大分高専 佐藤 栄

## 1. まえがき

筆者達は標準砂について非排水繰返し中空ねじり試験を行い、液状化における間隙圧上昇解析のモデルを提案した。<sup>1)2)</sup>ここでは土質の変化による間隙圧上昇過程の特性を調べるために、粒度の異なる四種類の試料砂について、繰返し中空試験を行いその結果を考察した。

## 2. 実験試料

シルト分、粘土分を含む試料についての実験も不可欠であるが、ここでは第一段階としてそれ等を含まない粒径が 0.074~2.00mmの範囲に限りて調べた。図1にその粒度分布を、表1にその物理的性質を示す。A砂は山砂、B砂~D砂は山砂と海砂の混合で、人工的に粒度を調整したものである。

## 3. 中実ねじり試験と中空ねじり試験の比較

中実ねじり試験は供試体内のせん断応力、せん断ひずみの分布が均一でないという欠点はあるが、標準砂についての動的な実験においては、中空ねじり試験と同一の結果を与えると云われている。<sup>3)</sup>試験砂についてこの二種の実験を行い、間隙圧上昇過程を比較した。供試体は中空ねじり試験では外径が10cm、内径が6cm、高さが10cmであり、中実ねじり試験では直径が7.5cm、高さが10cmである。供試体作成方法は空中落下法であり、2.0kgf/cm<sup>2</sup>のバックプレッシャー、1.0kgf/cm<sup>2</sup>の有効拘束圧を加えた。B-値は96%以上を標準とした。せん断応力が半径方向に一様に分布するものとして、振動数 0.1Hzで繰返し載荷を行った。B砂について、応力比  $R_s = 0.20$  の場合の間隙圧上昇曲線の比較を図3に示す。両者の間隙圧上昇過程は、ほぼ等しいと云える。以下中実ねじり試験によるものである。

## 4. 間隙圧上昇曲線群

それぞれの試料について、応力比  $R_s$  を 0.05ずつ変化させて三段階、それぞれの応力比の段階について相対密度を変化させた数個の供試体について実験を行った。求められた間隙圧上昇曲線について以下の点が明らかになった。先ず総ての間隙圧上昇曲線は三つの過程、①遷移、②定常、③加速から成る形状を有している。文献1)2)の場合と同様に①と②の過程は近似的に下記の(1)式で、③の過程は(2)式で表現できる。

$$U = \alpha(1 - e^{-\beta N}) + \varepsilon N \dots \dots \dots (1)$$

$$U' = -0.06 \log_{10} \left(1 - \frac{N'}{B}\right) + \varepsilon N' \dots \dots \dots (2)$$

ここに①、③の過程の上昇曲線形状を決める  $\beta$ 、 $B$  は②の過程

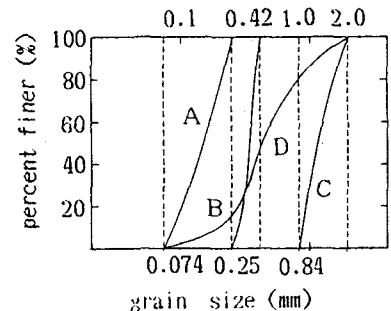


Fig.1 grain size distribution of samples

| sample           | A     | B     | C     | D     |
|------------------|-------|-------|-------|-------|
| Gs               | 2.656 | 2.750 | 2.675 | 2.682 |
| D <sub>50</sub>  | 0.153 | 0.34  | 1.16  | 0.43  |
| U <sub>c</sub>   | 1.91  | 1.25  | 1.42  | 0.43  |
| e <sub>max</sub> | 1.311 | 1.167 | 1.019 | 0.981 |
| e <sub>min</sub> | 0.767 | 0.824 | 0.797 | 0.665 |

Table 1 physical properties of samples

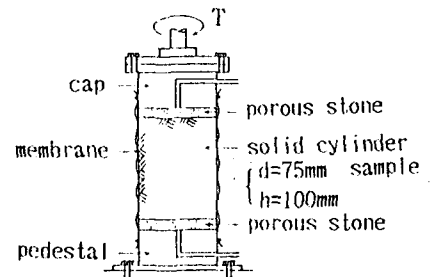


Fig.2 cyclic torsional simple shear test on solid cylinder sample

の一定上昇率 $\varepsilon$ に依存し、 $\alpha \approx 0.18$ ,  $U$ ,  $N$ は緩み間隙圧0.45 kgf/cm<sup>2</sup>を超えた分の間隙圧とサイクル数である。(2)式では前記の文献のモデルの係数を多少修正してある。このことから標準砂も含めて実験の範囲の砂では、間隙圧上昇曲線は一つの互いに交わらない曲線群に属している事が分かる。そして個々の間隙圧上昇曲線の形状は、その一定上昇率 $\varepsilon$ によって決まる。図4に種々の $\varepsilon$ に対応するこの曲線群を示す。又C砂のせん断応力比 $R_s=0.25$ による実験曲線が破線で記入してある。もしこの標準曲線群とも言うべきものが、実験の範囲外のあらゆる土質についても共通ならば、一定上昇率 $\varepsilon$ は液状化強度の一つの目安となり得る。又ある砂について幾つかの値の応力比 $R_s$ に対応する $\varepsilon$ を測定することによって、間隙圧上昇の解析も行い得る可能性がある。

## 5. 一定上昇率 $\varepsilon$ と砂の粒度の関係

前記の文献においては、間隙圧上昇曲線のモデルは応力比 $R_s$ および相対密度 $D_r$ のみの関数として表現できたが今回の実験砂についても同様の考察を行う。先ず粒径のそろった砂であるA, B, Cの三種の試料については、 $\log \varepsilon$ と相対密度 $D_r$ ととの間には近似的に直線関係が認められ下式の形式で表現される。

$$\log \varepsilon = a(D_r - 1) + b \dots \dots \dots (3)$$

ここに直線の勾配 $a$ は砂の種類とせん断応力比 $R_s$ による変数になり、 $b$ は砂の種類のみによって決まる定数になる。即ちこの式は $D_r=1.0$ の線上で交わる直線群を表す。図5はこの三種の砂試料について求められた直線群を示す。あるせん断応力比 $R_s$ においては砂の粒径が大きくなるほど交点の位置 $b$ が大きくなり、直線の勾配 $a$ が小さくなる傾向が認められる。しかしながら粒径分布の広いD砂については、これ等の粒径のそろった砂と同一の傾向は認められず、更に詳しく調べる必要があると思われる。

## 6. あとがき

間隙圧上昇過程については、中空ねじり試験は中空ねじり試験とほぼ同一の結果を示す。間隙圧上昇曲線については、細粒分を含む砂やレキなどについても共通な標準曲線群が存在するかどうか更に調べる必要がある。粒径のそろった砂については $\varepsilon$ は相対密度 $D_r$ と応力比 $R_s$ のみの関数になる。

参考文献 1) 長友・佐藤：第24回土質工学会研究発表会（H元.6） 2) 長友・佐藤：大分工業高等専門学校研究報告，No.26（H2.1） 3) 福島・望月：土と基礎，No.368（S63.9）

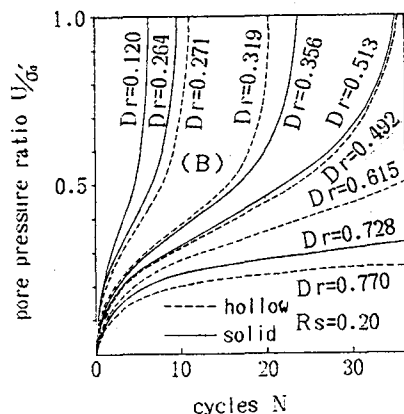


Fig.3 pore pressure buildup on hollow cylinder and solid cylinder samples

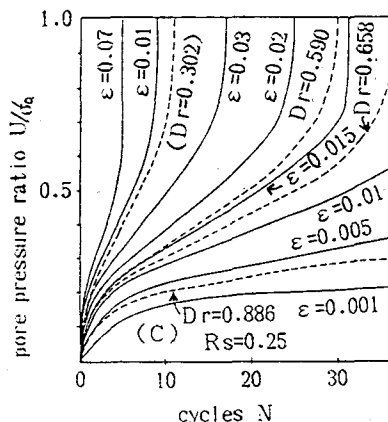


Fig.4 group of model pore pressure curves with examples of test results

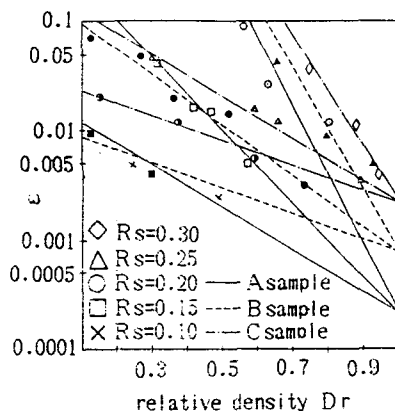


Fig.5 gradient of constant uplift  $\varepsilon$  versus relative density  $D_r$