

# 液状化試験における間ゲキ水圧の上昇について

山口大 正員 大原資生  
山口大 正員 山本哲朗  
山口大 学生員 若本昭弘

1. まえがき 周知のように、飽和砂質土地盤に地震力のような繰り返しせん断力が作用すると、地盤がそのせん断強度を失ない液状化現象を起こすことがある。現在までの研究によって、液状化発生の難易度と砂質土の物理的性質および作用するせん断力の大きさ等との関係は、ほぼ明らかにされている。本研究は、大原<sup>1)</sup>、八木<sup>2)</sup>らによって報告された間ゲキ水圧を排水条件下の砂質土のダイラタンシーに関連づけた研究を実験条件を変えて行ない、間ゲキ水圧と体積ヒズミの関係を示している。

2. 試料および実験方法 実験試料には、水浸煮沸した飽和豊浦砂を用いた。試料の物理的性質は、次のとおりである。比重：2.630，均等係数：2.00，最大間ゲキ比：1.01，最小間ゲキ比：0.60。また、圧密後の間ゲキ比が、0.86～0.88となるように供試体を作製した。

実験装置には、動的三軸試験機を用いて、i)非排水繰り返しせん断試験(液状化実験)，ii)排水繰り返しせん断試験を行なった。まず、非排水繰り返しせん断試験は、供試体に側圧10 kg/cm<sup>2</sup>をかけて圧密した後、排水コックを閉じて所定の軸差応力(0.294, 0.281および0.264 kg/cm<sup>2</sup>)を繰り返し負荷した。そして、供試体が液状化するまでの間ゲキ水圧と繰り返し回数を測定した。次に、排水繰り返しせん断試験は、先の液状化実験における供試体の有効応力の減少に着目し、これを排水条件下で再現するために供試体を側圧が1.0, 0.9, 0.8, 0.7および0.6 kg/cm<sup>2</sup>のもので圧密した後、液状化実験に相応する軸差応力を繰り返し負荷した。そして、供試体の体積ヒズミと繰り返し回数を測定した。

3. 非排水繰り返しせん断試験および排水繰り返しせん断試験の結果 本研究では、圧密後の間ゲキ比を一種類で実験を行なうことから、間ゲキ水圧： $u$  および体積ヒズミ： $v$  を決定する因子は繰り返し回数： $n$  のみであると仮定して、 $u$  および  $v$  を (1)，(2) 式で表わした。

$$u = a \cdot n^b \quad (1)$$

$$v = (4\sqrt{v}) = c \cdot n^d \quad (2)$$

係数  $a, b, c, d$  は、砂のダイラタンシーに依存する定数と考えられる。

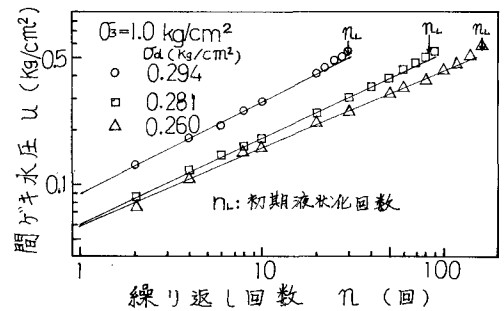


図-1  $u \sim n$  関係

図-1は、非排水繰り返しせん断試験における間ゲキ水圧と繰り返し回数の関係を両対数紙上に示したものである。 $\log u \sim \log n$  の関係がほぼ直線となることから(1)式の成立が確かめられた。

図-2(a),(b),(c)は、排水繰り返しせん断試験における各軸差応力ごとの体積ヒズミと繰り返し回数の関係を両対数紙上に示したものである。図中の実線は、各有効拘束圧下での体積ヒズミ変化を示している。同一軸差応力に対して、有効拘束圧の小さい供試体ほど体積ヒズミが大きくなっているのは、有効拘束圧が小さいほど応力比( $\sigma_d/2\sigma_3$ )が大きくなるためである。

図-1の結果を基に、各軸差応力ごとに有効応力が0.9, 0.8, 0.7および0.6 kg/cm<sup>2</sup>となる繰り返し回数 $n$ を求め、( $\sigma_3, n_l$ )を図-2(a),(b),(c)ごとに求め、図-1の間ゲキ水圧変化に対応した体積ヒズミを見なすのである。図-2において、破線で示しているのがこれである。 $\log v \sim \log n$  の関係がほぼ直線となることから、(2)式の成立が確かめられた。

以上の結果に基づいて、間ゲキ水圧と体積ヒズミとの関係を求めたのであるが、(1)式および(2)式のままでは両者の次元が異なるので、無次元化したうえで比較することにした。すなわち(3)~(5)式を新たに導入した。

$$(u/\sigma_3) = a \cdot (n/n_L)^b \quad (3)$$

$$(\Delta V/V) = c \cdot (n/n_L)^d \quad (4)$$

したがって、

$$\frac{(\Delta V/V)}{(u/\sigma_3)} = \frac{c}{a} (n/n_L)^{d-b} = \alpha \cdot Rn^\beta \quad (5)$$

係数 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $c$ 、 $d$ は、砂のダイレタンシーに依存する定数と考えられ、 $n_L$ は初期液状化発生回数である。(3)~(5)式の結果を表-1に示している。表-1中の記号で、 $Ru = (u/\sigma_3)$ 、 $Rn = (n/n_L)$ となっている。(5)式によって間ゲキ水圧と体積ヒズミの関係が示される。

表-1より、初期液状化時を考えると $Rn = 1$ となるから $(v/Ru) = \alpha$ となる。大原らの報告では、 $Ru \sim Rn$ の関係は $\alpha$ の大きさによらずほぼ一定(初期液状化時の $Ru = const.$ )とされているが、 $\alpha$ は軸差応力の減少により増加しているのがわかる。このことは、液状化実験で初期液状化時の間ゲキ水圧が軸差応力の減少に対して増加していることによく一致している。 $\beta$ は、軸差応力の増加に対して減少している。 $\beta$ の変化の様子は、 $(\log \beta \sim \sigma_3)$ 座標上ではほぼ直線を作っている。本実験では確かめていないが、ある軸差応力に対して $\beta = 0$ 、すなわち $(v/Ru) = const.$ が推察される。

以上のことは、砂質土の液状化現象をも含めた砂質土の動的強度に動的内部摩擦角の関与することが大きいと思われる。

#### 4. あとがき

本研究では、非排水繰り返しせん断試験で供試体内に発生する間ゲキ水圧と排水繰り返しせん断試験における供試体の体積ヒズミとの関係が密度および負荷する軸差応力が同一であれば、(5)式により表わされることを示した。ただし、本研究では、液状化過程で供試体が過圧密状態になることは実験上再現しえないので考慮していない。

#### (参考文献)

- 1) 大原資生：砂質土の液状化に関する2・3の考察，第13回土質工学研究発表会，1978
- 2) 八木則男：繰り返しせん断による砂の体積変化と過剰間ゲキ水圧，第7回土質工学研究発表会，1972

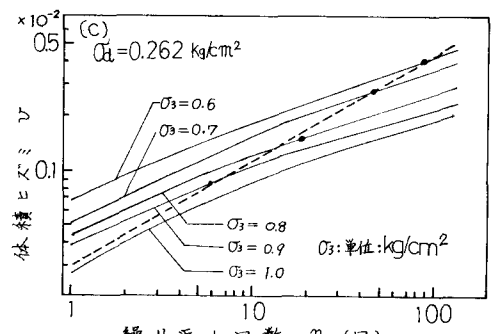
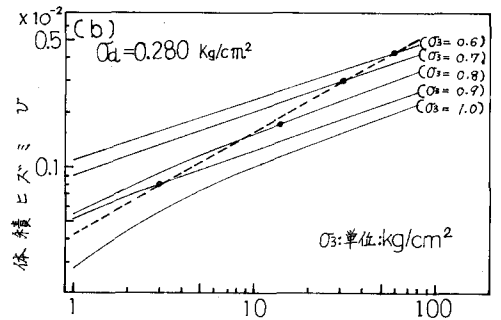
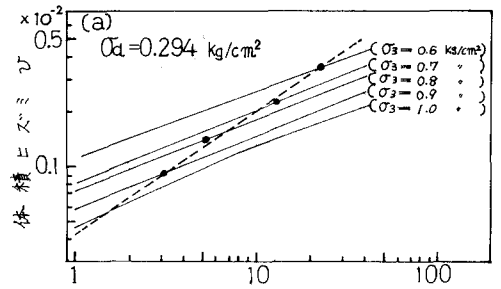


図-2 v~n 関係

$\sigma_d$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$Ru = a \cdot Rn^b$	$v = (dV/V) = c \cdot Rn^d$	$(dV/V) / (u/\sigma_3) = \alpha Rn^\beta$
0.294	$Ru = 0.485Rn^{0.549}$	$v = 0.00385Rn^{0.573}$	$(v/Ru) = 0.0079Rn^{0.024}$
0.280	$Ru = 0.447Rn^{0.477}$	$v = 0.00420Rn^{0.522}$	$(v/Ru) = 0.0094Rn^{0.045}$
0.262	$Ru = 0.538Rn^{0.456}$	$v = 0.00497Rn^{0.533}$	$(v/Ru) = 0.0092Rn^{0.077}$

表-1  $Ru \sim Rn$ ,  $v \sim Rn$ ,  $(v/Ru) \sim Rn$  関係