

## 初期せん断力が液状化砂の変形特性に与える影響

九州工業大学工学部 学生会員 ○栗屋宜典  
 九州工業大学工学部 正会員 永瀬英生  
 九州工業大学工学部 正会員 廣岡明彦  
 九州工業大学大学院 学生会員 峯啓一郎

### 1. はじめに

過去の震害調査によると、緩い勾配をもつ斜面地においても液状化が起ると大きな変位が生じていることが報告されている。このような斜面砂地盤の地震時挙動を把握するため、初期せん断力を受ける砂の繰返しせん断特性に関し、多くの研究がなされてきた。これらの研究によると、砂は繰返し載荷により量振幅方向にせん断ひずみが増加するが、それとともに、初期せん断力方向にもひずみが漸増することが知られている。ところが、初期せん断力が液状化後の地盤の変形挙動に与える影響についてはほとんど明らかになっていない。そこで、本研究では初期せん断力が液状化砂の変形特性に与える影響を調べるために、繰返しねじりせん断試験装置を用い、それに関する実験および検討を行ってみたい。

### 2. 実験方法

実験に使用した試料は豊浦標準砂である。これを空中落下法により所定の相対密度になるように詰め供試体を作製した。供試体は、外径10cm、内径6cm、高さ10cmの中空円筒供試体で、目標とする相対密度は $D_r = 30\%$ とした。この供試体を、有効拘束圧 $\sigma'_v = 0.25, 0.5, 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ のもとで等方圧密し、その後には排水状態で所定の初期せん断応力を加えた。次に、初期せん断応力によって供試体内に生じた水圧が完全に消散したことを確認した後、非排水状態で繰返し載荷を行なった。さらに、繰返し載荷によって液状化が生じた供試体に対して、非排水状態を保ったまま静的単調せん断試験を行い、せん断応力 $\tau$ ～せん断ひずみ $\gamma$ 関係を求めた。静的せん断試験はひずみ制御方式で行い、載荷速度は $10\%/min$ とした。以上の載荷パターンを図-1に示す。初期せん断応力 $\tau_i$ は、繰返し回数が20回で液状化に達するときのせん断応力 $\tau$ を最大値とし、有効拘束圧別に10種類変化させるものとする。

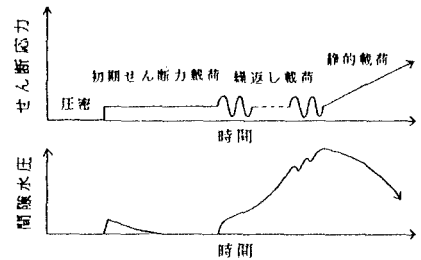


図-1 載荷パターン

### 3. 実験結果及び考察

図-2は初期有効拘束圧 $\sigma'_v = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ の条件で行った代表的な液状化後の応力 $\tau$ ～ひずみ $\gamma$ 関係を拡大したものである。この図を見てみると、初期せん断力 $\tau_i$ が増加するに従って曲線の立ち上がり急になっていく。他の有効拘束圧についても同様なことが見られた。ここで、筆者ら<sup>1)</sup>が図-3のように定義している微小抵抗領域 $\gamma_L$ と初期せん断力 $\tau_i$ との関係をまとめたものを図-4～6に示す。これらの図には、繰返し載荷後に現れる残留ひずみ $\gamma_r$ と初期せん断力 $\tau_i$ との関係も併せて示している。これらの図を見てみると、有効拘束圧の違いに関係なく初期せん断力 $\tau_i$ が増加するに従い残留ひずみ $\gamma_r$ は増加し、それに伴い微小抵抗領域 $\gamma_L$ は減少している。また、 $\tau_i \sim \gamma_r$ 関係が初期せん断力 $\tau_i = 0$ の時の液状化後の静的載荷による応力 $\tau$ ～ひずみ $\gamma$ 関係( $F_L = 1.0$ )とほぼ一致し、また残留ひずみ $\gamma_r$ と微小抵抗領域 $\gamma_L$ の和は初期せん断力 $\tau_i = 0$ の時の応力 $\tau$ ～ひずみ $\gamma$ 関係に現れる微小抵抗領域 $\gamma_L$ にほぼ等しいことがわかる。ただし、データにはばらつきが見られるが、これは相対密度のばらつきによるものと思われる。初期せん断力による砂の剛性の変化を調べるため、せん断弾性係数 $G_1, G_2$ (図-3参照)を初期せん断力 $\tau_i$ に対してプロットしたものを、図-7、8を示す。初期せん断力の増加に伴い、せん

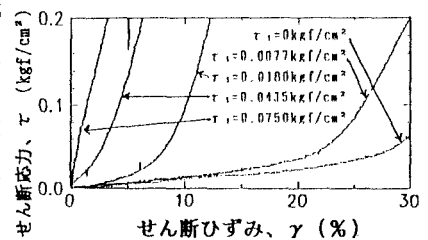


図-2 液状化後の応力 $\tau$ ～ひずみ $\gamma$ 関係拡大図

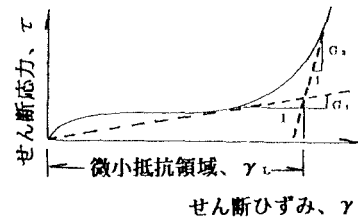


図-3 微小抵抗領域の定義

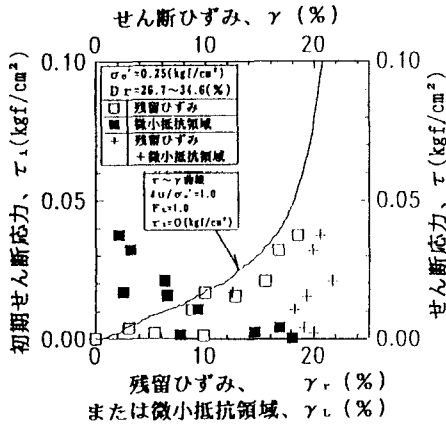


図-4 初期せん断応力～微小抵抗領域関係図  
[ $\sigma'_{0} = 0.25(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ ]

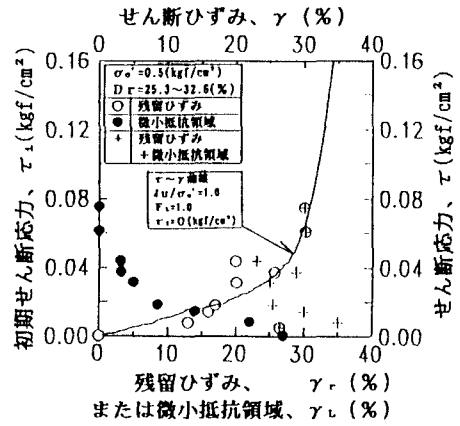


図-5 初期せん断応力～微小抵抗領域関係図  
[ $\sigma'_{0} = 0.5(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ ]

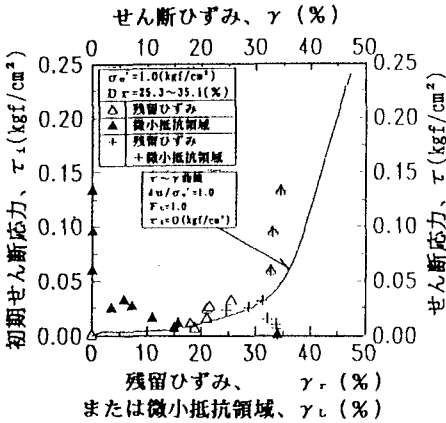


図-6 初期せん断応力～微小抵抗領域関係図  
[ $\sigma'_{0} = 1.0(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ ]

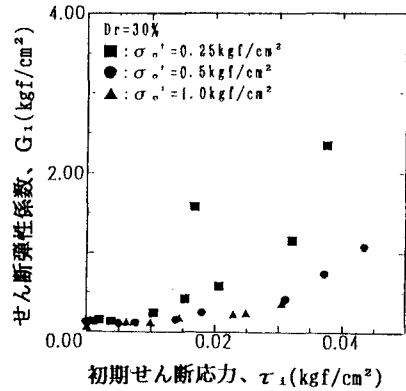


図-7 初期せん断応力～せん断弾性係数 $G_1$ 関係図

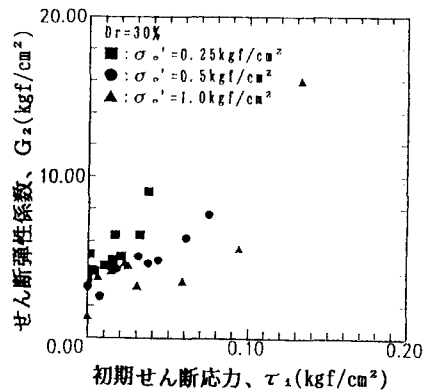


図-8 初期せん断応力～せん断弾性係数 $G_2$ 関係図

断弾性係数 $G_1$ 、 $G_2$ ともに増加している。これらのことより、せん断応力 $\tau$ の値が大きくなると、初期せん断応力 $\tau_1$ を載荷した時と初期せん断応力 $\tau_1 = 0$ の時の応力～ひずみ関係に差異が次第に顕著に現れることが分かる。

#### 4. あとがき

初期せん断応力を受ける時の液状化後の変形特性を調べた結果、初期せん断応力が増加するに従い、微小抵抗領域は減少し、剛性の回復も異なる傾向を示した。

#### 5. 参考文献

- 1) 安田・永瀬・悦永・規矩・肇：液状化後の変形特性を用いた砂地盤の簡易変形予測、第30回土質工学研究発表会概要集、P.809～810、1995