

東急建設(株) 正員 ○岡本正広
 東京大学生産技術研究所 正員 龍岡文夫
 同上 正員 山田真一

1. まえがき

非排水繰返し載荷中の砂の変形・強度特性は、試験方法(三軸・単純せん断等)、密度、構造等の影響を受けて非常に複雑な挙動を示す。そこで今回、この複雑な砂の非排水繰返し変形特性を把握するために、三軸およびねじり単純せん断試験機を用いて静的非排水繰返し試験を実施した。この試験では、応力状態を厳密に求めるために差圧計を用いて有効拘束圧を直接計測し、有効応力状態は(1)、(2)式に示す方法で厳密に計算して求めた。

2. 実験方法

実験装置等については、龍岡らにより詳しく報告されているので参照された。1), 2) 実験に用いた試料は豊浦砂の平均粒径に近い粒径範囲をもち、完全球形のガラスビーズ($G_s = 2.686$, 粒径範囲 $d = 0.105 \sim 0.210 \text{ mm}$, $e_{max} = 0.710$, $e_{min} = 0.546$)である。供試体の作製は空中落下法で行ない、供試体を $\sigma'_v = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ で等圧圧密後、非排水状態にしてひずみ制御($1\%/min$)で繰返し応力振幅一定の繰返し載荷を行った。

① 供試体の有効応力状態

②-1) $a-a'$ 面($z=z$)での有効側方応力

$$\sigma'_a = [\sigma_v + (h_{cw} - z)\gamma_w + \Delta\sigma'_{am}] - [\sigma'_{BP} + (h_B - z)\gamma_w] \\ = \sigma'_{BP} + \Delta\sigma'_{am} \quad (1)$$

ここに $\Delta\sigma'_{am}$: メンブレン補正量 $= -2 \cdot E_m \cdot t / s \cdot \gamma_s \times \{\varepsilon_{am} + 2\varepsilon_{om}\}$

E_m : メンブレンのヤング率 t : メンブレンの厚さ

γ_s : 供試体の半径

ε_{am} : メンブレンの軸ひずみ ε_{om} : メンブレンの側方ひずみ

ただし、非排水せん断中は $\dot{v} = 0$ だから $\dot{\varepsilon}_{am} + 2\dot{\varepsilon}_{om} = 0 \Rightarrow \Delta\sigma'_{am} = 0$

②-2) $a-a'$ 面($z=z$)での有効軸方応力

$$\sigma'_a = \sigma'_{BP} + (P + W \pm F) / A_s - h_c \cdot \gamma_s \cdot A_c / A_s - \{\sigma_v + (h_{cw} - h_c - h)\gamma_w\} \\ \times 2 / A_s + (h - z)\gamma'_s + \Delta\sigma'_{am} \quad (2)$$

ここに $\Delta\sigma'_{am}$: メンブレン補正量 $= -2/3 \cdot E_m \cdot t / \gamma_s \times \{\varepsilon_{am} \times 2 + \varepsilon_{om}\}$
 $= -2/3 \cdot E_m \cdot t / \gamma_s \cdot \varepsilon_{am}$

P : 付加荷重 W : ロッド・キャップ等の重量 F : ロッドと軸受との摩擦

4. 実験結果 および考察

ガラスビーズを用いて行ったねじり単純せん断試験結果を図1-1～1-4に、三軸試験結果を図2-1～2-4に示す。図に示す σ'_v 、および σ'_a の値は供試体の上端における値で、せん断ひずみ γ 、および軸ひずみ ε_a は供試体全体に対する平均値である。図より以下のことが分かった。

① 有効応力経路は、せん断ひずみが進行するにつれて応力比がわずかながら増加して破壊包絡線に近づきながら、 $z \rightarrow 3$, $5 \rightarrow 6$ の様に σ'_v がほぼ一定である原点を通る直線状になる。

② $z \sim 1$, $8 \sim 9$ より大部分のせん断変形は $\sigma'_v < 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ の

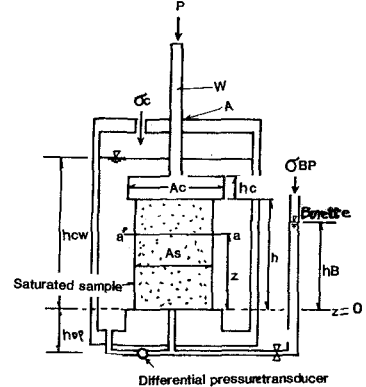


図1 三軸セル内の応力状態

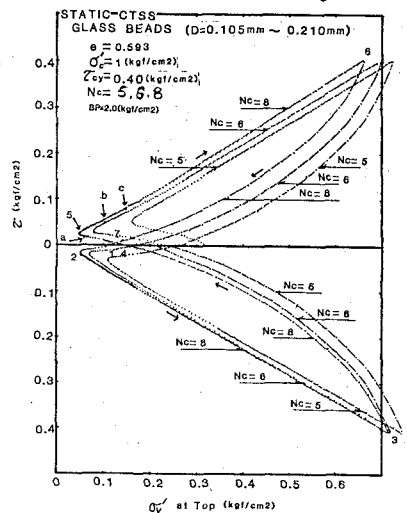


図1-1 $\sigma'_v \sim \sigma'_a$ 関係

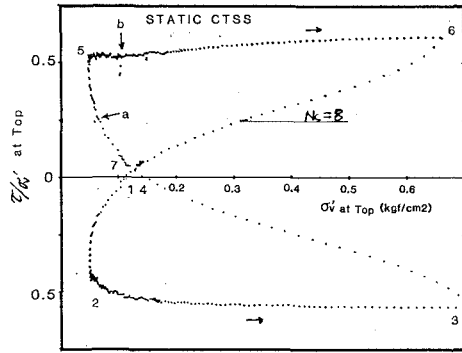


図1-2 $\dot{\gamma} \sim \sigma$ 関係

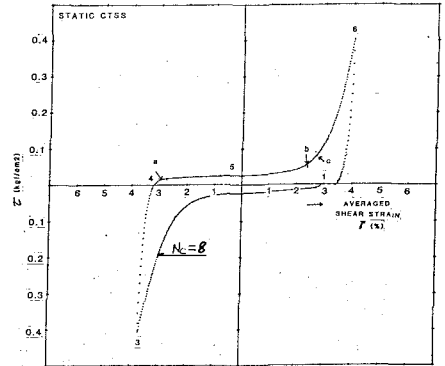


図1-3 $\sigma \sim \gamma$ 関係

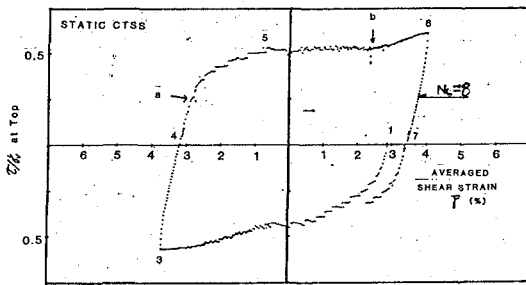


図1-4 $\dot{\sigma} \sim \gamma$ 関係

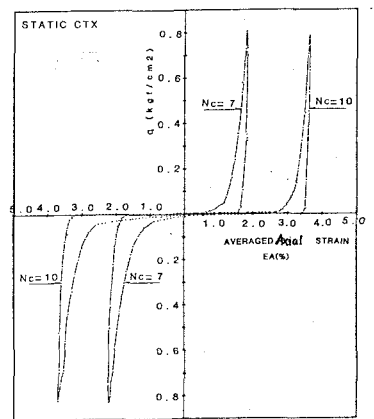


図2-3 $\sigma \sim \dot{\gamma}$ 関係

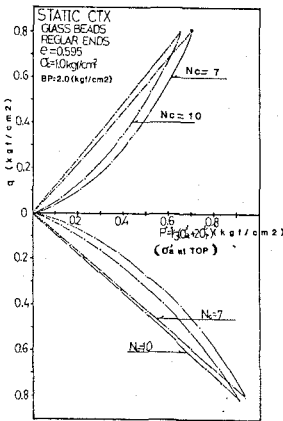


図2-1 $\sigma \sim \dot{\gamma}$ 関係

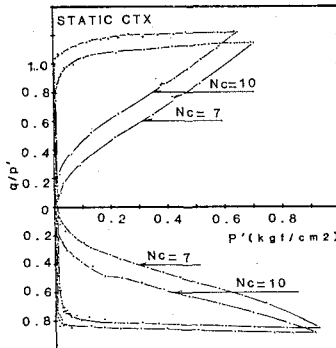


図2-2 $\dot{\sigma} \sim \dot{\gamma}$ 関係

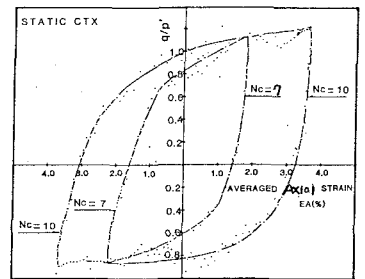


図2-4 $\dot{\sigma} \sim \gamma$ 関係

ときに生じている。図1-3の σ が -3% から +2% になる $a \sim b$ 間は、図1-1に示すように $\dot{\gamma} < 0.1$ 1/sec のときである。したがって、供試体の状態の変化はせん断方向が交替した直後にもっとも大きく、 c がある程度以上大きくなるとその変化は小さくなる。③ $\dot{\sigma} \sim \gamma$ 関係は非常に特異な形をしているが、 $\dot{\sigma} \sim \dot{\gamma}$ 関係は一般的なひずみ硬化タイプの応力-ひずみ関係を示している。

〈謝辞〉本研究は東京大学生産技術研究所で実施したものである。実験を行うにあたり協力いただいた龍岡研究室のオマに末筆ながら感謝の意を表します。

〈参考文献〉1) 龍岡・山田他：土の動的性質および実験法講義と実習、生研セミナーテキスト，昭和57年11月
2) 福島・龍岡：土のねじり単純せん断試験I～(IV)，生産研究，1980.10，1981. 8～10