

拘束圧の違いが初期構造異方性を有する砂の応力ひずみ挙動に及ぼす影響

山口大学工学部

正員 中田幸男 村田秀一 兵動正幸

九州大学工学部

正員 安福規之

基礎地盤コンサルタンツ(株)

正員 神村 真

山口大学大学院

学生員 〇児玉 信

1. まえがき 初期構造異方性を有する砂の変形強度特性に着目した研究は従来から多く行われており、初期構造異方性に起因して異方的な応力ひずみ挙動を示すことが明らかにされている^{1)・2)}。これらの実験的研究の多くは、500kPa 以下の比較的低い拘束圧に対するものであった。しかしながら、実地盤内の応力状態は、地表面付近の低拘束圧域から杭基礎先端部等に見られる数 MPa の高拘束圧域まで広範囲におよぶことが知られている。そこで、本報では、このような状況を踏まえ、500kPa 以下と数 MPa を越えるような拘束圧の違いが初期構造異方性を有する砂の応力ひずみ挙動に与える影響について実験的に検討するものである。

2. 実験方法 用いた試料は秋穂砂 ($G_s=2.63$, $e_{\max}=0.96$, $e_{\min}=0.58$) である。気乾状態の試料を相対密度 $Dr=70\%$ を目標に、多重ふるいを用いてプラスチック製の容器に空中落下させる。この時の水平面が堆積面となる。浸水、脱水を行った後、凍結させることにより試料塊 ($28 \times 18 \times 19 \text{ cm}$) を得る。この試料塊を3個の試料ブロックに分割した後、任意の δ (堆積面と供試体鉛直軸とがなす角度) が得られるようにダイヤモンドソーで成形する (図-1 参照)。溶解によって供試体が崩壊するのを防ぐために一定圧で窒素ガス (-80°C) を供給しながら、コアビットを用いて試料ブロックから直径 5cm、高さ約 11cm の円筒形供試体を削り出す。得られた供試体を三軸試験機にセットし、凍結した供試体が融解するまで放置し、脱気水によって飽和させる。所定の拘束圧まで等方圧密した後、排水条件で側圧一定せん断試験を行う。

3. 結果と考察 図-2 は、 $\delta=90^\circ$ の供試体を用いて行った等方圧密試験結果を $e-\ln p$ 曲線で示したものである。この図から、 $e-\ln p$ 曲線は拘束圧 2MPa 付近で明確な折れ曲がり点 p_y を有していることがわかる。この p_y を越える応力域から粒子破碎が顕著に生じることが知られている³⁾。本研究では、 p_y より低い 100kPa と p_y より高い 5.0MPa で実験を行っている。

図-3 (a), (b) は、 $\sigma_c=100\text{kPa}$ と 5.0MPa の $\eta-\gamma-v$ 関係を示したものである ($\eta=q/p$, $q=\sigma_a-\sigma_r$, $p=(\sigma_a+2\sigma_r)/3$)。これらの図から、 $\sigma_c=100\text{kPa}$ の応力ひずみ挙動は δ によって明らかに異なることがわかる。具体的には、 δ の増加に伴い剛性の増加や応力比 η の最大値の増加、体積ひずみの増加が認められる。一方、 $\sigma_c=5.0\text{MPa}$ の応力ひずみ挙動の δ による違いは見られない。ここで $\eta-\gamma$ 関係に着目すると、 η にピークは認められず、全てが低拘束圧の結果と比べてひずみ硬化挙動を示していることがわかる。また、 $\gamma=10\%$ に達した時の η の値は 1.25 程度であり、 $\sigma_c=100\text{kPa}$ の $\gamma=10\%$ に達した時の η の値と比較して低いことがわかる。 $v-\gamma$ 関係に着目すると、体積ひずみは収縮のみの傾向を示しており、 $\sigma_c=100\text{kPa}$ で見られた収縮傾向から膨張

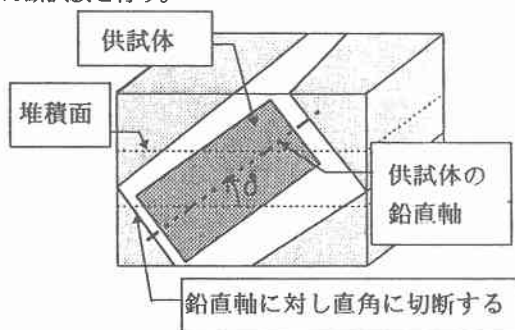
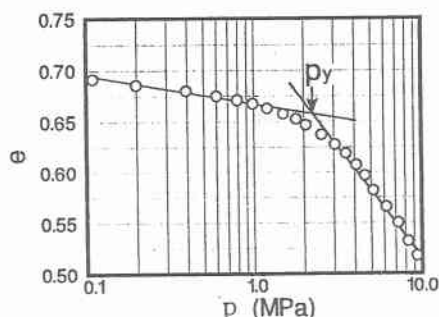


図-1 試料ブロックと供試体

図-2 等方正規圧密試験結果 ($e-\ln p$ 関係)

傾向へ転じる挙動は見られない。図-4 (a), (b)は、縦軸に η 、横軸に δ をとり、 $\sigma_c=100\text{kPa}$ と 5.0MPa の等 γ 曲線を示したものである。これらの図から $\sigma_c=100\text{kPa}$ の場合、 $\gamma=0.2\%$ までの曲線は δ によらず η は一定であるが、 $\gamma=0.4\%$ 以上の曲線は δ の増加に伴い η は増加していることがわかる。一方、 $\sigma_c=5.0\text{MPa}$ の場合、すべての等 γ 曲線は δ によらず η は一定となる。これらのことから、比較的高い拘束圧域では、初期構造異方性の影響は消失すると判断される。

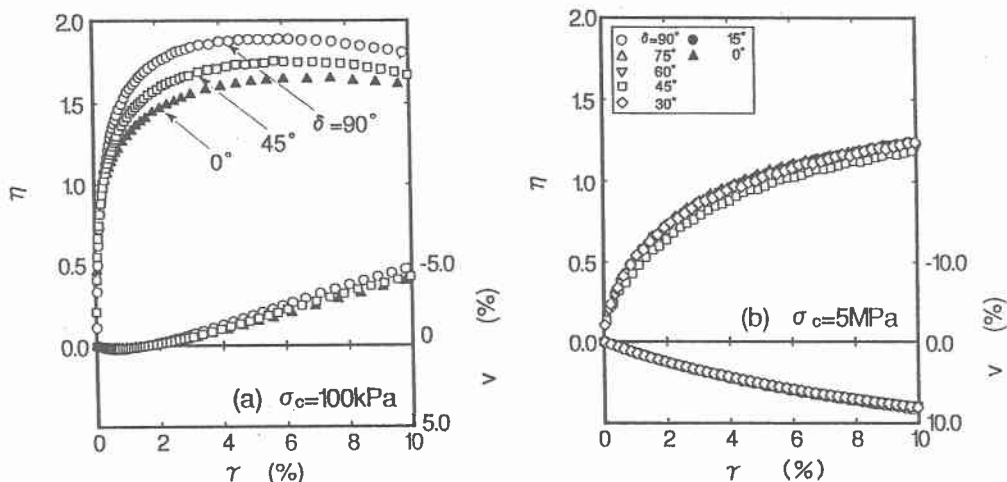


図-3 応力比-軸差ひずみ-体積ひずみ関係

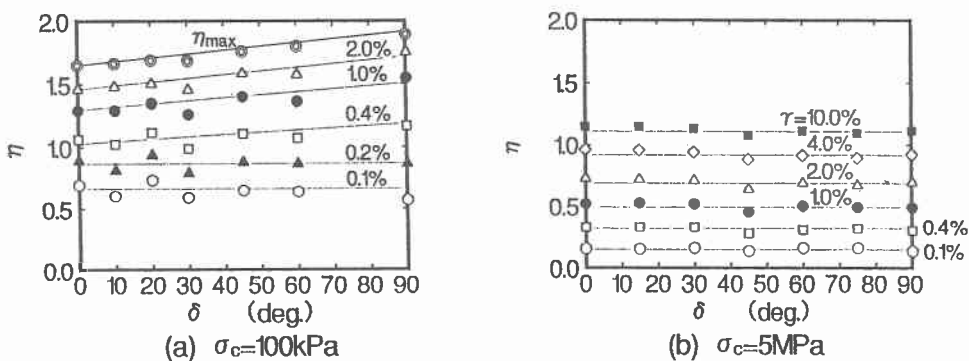


図-4 等 γ 曲線

4. あとがき 本報告では、拘束圧の違いが初期構造異方性を有する砂の応力ひずみ挙動に及ぼす影響について実験的検討を行った。その結果、 p_y より低い応力域では、堆積面と供試体鉛直軸とがなす角度 δ の違いによって応力ひずみ挙動は異なるが、 p_y より高い応力域では、応力ひずみ挙動は δ によって変化しないことが明らかになった。

<参考文献> (1) Oda, M. (1972) : "Initial fabrics and their relations to mechanical properties of granular material," Soil and Foundations, Vol. 12, No. 1, pp. 17-36. (2) Tatsuoka, F. et al. (1986) : "Strength and deformation characteristics of sand in plane strain compression at extremely low pressures," Soil and Foundations, Vol. 26, No. 1, pp. 65-84. (3) 安福規之(1990) "広範な応力域における異方圧密砂の降伏特性と弾塑性構成式に関する研究," 九州大学博士論文