

低・高圧下のせん断挙動に現れる初期構造異方性の評価

基礎地盤コンサルタンツ(株) 正員 ○神村 真

山口大学工学部

正員 中田幸男 村田秀一 兵動正幸

山口大学大学院

学生員 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いる。筆者らは、従来の研究が 500kPa 以下の比較的低い拘束圧下でのみで行われていたことから、さらに高圧域も含めて拘束圧を変化させた一連の実験を行ってきた。その結果、100kPa 程度の低圧域では、応力ひずみ挙動に初期構造異方性の影響は見られるが、数 MPa の高圧域では、応力ひずみ挙動に初期構造異方性の影響は見れないことが明らかとなった。本報は、低圧域と高圧域において応力ひずみ挙動に現れる初期構造異方性の影響を、軸差異方テンソル α_{ij} を用いた修正応力によって定量的に評価することを試みたものである。

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。この試料を多重ふるいにより空中落下させ、これを浸水させた後、脱水、凍結させ試料塊 ($28 \times 18 \times 19\text{cm}$) を得る。試料塊作成時の水平面と供試体鉛直軸とがなす角 δ が任意の角度になるようにコアビットにより削り出し、 δ の異なる供試体を得る (図-1 参照) ¹⁾。この供試体を三軸試験機にセットし供試体を飽和させた後、所定の拘束圧 (100kPa, 5.0MPa) まで等方圧密し、側圧一定せん断試験を排水条件で行う。

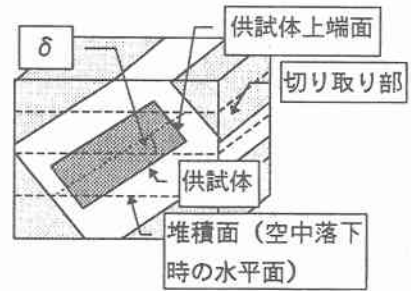


図-1 分割された試料塊と供試体

図-2 は横軸に $((\sigma_{11}-\sigma_{22})/2)/p$ 、縦軸に σ_{12}/p をとり、実験結果に基づいて、 $\sigma_c=100\text{kPa}$ の $\eta_{\max}$ での

応力状態と、5.0MPa の $\gamma=10.0\%$ 時の応力状態をそれぞれ示したものである。横軸正方向の点は供試体作成時の水平面と供試体鉛直軸とがなす角 δ が 90° の供試体、負の方向の点は $\delta=0^\circ$ の供試体、縦軸方向の点は $\delta=45^\circ$ の供試体の三軸圧縮試験結果を示したものである。ここで、 σ_{11} は堆積面に作用する直応力、 σ_{22} は堆積面と直交する面に作用する直応力、 σ_{12} は堆積面上と堆積面に直交する面上に作用するせん断応力である (図-3 参照)。この図から、 $\sigma_c=100\text{kPa}$ 、5.0MPa のプロットはともに円で近似できそうである。 $\sigma_c=100\text{kPa}$ の円の中心は横軸の正の方向にずれているが、 $\sigma_c=5.0\text{MPa}$ の円の中心は座標の原点とほぼ一致している。円の中心のずれは、100kPa の場合 0.06 となっている。ここでは、この円のずれが初期構造異方性を評価するパラメーター C_t となり、 α_{ij} の大きさに対応すると考える。その結果、 α_{ij} の成分は、図-2 の幾何学的な関係から $\alpha_{11}=4/3 C_t$ 、 $\alpha_{22}=-2/3 C_t$ 、 $\alpha_{33}=-2/3 C_t$ で与えられることになる。さて、 α_{ij} を用いて求められる修正応力、修正軸差応力、および修正応力比は

$$\sigma_{ij}^* = \sigma_{ij} - p\alpha_{ij}, \quad q^* = \sqrt{\frac{3}{2}(\sigma_{ij}^* - p\delta_{ij})(\sigma_{ij}^* - p\delta_{ij})}, \quad \eta^* = q^*/p \quad \dots\dots\dots(1)$$

である。通常の軸差応力、および応力比は

$$q = \sqrt{\frac{3}{2}(\sigma_{ij} - p\delta_{ij})(\sigma_{ij} - p\delta_{ij})}, \quad \eta = q/p \quad \dots\dots\dots(2)$$

となり、結果として $\alpha_{ij}=0$ の場合、 $q^*=q$ となる特徴を有している。ここで、 σ_{ij} は応力テンソルであり、 δ_{ij} はクロネッカー・デルタである。

図-4 (a), (b), 図-5 (a), (b) に $\sigma_c=100\text{kPa}$ と 5.0MPa の $\eta-\gamma$ 、 $\eta^*-\gamma$ 関係をそれぞれ示す。これら

の図から、拘束圧によらず修正応力比とせん断ひずみの関係は応力比とせん断ひずみ関係と比較して一義的な関係を示す。 $\sigma_c=100\text{kPa}$ の場合、修正応力比とせん断ひずみ関係には若干のばらつきが見られるが、 C_f を定義した $\eta_{\max}$ に対応する $\gamma=7\%$ 程度ではよい対応関係が見られる。

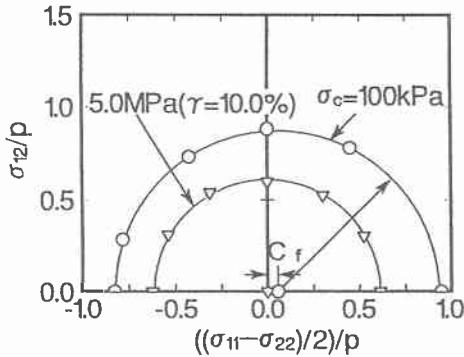


図-2 最大応力比近傍の応力状態

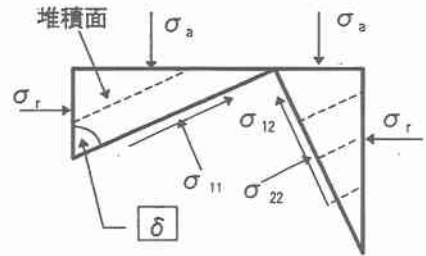


図-3 堆積面と応力状態

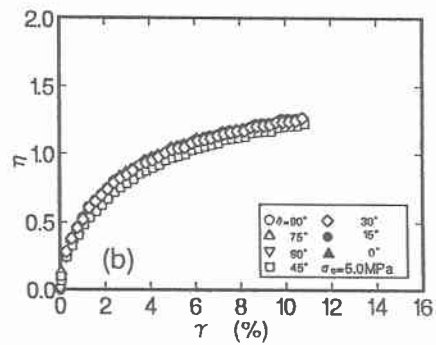
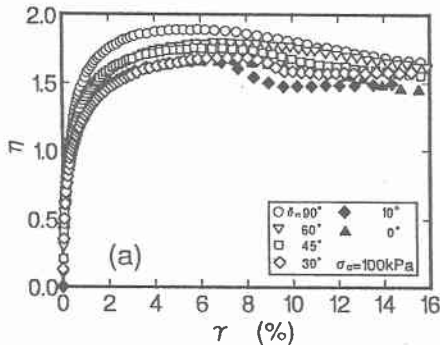


図-4 応力比 η -せん断ひずみ γ 関係；(a)100kPa, (b) 5.0MPa

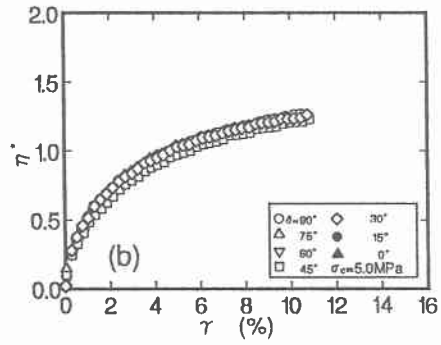
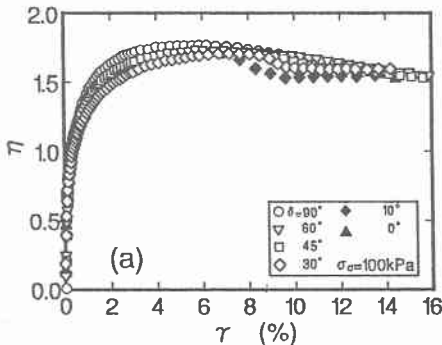


図-5 修正応力比 η^* -軸差ひずみ γ 関係；(a)100kPa, (b)5.0MPa

4. あとがき

本報では、ピーク時の応力状態に基づいて初期構造異方性を評価するパラメーターを示した。加えて、そのパラメーターを用いて求められる修正応力とひずみの関係は、堆積面と供試体鉛直軸のなす角によらずおおむね一義的な関係となることを示した。

<参考文献> 1) 中田, 村田, 兵動, 安福, 神村, 児玉: “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,” 第47回土木学会中国支部研究発表会講演概要集, 投稿中。