

中空ねじりせん断試験による一般応力条件下における砂の排水せん断特性

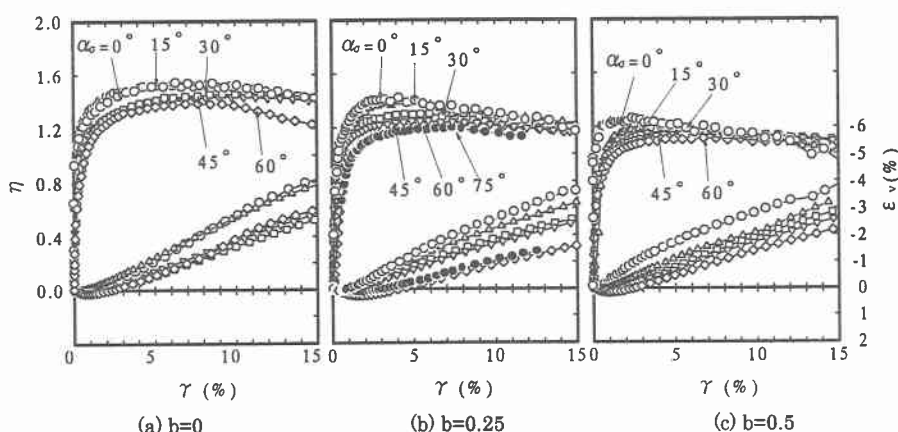
山口大学大学院 学生員 ○南幸孝 野田勇一

山口大学工学部 正会員 中田幸男 兵動正幸 村田秀一

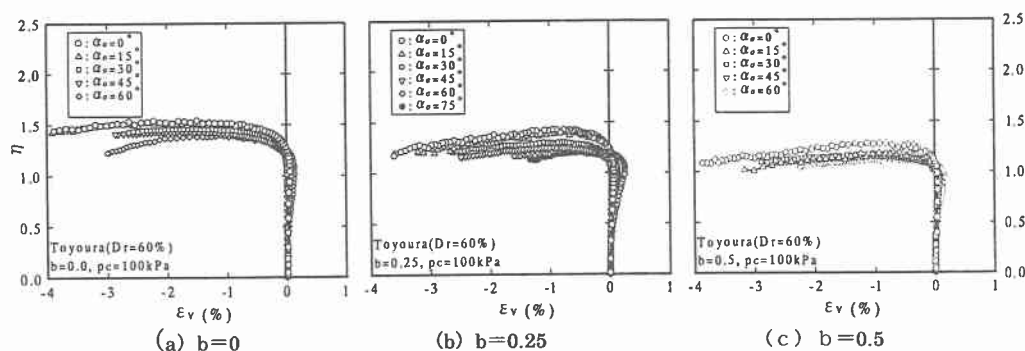
1. まえがき 中空ねじりせん断試験機は、軸力、トルク力、内圧、外圧の 4 つの外力を独立に制御することにより一般応力条件を再現するものであるが、供試体の大きさによって半径方向の応力の不均一性が著しくなり、正しい土の挙動を把握できないことが指摘されている。しかしながら、中空ねじりせん断試験機及びその試験をより正しく理解するという意味で、その不均一性が得られる結果にどのような影響を与えるかを把握しておく必要がある。本研究では中空ねじりせん断試験を様々な条件下で行い、得られる試験結果に対し考察を行うものである。

2. 試料および実験方法 試料は豊浦砂を用い、供試体は中空円筒形で空中落下法により相対密度 60% を目標に作製した。実験は供試体が高さ $h=20\text{cm}$ 、外半径 $r_o=5\text{cm}$ 、内半径 $r_i=3\text{cm}$ の中空ねじりせん断試験機を用いて行った。圧密は応力制御方式を用い自立時の拘束圧 30kPa から拘束圧 100kPa まで等方圧密を行なった。せん断は平均有効主応力 $p_c=100\text{kPa}$ 一定のもと、主応力方向角 α_o (最大主応力方向と鉛直方向 z となす角度) を $0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$ にそれぞれ固定し、3 種類の間主応力係数 $b=0.0, 0.25, 0.5$ に対して、ひずみ制御方式において排水条件下で行った。

3. 実験結果と考察 図 1 (a) - (c) は中間主応力係数 $b=0.0, 0.25, 0.5$ における応力比 η - 軸差ひずみ γ - 体積ひずみ ε_v 関係を示したものである。主応力方向角 α_o の変化に着目すると、いずれの b 値においても主応力方向角 α_o が増加するに伴い最大応力比 η 、体積ひずみ ε_v が低下する傾向が認められる。また、 α_o の増加に伴いピーク時における軸差ひずみが増加する傾向がみられる。これらは砂が重力下で堆積した

図 1 応力比 η - 軸差ひずみ γ - 体積ひずみ ε_v 関係

時に粒子の形状や配向性、位置関係などが起因してつくられる初期構造異方性の影響と考えられる。次に、中間主応力係数 b に着目すると b が増加するに伴い応力比 η 、体積ひずみ ε_v が低下している。

図 2 応力比 η - 体積ひずみ ε_v 関係

また、図(c)の $b=0.5$

の結果では軸差ひずみ $\gamma=3.0\%$ と非常に小さいひずみレベルで最大応力比に達し、これ以降応力は低下し残留状態に至っている。これに比べ図(a)の $b=0$ では $\gamma=6.4\%$ と比較的大きなひずみで最大応力比に達し、この応力比は図(b)の $b=0.25$ の場合ほど明確ではない。

図2は応力比 η —体積ひずみ ε_v 関係を示したものである。いずれの α_o でもある応力比 η まで ε_v は収縮し、その後膨張に転じる傾向が見られる。このときの変相応力比は、主応力方向角 α_o の変化による影響は見られず、ほぼ一定とみなせるが中間主応力 b 値の増加に伴い減少している。図3に強度の構造異方性と中間主応力依存性を示す。これは図4の

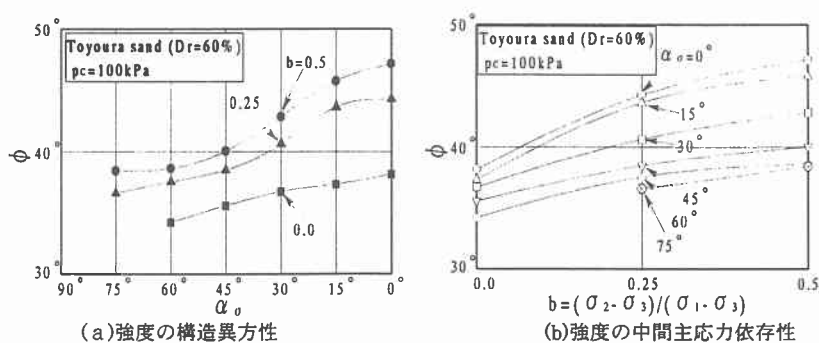


図3 強度における初期構造異方性の中間主応力依存性

Lam and Tatsuoka²⁾らによって求められた強度の中間主応力依存性および構造異方性の影響と比較すると似た傾向にある結果であるといえる。(a)は強度 ϕ - 主応力方向角 α_o 関係をあらわしており、(b)は強度 ϕ - 中間主応力係数 b 関係である。(a)について、いずれの α_o においても b の増加に伴い高い強度を発揮している。(b)について、 b が増加するに伴い、 α_o の増加に伴う ϕ の低下する割合は大きくなる。

図5は主応力方向角 α_o と中間主応力 b の違いに関して主応力比 σ_1/σ_3 —主ひずみ $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ 関係を示している。 $b=0.0$ つまり $\sigma_2=\sigma_3$ の状態では、最小主ひずみ ε_3 と中間主ひずみ ε_2 の関係は $\varepsilon_2=\varepsilon_3$ となることが理想的であるが、 $\alpha_o=30^\circ$ でやや異なり、 $\alpha_o=45^\circ$ では明確な違いが確認される。 b 値が増加するに伴い中間主ひずみ ε_2 の収縮傾向は増加し、 $b=0.25$ ではピーク時までの中間主ひずみがほぼゼロに等しい。これは

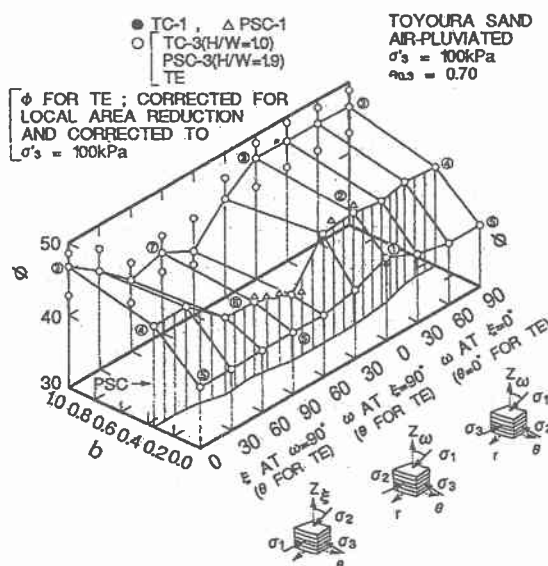


図4 強度の中間主応力依存性及び構造異方性の影響

(Lam and tatsuoka(1988)を引用)

$b=0.25$ 付近に平面ひずみ状態が存在することを示唆している。また $b=0.5$ では収縮を示すようになった。 b 値が大きくなるにつれて主応力比は増加し、主応力比の大きさに関係付けられる内部摩擦角 ϕ は大きくなるといえる。

4. まとめ 1,主応力方向角の増加により応力比、体積ひずみが低下した。2,強度の構造異方性と中間主応力依存性が確かめられた。3, b 値が増加するに伴い応力ひずみ挙動,主ひずみにおいては特に中間主ひずみに影響を及ぼした。

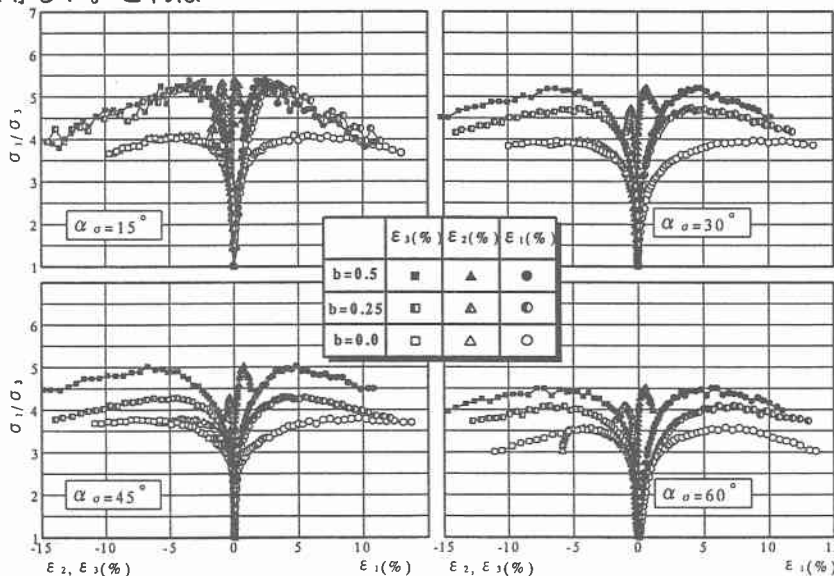


図5 主応力比 σ_1/σ_3 —主ひずみ $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ 関係

【参考文献】1)Marte Gutierrez:BEHAVIOUR SAND DURING ROTATION OF PRINCIPAL STRESS DIRECTION 2)Lam,W.K.and Tatsuoka,F.(1988):"Effects of initial anisotropic fabric and σ_2 on strength and deformation characteristics of sand".Soils and Foundations,Vol.28.,No.1,pp.89-106.