

任意方向単純せん断試験機による石少の応力・ひずみ挙動

名古屋工業大学 正員 松岡 元
 “ “ 竹田 一夫
 “ 大学院 学生員 〇福武 毅芳
 “ 研究留学生 陳 越

地震波のような任意方向の繰返しせん断挙動を再現するため、水平面内の直交2方向にせん断応力を独立に载荷できる単純せん断試験機を用いて、任意の半径方向繰返しせん断径路や円周方向せん断径路下の砂の応力・ひずみ挙動、特にせん断応力とせん断ひずみ増分方向のズレについて考察した。

1. 任意方向単純せん断試験の概要

図-1に試験機の平面図を示す。試料は飽和状態の豊浦砂(初期間隙比 約0.70)で、供試体寸法は直径7cm, 高さ2.7cmである。実験は $\sigma_z = 2.0 \text{ kgf/cm}^2$ 一定の下で、排水状態で行った。

半径方向繰返しせん断試験は、図-2に示すようにまず τ_{xy} のみを载荷除荷した(1st loading)後、 τ_{xy} 方向から角度 α をなす半径方向に载荷除荷する(2nd loading)ものである。円周方向せん断試験は、合せん断応力 $\tau = \sqrt{\tau_{zx}^2 + \tau_{zy}^2}$ 一定の円径路に沿って回すものである。また、せん断ひずみ増分 $\gamma = \sum \Delta \gamma = \sum \sqrt{\Delta \gamma_{zx}^2 + \Delta \gamma_{zy}^2}$ なるパラメータを解析のため導入している。

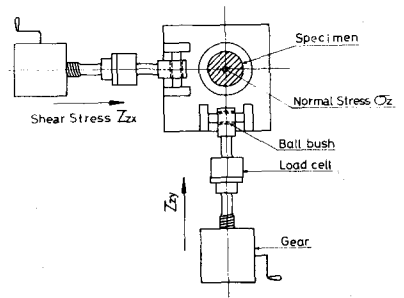


図-1 任意方向単純せん断試験機の平面図

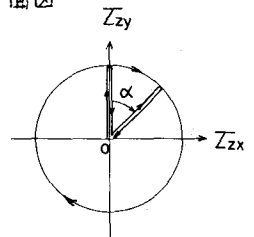


図-2 せん断応力径路

2. ひずみ増分方向の決定

水平面内でせん断応力の方向が種々変化するため、せん断応力とせん断ひずみ増分の方向にズレが生じ、従来の2次元状態での応力比・ひずみ増分比関係式(ひずみ増分方向を決定する式)がこの場合は成立しないと考えられる。そこで図-3に示すような応力点が球面上の「摩擦円」を引張って動き、円の中心点の軌跡が粒子接点の軌跡(ひずみ増分方向)に対応するというモデルを想定した。これは球面上の粒子に着目した3次元応力下の摩擦法則を表現するもので、摩擦円の内部に応力点があるときには粒子は滑動しないと考える。粒子接点の単位ベクトルを $\vec{n} = (n_1, n_2, n_3)$ 、応力 $(\sigma_z, \tau_{zx}, \tau_{zy})$ の単位ベクトルを $\vec{U} = (u_1, u_2, u_3)$ とすれば、粒子接点の滑動方向 $d\vec{n} = (dn_1, dn_2, dn_3)$ (これはひずみ増分 $(d\epsilon_z, d\gamma_{zx}, d\gamma_{zy})$ 方向に一致)は最終的に次式で与えられる。³⁾

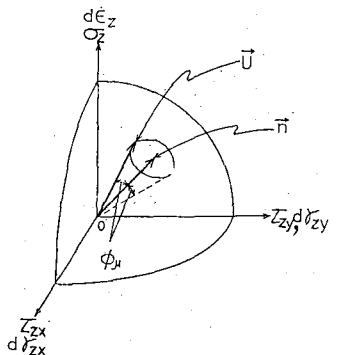


図-3 ひずみ増分方向を決める球面摩擦モデル

$$dn_i = -n_i du_i (u_i - n_i \cos \phi_\mu) / \sin^2 \phi_\mu \quad (1)$$

ここに、 ϕ_μ は粒子間摩擦角で $\tan \phi_\mu = 0.20$ とした。

3. 実験結果の検討

図-4 は半径方向繰返しせん断試験

($\alpha = 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$) の実測値と計算値(実線)を示している。ひずみの絶対値(G , ε_z , γ_{zx} , γ_{zy})の計算方法については、紙面の都合上文献1)を参照されたい。

なお、 $\gamma_{zy} \sim \gamma_{zx}$ 図のせん断ひずみ増分 ΔG の方向は図-3の球面摩擦モデルによって算定した。同図より ΔG の方向が徐々に、合せん断応力 τ の方向($\alpha = 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$)に近づくのが見られる。図-5は $\tau/\sigma_z = 0.48$ (一定) で3周回した円径路せん断試験の実測値を $\tau_{zy}/\sigma_z \sim \gamma_{zy} \sim \varepsilon_z$ 関係と $\tau_{zx}/\sigma_z \sim \gamma_{zx} \sim \varepsilon_z$ 関係でプロットしたものである。これらの図より、垂直ひずみ ε_z が合せん断応力 τ の回転とともに線状に圧縮していくのが見られる。

図-6(a), (b) は 同一円径路せん断試験のせん断ひずみ増分 ΔG の方向の実測値と球面摩擦モデルによる計算値を示している。(a), (b) どちらも最初の一周であり、矢印は方向だけを示し、大きさには意味がない。

図-6(a), (b) は 同一円径路せん断試験のせん断ひずみ増分 ΔG の方向の実測値と球面摩擦モデルによる計算値を示している。

(a), (b) どちらも最初の一周であり、矢印は方向だけを示し、大きさには意味がない。

謝辞 御援助いただいている本学山内利彦教授、議論をいただいた中井照夫助教授に謝意を表します。

文献 1) 竹田・松岡・福武(1983): 第38回土学会年次講演会, III-22, PP43-44.

2) 輕部・下村・鈴木(1975): 第10回土質工学研究発表会, 45, PP169-172.

3) 中井・三原・神谷(1983)

: 第18回土質工学研究発表会, 138, PP339-342

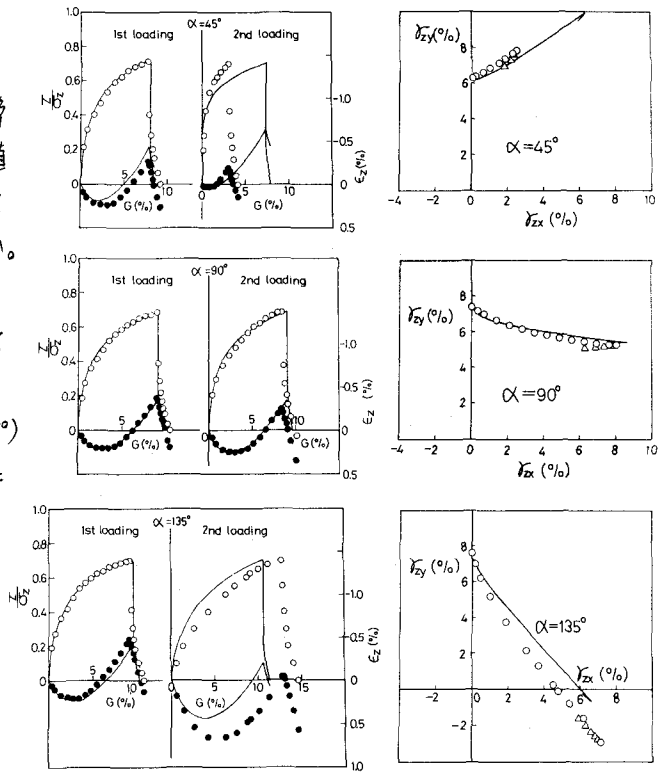


図-4 半径方向繰返しせん断試験結果と計算値

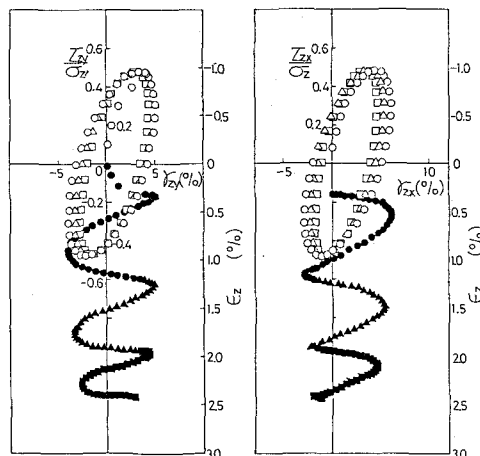


図-5 円径路せん断試験の
応力・ひずみ関係

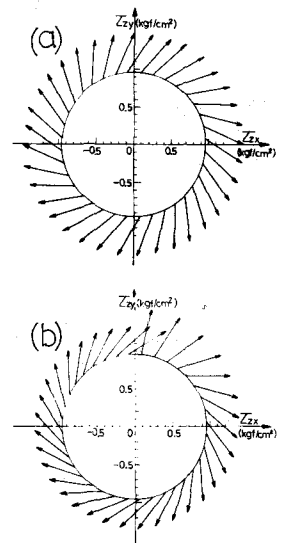


図-6 円径路せん断試験
のせん断ひずみ増
分の方向
(a) 実測値
(b) 計算値