

1. はじめに : 土のシンプルシア試験は, 三軸圧縮試験と比べ次の特徴を備えている。1) 主応力軸及び主増分軸は試験中固定せず回転する。2) 平面歪条件を満足し, かつ見掛けのせん断方向への伸び歪成分は0に等しい。このようなシンプルシア試験の優れた特徴は, 半面, 供試体の応力条件が不明確となる欠点をあわせ持っている。シンプルシア試験における供試体の応力条件を決定するために, 一般に主応力軸と主歪増分軸との一致を仮定することが多い。しかしすでに指摘したように<sup>(1),(2)</sup>、かくとも体積最小点以前において, この仮説は十分な妥当性を持たない。Oda and Konishi<sup>(1),(2),(3)</sup> (1974) は最大主応力軸方向と鉛直軸方向がなす角度を $\psi$ とし, 粒子間力の微視的考察から次式を得た。

$$\tau/\sigma_n = K \cdot \tan \psi \quad (1)$$

ここで $K$ は材料に固有な定数で, 初期間隙率 $e$ , 垂直応力 $\sigma_v$ などの実験条件に依存しない。図-2 に二次元光弾性丸棒及び Leighton Buzzard Sand<sup>(4)</sup> の二例について,  $\tau/\sigma_n \sim \tan \psi$  関係を示している。この研究報告において, 主応力軸は回転しかつ主歪増分軸とは一致しないという前提に基づき, シンプルシア試験における砂の stress-dilatancy 関係を新たに提案する。

2. Stress-dilatancy の理論式 (理論式の誘導は次回に譲り, 結果だけを示す) : 主歪増分 $(\dot{\epsilon}_1, \dot{\epsilon}_2)$ は, 粒子間接点におけるすべり変位に帰着できるものとし, また弾性変形の成分を無視することによって, 次式で与えられる。 $\dot{\epsilon}_1 = \frac{1}{2}(\dot{\epsilon}_x + \dot{\epsilon}_y) + \frac{1}{2\cos 2(\xi - \psi)}(\dot{\epsilon}_x - \dot{\epsilon}_y)$ ,  $\dot{\epsilon}_2 = \frac{1}{2}(\dot{\epsilon}_x + \dot{\epsilon}_y) - \frac{1}{2\cos 2(\xi - \psi)}(\dot{\epsilon}_x - \dot{\epsilon}_y)$  (2)  
 $\dot{\epsilon}_x, \dot{\epsilon}_y$  は主応力軸方向 (図-1 の X, Y 軸) の伸び歪増分。また $\xi$  は最大主歪増分軸 (Z') と鉛直軸 (V) とのなす角度 (図-1) で, シンプルシア試験の歪の境界条件から  $\tan 2\xi = -\dot{\gamma}/\dot{\epsilon}$  となる。すでに主応力比と粒状体の構造との間に成立すべき基本的関係式として次式を提案した。<sup>(2)</sup>

$$\sigma_1/\sigma_3 = S_x/S_y \cdot \tan^2(\frac{\pi}{4} + \frac{1}{2}\phi_\mu) \quad (3)$$

(3)式から, シンプルシア試験における砂の stress-dilatancy 関係として次式を得る。

$$\frac{t}{s} = \frac{\cos 2(\xi - \psi) \{ \tan^2(\frac{\pi}{4} + \frac{1}{2}\phi_\mu) - 1 \} - \dot{\nu}/\dot{\gamma} \{ \tan^2(\frac{\pi}{4} + \frac{1}{2}\phi_\mu) + 1 \}}{\cos 2(\xi - \psi) \{ \tan^2(\frac{\pi}{4} + \frac{1}{2}\phi_\mu) + 1 \} - \dot{\nu}/\dot{\gamma} \{ \tan^2(\frac{\pi}{4} + \frac{1}{2}\phi_\mu) - 1 \}} \quad (4)$$

ただし,  $t = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)$ ,  $s = \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3)$ ,  $\dot{\nu} = \dot{\epsilon}_1 + \dot{\epsilon}_2 = \dot{\epsilon}_x + \dot{\epsilon}_y$ ,  $\dot{\gamma} = (\dot{\epsilon}_1 - \dot{\epsilon}_2) = (\dot{\epsilon}_x - \dot{\epsilon}_y)/\cos 2(\xi - \psi)$ 。 (4)式中の  $\cos 2(\xi - \psi)$  は, 主応力軸と主歪増分軸の不一致に因る要素を表わしており, 両者が一致する場合は1に等しい。

3. Cole (1967)<sup>(4)</sup> の実験結果との比較 : Cole は Leighton Buzzard Sand のシンプルシア試験から, loose, medium, dense の各々について, 図-3, -4 に示す結果を得た。図中の実線は,  $\xi - \psi = 0$  とし  $\phi_\mu = 23^\circ$  とする (4)式を示し, また点線 A, B はそれぞれ  $\xi - \psi = 15^\circ, 20^\circ$  とする (4)式 (ただし  $\dot{\nu}/\dot{\gamma} > 0$ ) を示している。図-3, -4 から次のことが指摘できる。1) loose, medium 砂の場合, 実験値は  $\xi - \psi = 0$  とする理論式の傾向とほぼ一致する。このことから主応力軸と主歪増分軸との不一致は, 砂の stress-dilatancy 関係に基本的な影響を及ぼさないと判断できる。2) 特に dense 砂の場合, 実験値は理論曲線から多少はずれの傾向にある。これは供試体の変形をすべて粒子間のすべり変位にもとづくソ性変形とみなし弾性変形を無視したこと, および供試体の不均一変形などに原因するものであろう。

4. 参考文献 : (1) 小西, 小田 (1974) "粒状体のせん断における主応力軸の方向について" 第9回土質工学研究発表会, (2) 小田, 小西 (1974) 同上, (3) Oda and Konishi (1974) "Rotation of principal stress axes during simple shear test of granular material, Soils and Foundation (in preparation), (4) Cole (1967) "The behaviour of soils in the simple shear apparatus," Ph. D. Thesis, University of Cambridge

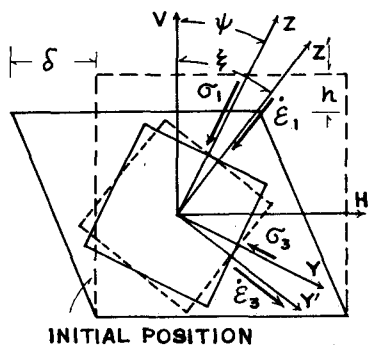


圖-1 主应力軸, 主应变分軸

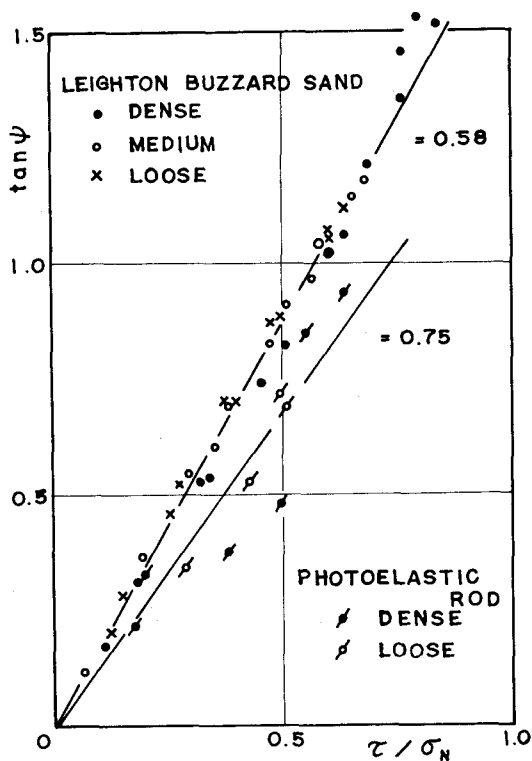


圖-2  $\tan \psi \sim \tau / \sigma_N$

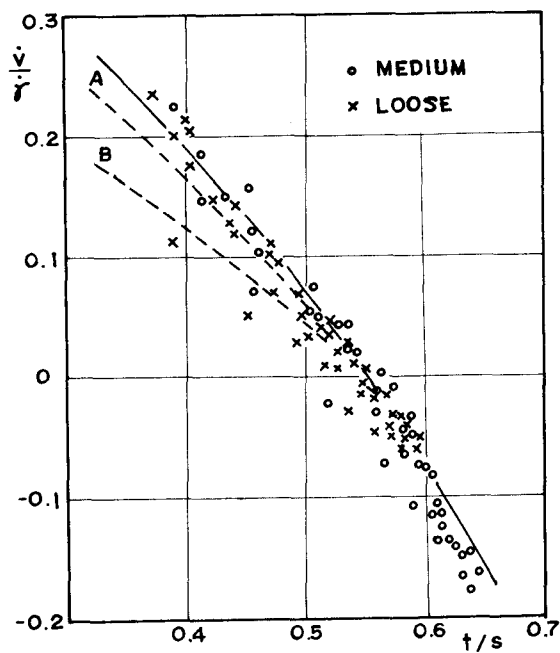


圖-3  $\dot{v} / r \sim t / s$

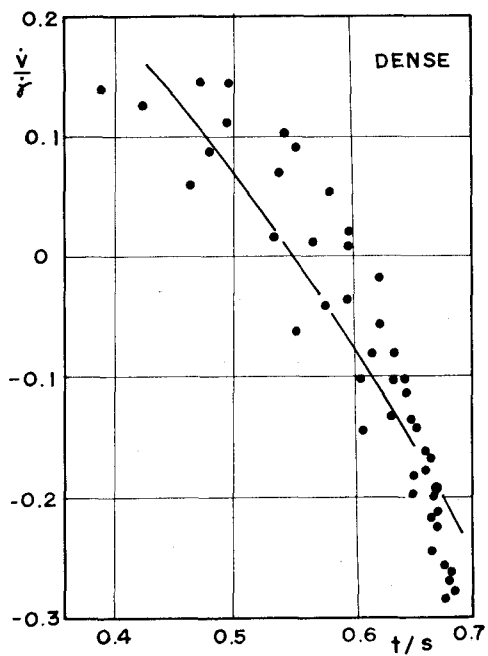


圖-4  $\dot{v} / r \sim t / s$