

せん断中の粒状体における主応力軸について

信州大学工学部 正会員 小西 純一

**1. まえがき** 一面せん断あるいは単純せん断試験において、せん断力を増加させてゆくと、主応力軸は回転する。Roscoeら<sup>1)</sup>は、砂の単純せん断試験によって、そのことを実証し、主軸回転の重要性を指摘した。一方、せん断時には、砂の構造 (fabric) は増大するせん断応力に抵抗するのに有利な形に変わってゆく。その過程は、村山・松岡<sup>2)</sup>、小西<sup>3),4),5)</sup>の二次元モデル実験あるいは小田<sup>6)</sup>の顕微鏡観察などによって示されたようになって、粒子接触角の分布の変化として表現される。

本報告は、著者がこれまでに行った実験結果に基づいて、主軸の回転と構造変化の関係を考察するものである。実験方法などは既報<sup>3),4)</sup>を参照願えれば幸である。

**2. 構造変化** エポキシ樹脂円柱形粒子 ( $\phi 6, 8, 10\%$ ) の二次元集合体が、単純せん断時に、いかなる構造変化を行なうかを示したのが図-2である。これらは図-1(a)に示した各せん断段階において、同図(b)に定義した粒子と粒子の接触角  $\theta_j$  を測定し、その分布の変化を示したものである。せん断が進むにつれて、分布の最大方向が回転していることがわかる。

表-1 ベクトル和の方向

$\gamma(\%)$	D 2 0	D 8 3.8	D 12 8.8	D 16 15
$\bar{\theta}^\circ$	-3.0	39.3	43.5	36.3
$\bar{\beta}^\circ$	-7.5	41.8	42.7	40.9

**3. 粒子間伝達力** 伝達力  $f_j$  の方向  $\beta_j$  を  $10^\circ$ ごとの区間に分け、各区間に属する伝達力  $f_j$  ( $\beta - \Delta\beta \leq \beta + \Delta\beta$ ) の和  $F_\beta$  の分布を示したのが図-3である。この分布のベクトル和の方向  $\bar{\beta}$  (図中に矢印で示す) は

せん断にともなって回転している。この方向に直交する仮想面を多数考え、この面上でのせん断力を求めると、数度のオーダのばらつきがあるが、ほぼ 0 (zero) となるので、 $\bar{\beta}$  の方向が最大主応力の方向とみなせよう。

**4. 構造変化と主応力軸の回転** 図-2, 3 の分布の最大方向をとりよると表-1 のようになる。 $\bar{\theta}$  と  $\bar{\beta}$  とはきわめて近い値をとっている。 $\bar{\beta}$  はほぼ最大主応力方向であるから、粒子接触角の分布は最大主応力方向に関して対称形となりかつ、この方向に長い方の軸が一致する。すなわち粒状体の構造変化は、最大主応力に対して最も有利なようになされることが明らかである。実際の砂について、小田<sup>6)</sup>が構造変化 (粒子接点における接平面の法線方向の分布を示す) を調べた例を図-4 に引用した。せん断前には法線方向の分布に方向性がみられないが、ピーク強度時には右上～左下の方向にかなり集中している。(図-2 の D 16 あたりに対応する)。小田が三軸応力状態における力の配分則を単純 (一面) せん断に適用し、主応力の方向を理論的に与えた結果が図中に P-P として示してある。法線の集中方向とよく一致している。著者の実験結果と対比して興味深い。<sup>7)</sup>

粒子間さつ角の発揮のされ方についても既報で触れた<sup>5)</sup>が、主応力軸を中心にして、発揮の方向が逆符号となる傾向にあり、かつ critical な状態の接点は少なく、遂に 0 付近にかなり集中している。ここにも主応力軸の重要性の 1 つがあるように思われる。

**謝辞** データを引用させていただいた小田匡寛氏に謝意を表します。なお科研費(奨励)の補助を受けた。

**参考文献** 1) Roscoe et al (1967): Proc. Geot. Conf. Oslo, 2) 村山・松岡 (1970): 京大防災研年報 13B など, 3) 小西 (1973): 第1回土質工学研究発表会, 4) 小西 (1973): 信大工学部紀要 34, 5) 小西 (1973): 土木学会年次学術講演会, 6) 小田 (1973): 土木学会年次学術講演会, 7) 小田・小野寺・小西 (1973): 第4回岩の力学国内シンポジウム

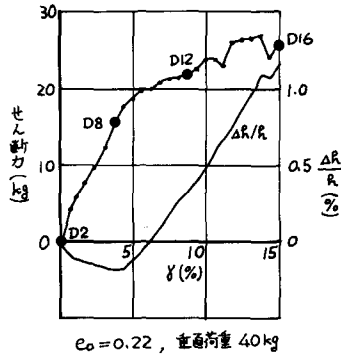


図-1(a) せん断力-せん断ひずみ曲線

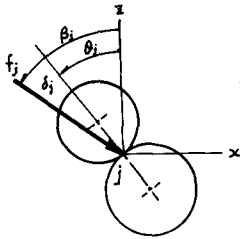


図-1(b) 粒子接触角  $\theta_i$   
粒子間伝達力  $f_i$

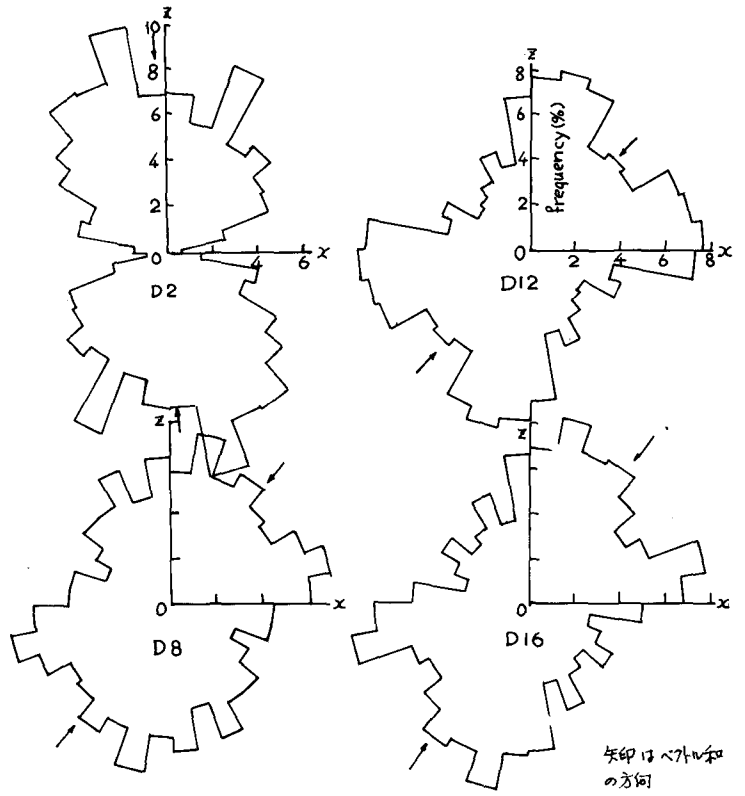


図-2 粒子接触角の頻度分布 (図-1(a)の●印点)

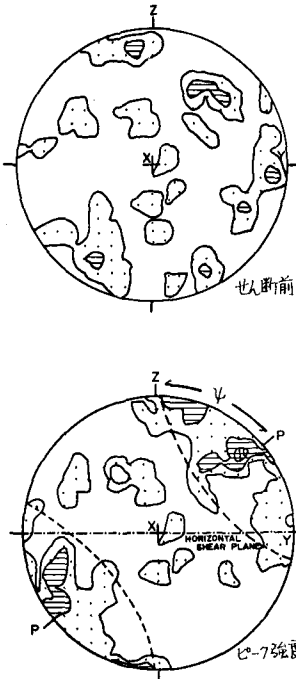


図-4 砂の構造変化(小田<sup>6)</sup>)

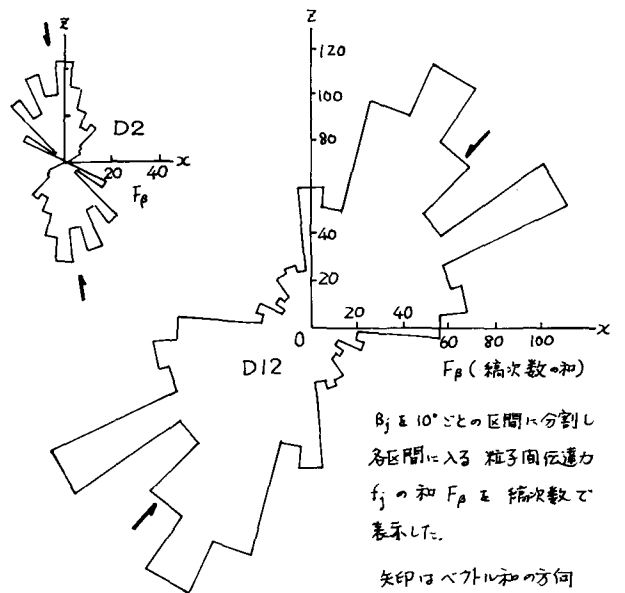


図-3 粒子間伝達力の分布