

信州大学 工学部 正会員 小西 純一

1. まえがき 著者は、エポキシ樹脂円柱形粒子の二次元集合体を用いて、単純せん断試験を行ない、光弾性を利用して、粒子間伝達力を測定した。その結果はすでに報告した^{1),2)}が、粒子間伝達力について、さらに若干の考察を行なったので報告する。実験方法などについては、前報も参照されたい。

2. 粒子接触角の頻度分布および粒子間伝達力の分布

せん断ひずみとの各段階で撮影した、光弾性等色線写真よりせん断に伴う接触角や伝達力の変化を調べた。写真-1に光弾性写真を示す。伝達力は接触点近傍の縞次数に比例している。力は左上から右下方へ向って多く伝達されているのが観察される。ある接触点 j における粒子接触角 θ_j および粒子間伝達力 f_j の方向 β_j を時計回りを正として、図-1のように定義する。一般には θ_j と β_j とは等しくなく、 $\beta_j - \theta_j \equiv \delta_j$ なる粒子間すべり角が発揮された状態にある。

接触角 θ_j の頻度 n_θ を 10° ごとの区間で測定したものを図-2に示す。 θ に対して n_θ を半径方向に表示してある。〔なお、測定は粒状体中央部1/6面積内の0.5次以上の縞次数を生じている接触点を対象としている〕せん断前($\gamma=0\%$)とせん断中($\gamma=8.8\%$)とで、接触面の傾きの方向性が変化していることがわかる。

次に、伝達力の方向 β を 10° ごとの区間に分け、各区間に入る伝達力 f_j の和 $F_\beta = \sum f_j$ ($\beta_j = \beta_k \pm 5^\circ$)

をベクトル的に表示したのが図-3である。 θ_j の頻度と同様に、せん断に伴って、 F_β の最大方向の回転が生じており、

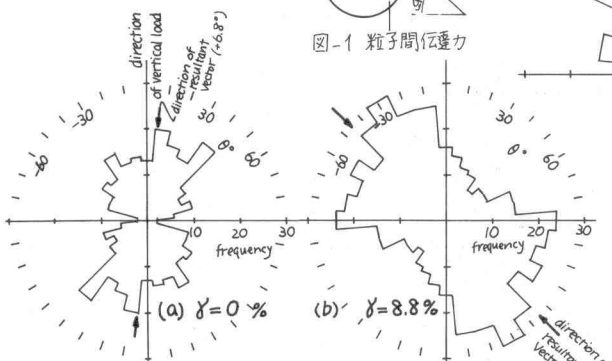


図-2 粒子接触角の頻度分布($e_0=0.22$) θ_j の頻度 n_θ を 10° ごとの区間で測定

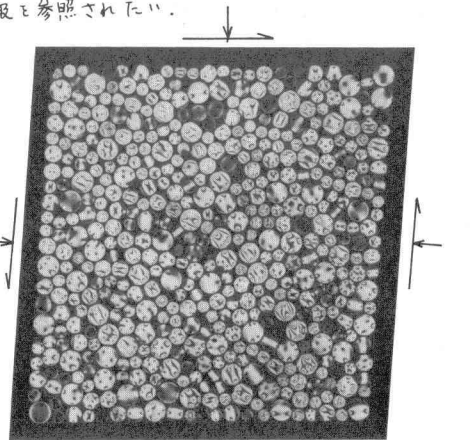


写真-1 伝達力の発生状況($\gamma=8.8\%$ $e_0=0.22$)

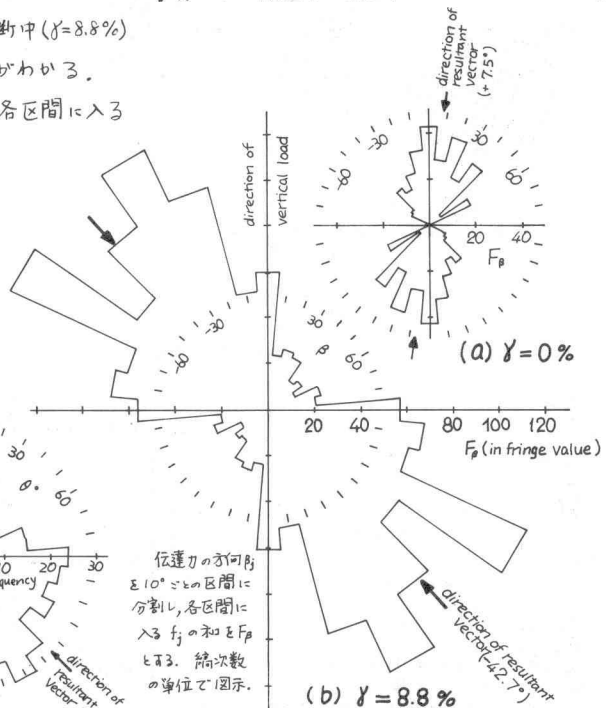


図-3 粒子間伝達力の分布($e_0=0.22$)

同時に、その大きさが小さくになっている。次表は、 n_0 のベクトル初の方角 $\bar{\theta}$ と F_0 の分布のベクトル初の方角 $\bar{\beta}$ がせん断に伴って変化することとを示したものである。 $\bar{\theta}$ と $\bar{\beta}$ とは、非常に近似した値となっていることがわかる。

γ %	0	3.8	8.8	15
$\bar{\theta}^\circ$	6.8	38.7	44.9	49.4
$\bar{\beta}^\circ$	7.5	41.8	42.7	49.1

次に粒状体内に $\bar{\beta}$ の傾きを持つ仮想面を考え、この面とはさんで反対側にある粒子同士の接触点における伝達力(図-4)をベクトル的に合成すると、仮想面の位置によって多少の(±7°程度)の変動があるが、平均的には、合ベクトルは、この面に直交することがわかった。すなわち、上に述べた、 $\bar{\beta}(\approx \bar{\theta})$ は最大主応力の方向を示している。

3. 粒子間まっさつ角について

接触点において接触角 δ_j と伝達力の方向 図-4

β_j が等しくない場合には、粒子間まっさつ角 δ_j が発揮される。発揮されたまっさつ角が物理まっさつ角 δ と等しくなれば、すべりが生じる。 δ_j が大きい接触点ほど、すべりが生じやすい状態であり、逆に伝達力を有効に支持できる接触点は δ_j が小さいであろう。

図-5は δ_j を5°ごとの区間に分け、各区間に入る f_j の和 $F = \sum f_j$ ($\delta_j = \delta_k \pm 2.5^\circ$)を図示したものである。分布は、 γ 如何にかかわらず、0°を中心にほぼ対称形となっており、 $\delta_j = 0^\circ$ の接触点数が、最も多く伝えており、 $\delta_j = \delta$ (物理まっさつ角、ここでは約20°)となっている接点では、おぼつかの力しか伝達していないことを示している。

図-6は、接触角 δ_j と発揮されたまっさつ角 δ_j との相関を調べてみたものである。一点サ一つの接点を表わしている。 $\delta_j \approx 0^\circ$ の近傍に点が集中していることはすでに述べた^{1),2)}が、 $\bar{\theta}$ 線(破線: 最大主応力方向を示している)と $\delta = 0$ の交点に関して、分布は点対称となっているようである。このことは、主軸と中心にして、伝達力はこの軸から離れる方向に伝えられるものが多いことを示している。

4. まとめ せん断に伴う接触角分布の変化や粒子間まっさつ角の発揮は、主応力軸の回転と密接な関係にあることがわかった。これらの事実をもとにして、せん断に関する新しいモデルと模索している。

参考文献 1) 小西純一: せん断変形中の粒状体における粒子間

伝達力, 第8回土質工学研究発表会, 昭48.6 2) 小西純一: 微

視的にみた粒状体のせん断過程, 信工工学部紀要, 昭48, 投稿中。まっさつ角 δ_j の相関

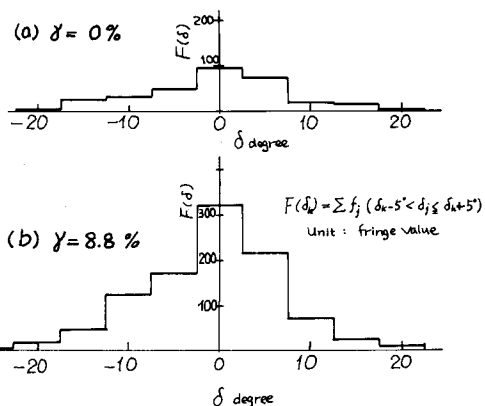
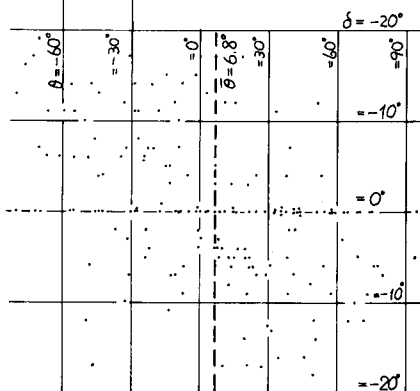
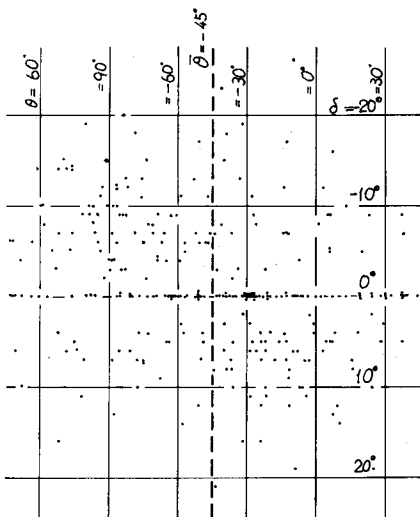


図-5 発揮された粒子間まっさつ角($\delta_j = \beta_j - \theta_j$)と粒子間伝達力の大きさの関係($e_0 = 0.22$)



(a) $\gamma = 0\%$



(b) $\gamma = 8.8\%$

図-6 粒子接触角 δ_j と発揮された粒子間まっさつ角 δ_j の相関