

東北大 学生員 ○宮地 陽輔
 , 正会員 佐武 正雄
 , “ 新聞 茂

1) まえがき

粒状体の力学特性を、その微視的レベルに着目し、明らかにしようとする試みは、近年、⁽¹⁾⁽²⁾ 幾つかなされてきたが、応力～歪～ダイラタンシー関係や、応力、歪、歪増分の各主軸の共軸性、あるいは粒状体の変形機構などはいまだ十分に解明されていない。著者は、粒状体の2次元モデルを用いた光弾性二軸圧縮試験を行ない、その光弾性写真をもとに微視的レベルの応力、歪の解析を行なった。本報告は、応力～歪～ダイラタンシー関係や、変形に伴う応力と歪増分の主軸の回転など、粒状体の変形機構を考察したものである。

2) 実験装置及び方法

光弾性材料であるエポキシ板(15mm厚)から特製中空カッターにより、 $\phi 8\text{mm}$ 、 $\phi 10\text{mm}$ 、 $\phi 12\text{mm}$ の粒子をくりぬき、1:1に配合したものを試料として用いた。試料寸法は170mm×約250mmで、粒子個数は総数で約450個である。二軸圧縮試験機に試料をつめ、光弾性装置にセットした所を図1に示す。試験機に各可動板が滑らかに平行移動するように工夫されている。実験は、試粒をランダムに詰め、拘束荷重を一定(10kg)として、上部の載荷板を一定速度で変位させて行ない、各可動板の変位はダイヤルゲージで、荷重はブルーヒンクリングで測定した。さらに変形段階ごとに、光弾性等色線を写真撮影し、解析材料とした。解析に用いた試料は初期間隙比が $e_0 = 0.255$ で、この種の配合では、比較的Looseなものと考えられる。

3) 解析方法

内部領域を設定したときの平均的応力、平均的歪を微視量とした。微視的応力は、境界上の粒子間力 T_m とその座標 x_m により

$$\bar{\sigma}_i = \frac{1}{V} \sum_m x_m T_m \quad (1)$$

と定義した。⁽³⁾ここに V は領域の体積、 m は境界の接点を表わす。

微視的歪は、内部の粒子重心の変位 u_i と、試料全体重心に対するその粒子重心の座標 x_i により平均的変位勾配

$$\bar{u}_i = \frac{1}{N} \sum_n u_i x_i / \sum_n x_i^2 \quad (2)$$

の材料成分として定義した。⁽⁴⁾ここに N は粒子個数、 n は内部の重心を表わす。

領域は、試料重心を中心とする全領域(I)、 $1/2$ 領域(II)、 $1/4$ 領域(III)、とし(図4参照)、領域内に重心のある粒子と、領域内の粒子との接点を境界が通るものと考えた。

4) 実験結果及び考察

巨視的な応力～歪～ダイラタンシー関係を図2に示す。図中の矢印は写真の撮影位置である。これらの曲線は、粒状体の変形特性をよく示しており、実際の砂と類似なものとなっている。例として解析に用いた変形段階5の写真を図3に示す。

各領域の微視的応力～歪～ダイラタンシーの関係を図4に示す。微視的レベルでも、前述した2つの状態で変性状が変っているのがよ

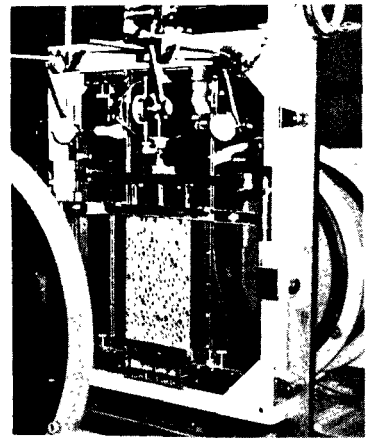


図 - 1

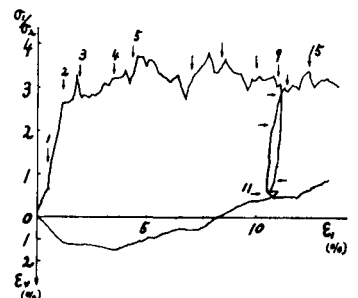


図 - 2

くわかり、変形段階4まで類似な応力状態にあるのが、変形段階5から9までは内部領域Ⅲに応力低下が生じて体積が増加しているので、外部に較べ変形が進んでいると考えられる。また、変形段階11以降は再載荷により応力が一様に近づくのが見られる。

主軸の回転に関しては、歪の主軸は全ての領域で余り変化しないが、図5からわかるように応力歪増分の主軸の方には変化がみられる。しかるに、応力歪増分の面主軸の対応はよく、変形段階2～5では面主軸が近づく。塑性流動時には領域Ⅰでは面主軸がよく一致するが、領域Ⅲでは一致しないことがわかる。これは、変形段階2～5では歪硬化の異方性が次第に解消されるが、塑性流動時には各領域ごとに変形が異なるためと考えられる。

各変形段階における接触角分布の例を図6に示す。図6(b)は接点に生じる繰回数と重みとして図6(a)を修正したもので、分布のピーク付近が強調されるのがわかる。また初期に見られる2方向のピークが、変形段階2～5には片側で大きくなり、塑性流動時にはピークの幅が広がるのが特徴的である。また、主応力方向はほぼ図6(a)のピーク方向にあるが、若干ずれている様に見られる。

5) あとがき

本報告は、2次元モデルを用いた光弾性二軸圧縮試験を行ない、撮影した光弾性写真をもとに微視的な応力、歪の解析結果を示し、若干の考察を行なったものである。その結果、応力、歪増分の面主軸は塑性流動以前では、除々に近づくが、塑性流動時になっても内部領域では一致しないものと思われる。また接触角分布の卓越方向で粒子間力が大きくなり、主応力方向に近いことなどがわかった。実験を行なうに当り御協力いただいた本学土木工学科の実験力学研究室の諸氏及び石塚昌志君に謝意を表します。

- 参考文献 1) Oda, Konishi, S & F, Vol. 14, No. 4 (1974)
2) de Jong & Drescher, J. Mech. of Phys. Solids, Vol. 20 (1972)
3) 高橋・岸野・宮地, 年報概要, Ⅲ (1977)

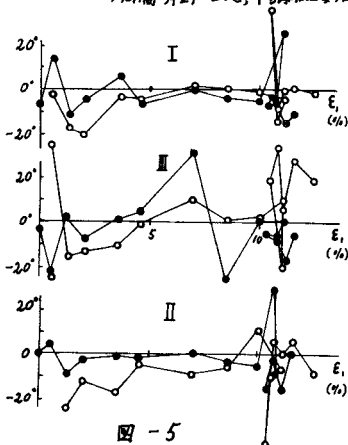


図-5

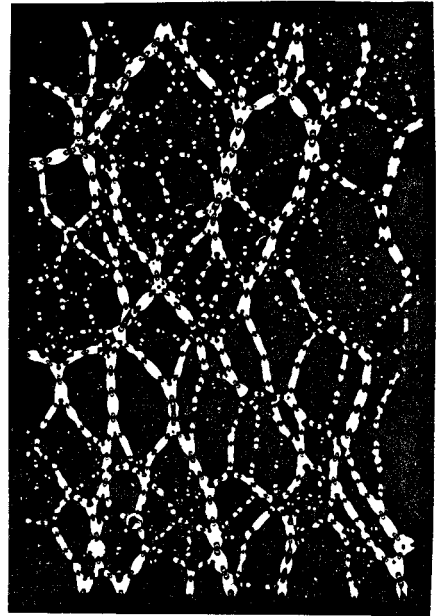


図-3

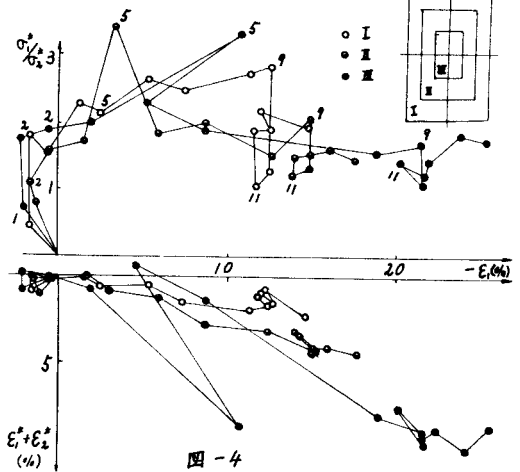


図-4

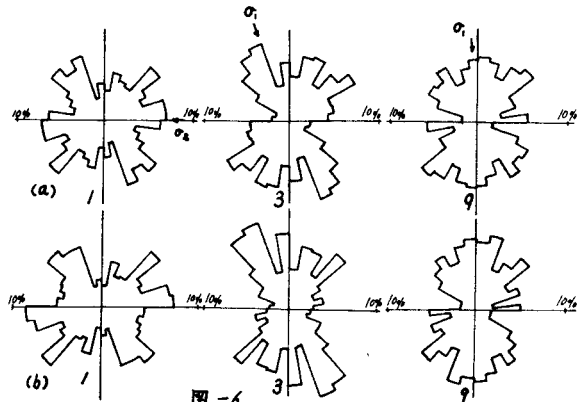


図-6