

北海道開発庁 正会員 宮地 陽輔

東北大学工学部 〃 佐武 正雄

〃 学生員 石塚 昌志

1) まえがき

粒状体の力学特性を、その微視的レベルから明らかにしようとする試みは、近年、砂粒子を樹脂で固め、スライスして観察する方法や、粒状体の小円柱二次元モデルを用いる光弾性実験により、かなり進歩したと思えるが、まだ十分には解明されたとは言えない。著者は、両側面の加圧板が可動な装置を用い、光弾性二軸圧縮試験を行ない、各変形段階ごとに撮影した光弾性写真に基づいて微視的解析を行なった。本報告は、こうした解析の若干の結果を、粒状体二次元モデルの圧縮過程における応力～歪～ダイラタンシー関係と応力～歪増分の主軸の回転性など粒状体の力学特性の考察を行ったものである。

2) 実験および解析方法⁵⁾

光弾性材料であるエポキシ板(15mm厚)から、特殊カッターにより $\phi 8\text{mm}$, $\phi 10\text{mm}$, $\phi 12\text{mm}$ の円柱粒子をくりぬき、1:1:1に配合し、170mm×250mmの試験機試料域にランダムに詰め、粒子個数は総数で約450個である。試験機は、水平方向で拘束し、垂直に載荷する二軸圧縮試験機で、鋼製の両側拘束板及び載荷板は、滑らかに平行移動するように工夫されている。実験は拘束荷重を一定(片側10kgずつ)とし、上部より載荷板を一定速度で変位させて行ない、変形段階ごとに写真撮影をして解析試料とした。

解析は、内部領域を設定した時の平均的応力、平均的歪を微視量として求めた。解析領域は、試料重心を中心とする全領域(Ⅰ)、1/3領域(Ⅱ)、1/9領域(Ⅲ)、とし(図-3参照)、領域内に重みのある粒子と、領域外の粒子との接点を境界が通るものと考えた。

なお、今回解析に用いた試料は初期空隙比が、 $e_0 = 0.255$ でこの種の配合では比較的Looseなものと考えられる。

3) 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-1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-2に示す。

各領域の微視的応力～歪～ダイラタンシー関係を図-3に示す。微視的レベルにおいても、図-1に見られる弾性的な部分と塑性流動部分と、2つの状態で変化性状が変わっているのがよくわかる。変形段階4まで、3つの領域はいずれも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著しく増加しているので、外部に比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。

応力～歪増分の両主軸の回転を図-4に示す。歪主軸はいずれの領域においても $\pm 5^\circ$ 程度の面度しか変化しなかったが、応力～歪増分の両主軸は変化が見られる。しかるに両主軸の対応はよく、変形段階2から5にかけて両主軸が近づくのが見られ、それ以降、特に全体領域(Ⅰ)では両主軸がほぼ一致するが、内部領域(Ⅲ)では必ずしも

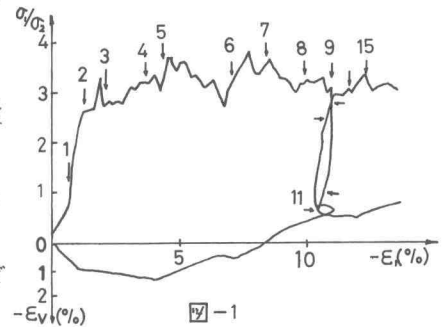


図-1

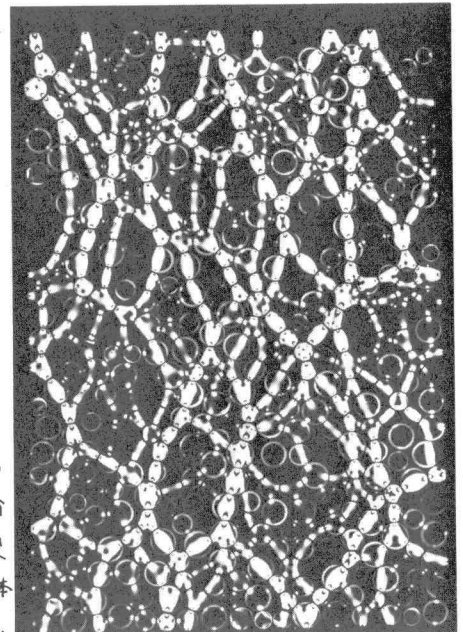
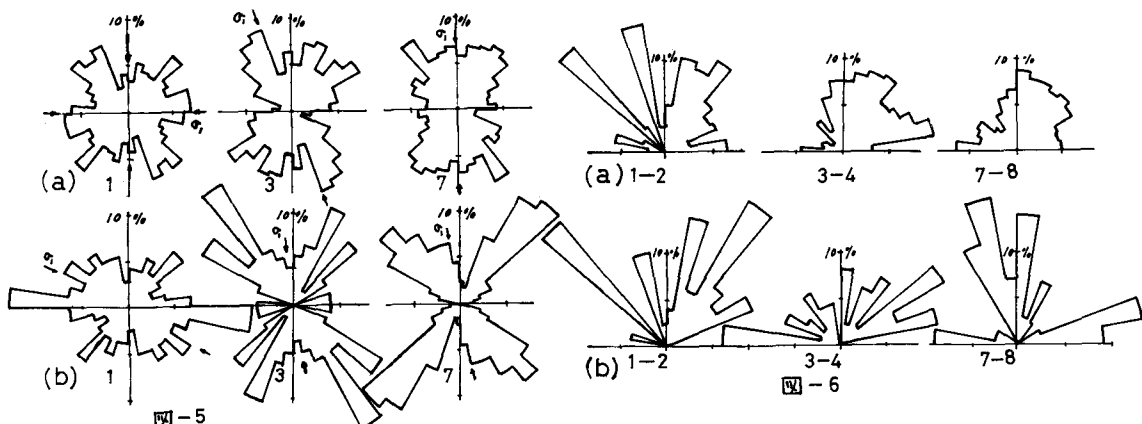
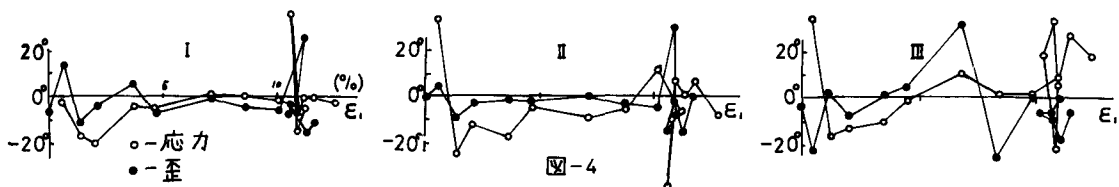
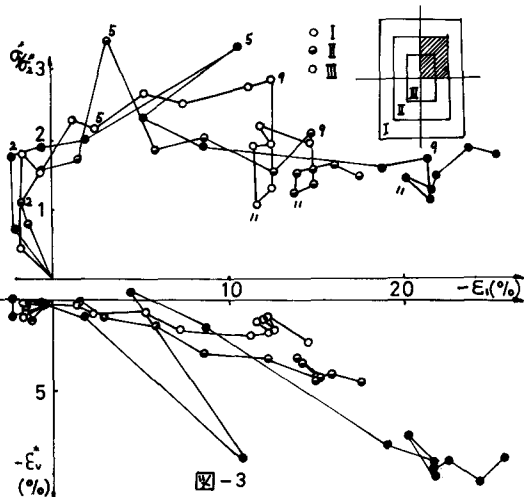


図-2

一致していない。これは変形段階2~5では、歪硬化の異方性が徐々に解消され、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-5に示す。図-5(b)は領域IIのうちの右上1/4領域(図-3の斜線で示した領域)における接触角分布である。接触角分布はいずれの領域でも変形段階3までは、その分布があまり変化しないのが、それ以降一様分布に近づくのが観察された。また接点に生じる繰り数を重みとしてこれらの図を修正すると、ピークが強調され、接触角卓越方向の接点に大きな粒子間力が働くことがわかる。また、主応力方向はほぼピークの方角にあるが、ややずれているように思える。

粒状体全体重心を不動点と考えて、得られる粒子の変位方向分布を図-6に示す。図-6(b)は前図と同様にIIの1/4領域についてである。接触角分布が概して2つのピークを持つのにに対し、変位方向分布は1つのピークを持ち特にその傾向は塑性流動時に顕著である。また塑性流動時はピークが左右交互に生じており、こうした傾向は、変位量を重みとして分布を修正するとさらに顕著になる。



4) あとがき

粒状体の光弾性二軸圧縮試験を行ない、撮影した光弾性写真に基づいた解析結果を示し、若干の考察を行なったものである。その結果、応力と歪増分の両主軸は対応が良く、塑性流動以前では徐々に近づくが、塑性流動時に、でも内部領域では一致しないと思われる。また、接触角分布の卓越方向の接点に大きな粒子間力が働き、主応力方向に近いこと、などがわかった。最後に、本研究を行なうに当たり実験装置の設計や解析項目などについて御指導いただいた東北大学土木工学科助手、新岡茂氏に感謝いたします。

参考文献 1) M. Oda, Soils & Foundation, vol. 12, No. 2, pp. 1-18, 1972; 2) A. Drescher & G. De Josselin, De Jong, J. Mech. of Phys. Solids, Vol. 20, pp. 337-351, 1972; 3) H. Matsuoka, Soils & Foundation, vol. 14, No. 1, pp. 21-43, 1974; 4) M. Oda & J. Konishi, Soils & Foundation, vol. 14, No. 4, pp. 25-53, 1974; 5) 佐武・新岡・宮地, 土木東北支部発表概要 (1978)