

粒状体の光弾性純粋せん断実験について

東北大学工学部 学生員 石坂 昌志
同上 正員 佐武 正雄
同上 正員 新関 茂

1. まえがき

粒状体の光弾性モデル実験は、粒状体の内部構造を微視的レベルで解析するのに最も有効な手法の一つであると考えられる。著者らは、これまで粒状体モデルに対する光弾性二軸圧縮試験を行ない、応力主軸の回転、接触角分布、粒子回転角分布等に関して解析してきた。

しかしながら、二軸圧縮試験とせん断試験では、変形機構などが異なることも考えられる。粒状体のせん断変形機構の検討を行った研究には、小西、松岡等による単純せん断試験によるものがあるが、本研究は純粋せん断試験を行い、粒状体の変形機構の解析を行う、そのものである。

2. 実験方法

実験に用いた二次元せん断装置を図-1に示す。せん断機は、内枠と外枠とからなる二重構造を持ち、内枠は外枠に対し平行性を強制されるのみで、各辺は独立して移動することが可能となっている。その結果、内枠の中に詰められている粒状体モデル(約 $21\text{ cm} \times 21\text{ cm}$)には、純粋せん断が加えられる。モデル粒子はエポキシ樹脂による $\phi 8^{\text{mm}}$, 10^{mm} , 12^{mm} の小粒を用い、配合は重量比で $1:1:1$ 、総数で469個をランダムに詰めた。拘束荷重は内枠一辺当りに 20 kg と一定にした。試料の初期間隙比は $e_0 = 0.294$ であり、かなり密な状態となっている。せん断は、試験機の特性上、等方圧縮状態からのせん断が不可能であるため、単純せん断状態(上板のみ自由)である程度のせん断($\gamma_0 = 2\%$)を与え、その時点を経点として扱った。せん断変形は一定速度で行ない、光弾性写真の撮影も同時に行なった。

3. 実験結果及び考察

図-2に巨視的せん断歪～せん断力～体積歪関係を示す。図中の矢印は写真解析をした点を表す。これより、純粋せん断の場合でも、本研究の二次元粒状体形状のモデルとして一応妥当であると言える。微視的解析に用いた光弾性写真の例を図-3に示す。応力経路の方向が対角線の一方向に配向している様子が見られる。内部領域として中心から半径 80^{mm} の円形領域を取った場合の平均的応力比～ダイレイタンシー関係を図-4に示す。死

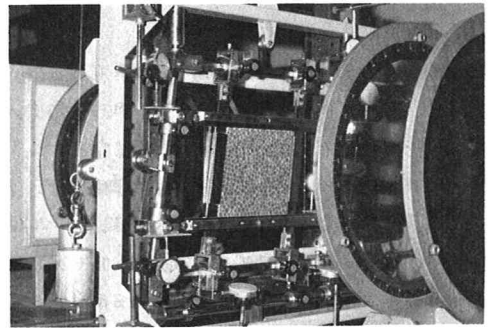


FIG. - 1

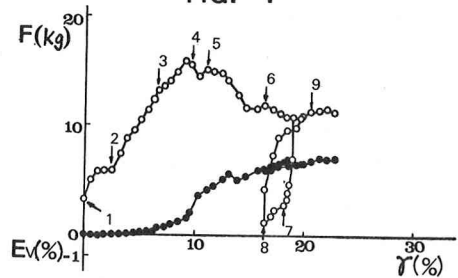


FIG. - 2

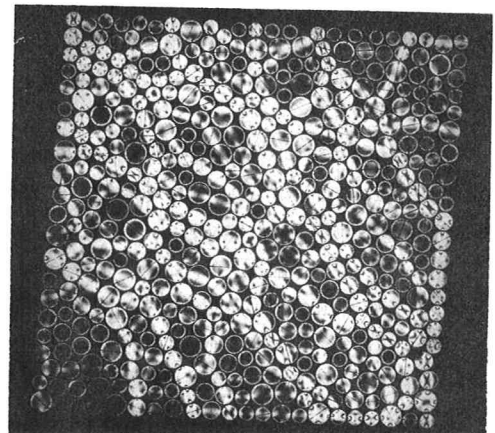


FIG. - 3

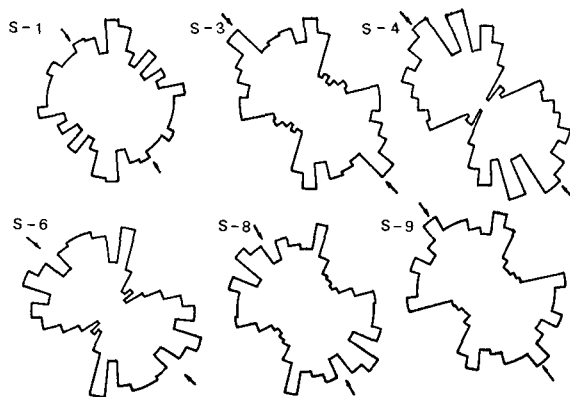


FIG. 4

領域であると考えられる中心領域を除いた残りの領域ではほとんど同じような傾向の曲線となっている。これは、領域の差異が顕著に表われる二軸圧縮試験の場合と対照的をなしている。すなわち純粋せん断試験では二軸圧縮試験の様な領域の分割は起らず、全領域でほぼ均等にせん断変形をなしていると考えられる。図-4は、各変形段階における接触角分布をロセットダイアグラムで表わしたものである。図中の矢印は平均的応力の方向により求めた応力主軸の方向を示す。S-1ではほぼ等方的であるのに対しS-4と応力レベルが増すにつれてピークが顕著となり集中度も増し異方性も増大する。最大強度以降では、応力レベルの低下に伴ってピークの集中度も下り異方性の低下がみられる(S-6)。除荷・再載荷後では、凹凸の少ない安定した構造を示す(S-9)。またピーク方向と応力主軸はほぼ一致するようであるが若干のずれがみられる。回転角の度数分布を図-7に示す。

二軸圧縮試験の場合と同様に0°のピークをゼロが、分布が負の方向にまたがり右回転している粒子が多いことを示している。これは、せん断の方向の影響によるものと考えられる。また、せん断変形においても、90°近くまで回転している粒子がある事が解る。応力率・歪増分の主軸の回転を図-6に示す。せん断変形が加わるに従って応力主軸が回転しているの状況がみられる。応力主軸と歪増分主軸は、強度低下に当る部分(S-5~7)で若干ずれるが、その他の部分ではかなりよく一致しているが認められる。また、著者ら・小西・松岡らによる単軸せん断試験と同様な条件での実験を行ったが、単軸せん断では純粋せん断の場合より横軸方向の拘束の影響が大きいことが観察された。

4 あとがき

二次元粒状体モデルの光弾性純粋せん断実験による光弾性写真を用いて、平均的応力・平均的歪の解析結果や内部構造を表わしているときみられる接触角分布・回転角分布等を求め、若干の考察を行った。この結果から純粋せん断試験機において、せん断変形に伴い応力主軸の回転が起る。応力主軸と歪増分主軸は強度低下する部分を除きよく一致する。接触角分布のピークは応力主軸とはほぼ一致する様であるが、若干のずれが存在する。接触角の分布形状は、応力レベルが増大するとピーク集中度が起り、応力レベルの低下に伴いピーク集中度も低下する。粒子回転のピークは0°にあるが、分布形状は二軸圧縮の場合と異なり左右対称にはならない。かなりの回転を示す粒子も認められる、という事などが解った。本実験を行うに当たり協力していただいた本学4年生、柴田一之君に心から謝意を表します。本研究は昭和53年度科学研究費(試験研究(2)課題番号3851337)の補助を受けて行ったものである。

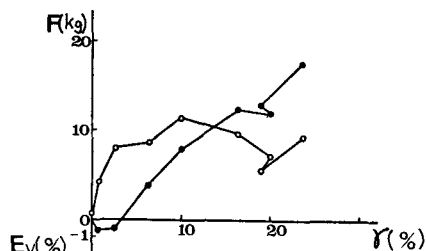


FIG. 5

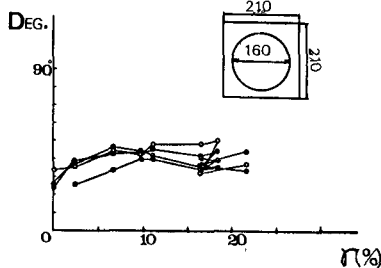


FIG. 6

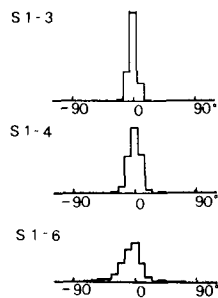


FIG. 7