

東北大学大学院 学生員 熊坂 博夫  
 東北大学工学部 正員 佐武 正雄  
 同上 正員 新関 茂

### 1. はじめに

粒状体の構成法則を考える場合、応力テンソルと歪増分テンソルの共軸性に関する研究は、最も基本的で重要な問題の一つであると考えられる。本文は光弾性粒状体モデルを用いた単純せん断試験により、応力テンソルと歪増分テンソルの主軸の方向の解析を行ない、他の研究者らの結果と比較し考察を行なったものである。

### 2. 実験及び解析結果

実験に使用した単純せん断試験装置は、内枠と外枠からなる2重構造を持ち、各辺は独立して平行移動することが可能なもので、著者らが昨年度の研究に使用したものと同じである。図-1は単純せん断試験より得られるせん断力～せん断歪～ダイレイタンスーを示したものである。応力テンソルは、試験機の拘束内枠と接する粒子の接触力より、de Jongらの平均的応力の手法により解析した。また、歪増分テンソルは、試料領域と接する内枠の4頂点の相対座標からGreenの歪テンソルを計算し、各解析点の前後の歪増分テンソルを平均して求めた。図-2は、上述のように解析した図-1に対応する応力テンソルと歪増分テンソルの主軸の回転を示したものである。

### 3. 考察

図-2の解析結果は、歪硬化過程では歪軟化過程に比べ、両主軸方向差は大きい。除荷及び再載荷を行なった場合を除き、両主軸の方向はほぼ一致する傾向にあることを示していると考えられる。図-3は著者らが昨年行なった試料内部の円形領域から求めた応力比～せん断歪～ダイレイタンスー関係であり、図-4はこれに対応した内部領域内の応力テンソルと歪増分テンソルの主軸方向の回転を示したものである。図-4に示される様に、内部領域では、歪硬化・歪軟化過程及び除荷時においても急激な両主軸の方向の変化がなく、両主軸は良く一致しているのが観察される。以上より、図-2の除荷、再載荷時に、両主軸が全く一致しないのは、試料と接している枠が内部領域の応力や変形の急激な変化に追従できないことによるものと考えられる。

Roscoeら<sup>3)</sup>は、単純せん断試験機を用いて砂のせん断過程における応力主軸と歪増分主軸方向の回転について研究し、歪硬化過程の間隙比が減少する初期の部分では両主軸は一致しないが、それ以後の間隙比が増加する部分では一致することを示している。また、Arthurら<sup>4)</sup>は、砂の立方体の試料の面に一様なせん断応力と圧縮応力を与えることのできる平面歪試験装置を用いて、応力主軸の方向を回転させたとき、応力と歪増分テンソルの主軸が良く一致することを示している。

RoscoeらとArthurらの試験では、歪の測定方法が異なっている。すな

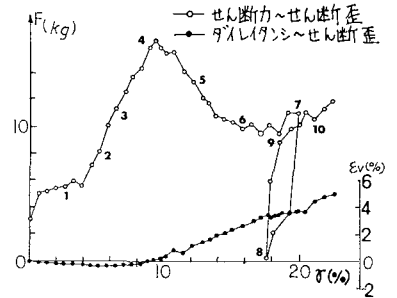


図-1

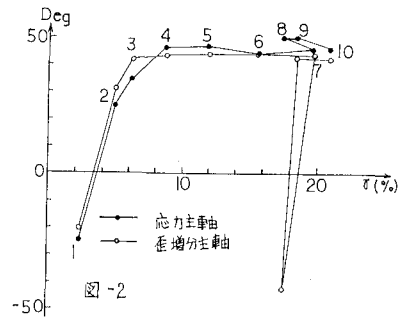


図-2

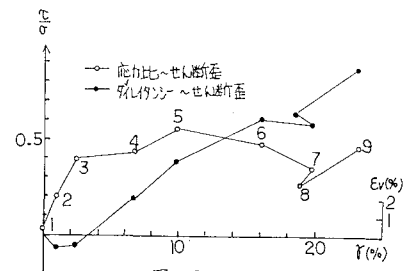


図-3

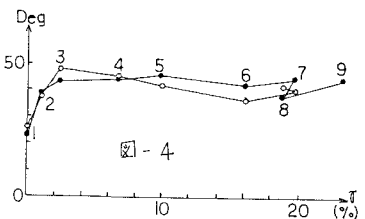


図-4

わち、Roscoeらは、歪を枰の変位より求めているのに対し、Arthurらは、試料内のマーカーの初動から平均的歪を求めている。Roscoeらの実験は、本研究における枰からの変位の解析と同類であり、Arthurらの実験は、内部領域からの解析方法に対応すると考えられる。以上より、Roscoeらの実験結果が初期で共軸性を示さないのは、枰が内部の砂の変形に追従していないためであると説明できる。

一方、Drescher & de Jong<sup>2)</sup>、小田と小西<sup>5)</sup>らは、光弾性実験を行ない、応力テンソルと歪増分テンソルに共軸性がないことを示している。これは、試料の変形に対する拘束条件によると考えられる。写真-1及び写真-2は、それぞれ拘束条件が4辺とも独立に平行初動可能な単結せん断試験装置(4辺自由単結せん断試験装置と呼ぶ)及び上辺の枰のみが初動可能で他の枰はヒンズで結合されている小田・小西らが使用したと同様な試験装置(3辺拘束せん断試験装置と呼ぶ)を用いて、等粒径の粒子を hexagonal packing した粒状体モデルの単結せん断試験を行なった光弾性写真を示したものである。写真-2より明かなように、3辺拘束せん断試験の中では、傾り方への粒子初動が拘束されるために、横方向の粒子間伝達力が大きくなるが、体積増加に伴う粒子の初動は全体的に上方にだけ許容されることにより応力テンソルと歪増分テンソルの主軸の方向は一致しなくなると考えられる。同様に Drescher & de Jong の実験についても、枰の拘束が影響していると考えられる。

#### 4. あとがき

上記の考察より、枰と試料との追従性及び解析誤差は本研究における応力及び歪増分テンソルには、共に最大約10%であると考えられる)を考慮すれば、応力テンソルと歪増分テンソルは共軸性を有するものと考えられる。全試料領域を対象とし、枰から解析を行なう場合、応力や変形が急激に変わるところでは、両主軸方向が一

致しない。そのため、砂などの単結せん断試験においては、枰からの歪のみを測定するのではなく、試料内部の平均的な応力や歪を求める必要があると考えられる。小田・小西らの3辺拘束の単結せん断試験では横方向の拘束の影響が大きく、そのため共軸性を示さなかったものと考えられる。上記より、応力テンソルと歪増分テンソルの主軸の方向は歪の測定方法、枰の拘束条件から大きな影響を受けることがわかる。

本実験を行なうにあたり、協力していただいた昭和55年度本学部卒業生橋本透君(現在仙台市)に謝意を表します。また、本研究は昭和55年度科学研究費(試験研究(2) 課題番号58514)の補助を受けて行なったものである。

(参考文献) (1)石塚俊武新聞:土木学会年次学術講演会講演概要集, III, pp. 33~34, 1980 (2) Drescher, A & De Josselin de Jong, G: J. Mech. Phys. Solids, vol. 20, pp. 337~351, 1972 (3) Roscoe, K. H., Basset, R. & Cole, E. R, L: Proc. Géotechnical conf. pp. 231~237, 1967, (4) Arthur, J. R. F., Chua, K. S. & Dunstan, T., : Géotechnique, vol. 27, pp. 13~30, 1977, (5) Oda, M & Konishi, J: Soils and Foundations, vol. 14, No. 4, pp. 39~53, 1974, (6) Drescher, A.: Géotechnique, vol. 26, No. 4, pp. 591~601, 1976

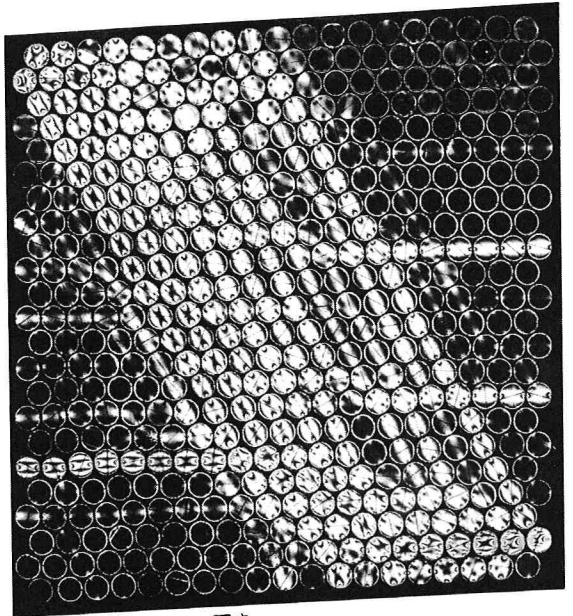


写真-1

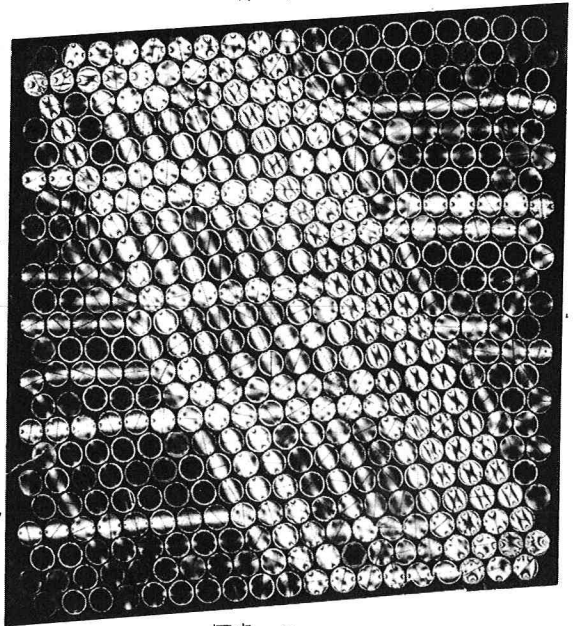


写真-2