

京都大学工学部 正員 工博 丹羽義次

" 工修 小林昭一

日本鉄道建設公団 " " 〇下河内 稔

京都大学大学院 学生員 馬場 賢三

1. まえがき

材料を微視的に見た場合には、大別して、連続物体および不連続物体となる。粒状集合体は、後者に属し、その力学特性は、連続物体が連続的で再現性を示すに反し、必ずしも連続的ではなく、必ずしも再現性をも示さない場合が多い。このことは、粒状集合体の力学の取り扱いを困難にしている主要原因である。

材料の力学の性質を特徴づけるには、その材料内に生じている力学の状態と、それと同時に存在している幾何学的状態との関連性を把握する必要がある。といながら、粒状集合体の力学および幾何学的状態は、粒子個々の形状と大きさ、相対的位置によって、大きく左右されるので、一般的に概括して、その特性を求めることは不可能に近い。

筆者らは、粒状集合体力学の研究の手掛りとして、本研究では、特に、等円柱を堆積した集合体内の応力状態のみを対象として、二次元光弾性実験法を用いて解析を行なった。

2. 実験および解析方法

粒状集合体の力学の性質は、甚だ複雑であり、Hookeの法則のような簡単な式では表示できない。粒状集合体の力学では、通常、*Coulomb*式、*Mohr*式など応力式を用いており、これによると、歪と一応無関係に応力状態を規定することができる。従って、応力分布を求めるためにはもちろん、この簡易理論を検証する目的にも、応力の直接測定法が必要となる。従来の粒状体内応力測定法の多くは、粒状体内に何らかの測定ゲージを埋設するいわゆる探子の方法である。しかし、これによると、探子の絶対的大きさと材料とが問題となる。一般には、測定ゲージを埋設しために、粒状体内の応力分布は攪乱され、測定値に誤差が生じる。したがって、理想的な探子測定法は不可能である。このことから、非探子の直接応力測定法が要請される。

非探子測定法には、浸透液体光弾性実験法、および小粒体を用いた二次元光弾性実験法がある。前者では、原理的に光弾性偏次数を多くすることは不可能（せいぜい3次元まで）である。筆者らは、後者、すなわち、光弾性程度の優れたアラウライトBで作成した $\phi 24\text{mm} \times 10\text{mm}$ の小等円柱を水平に堆積し、これに負荷することにより生じる光弾性偏とともに、内部応力を解析する方法によった。等円柱の配列は、最も密な六角形規則配列（間隙率94%）、最も稀い正方形規則配列（間隙率21%）、および不規則配列とした。

集合体内の応力分布は、等円柱の接触力を用いて表わすことにした。そのために、実験に先立ち、等色線幅と接触力との関係を $\phi 100\text{mm} \times 10\text{mm}$ の円板でCalibrateしてあった。この場合、もちろん、接触力の作用方向、作用位置、考えている接触点の偏次数に及ぼす他の数個の接触点の接触力による影響などを詳細に調べた。これにより、以下のことが明らかとなった。

- (i) 円柱の中心線上の両端に作用する接触力により生じる偏次数は、接触力とほぼ比例する。
- (ii) 中心線上にない二点接触により生じる偏次数は、円柱中心から、その半径の百分上の最大値、すなわち、接触力方向の偏次数を取ると、二点接触点の位置によらず、ほぼ一定である。
- (iii) 数個の接触力が考えている点の偏次数に及ぼす影響については、円柱中心から半径の百分上では、考えて

いる英と他の攪乱を起させる接触英との成す中心角が 60° の場合 最大で、繰回数数が約 4% 変化に過ぎない。上述の中心角が 90° の場合には、繰回数数の変化は見られなかった。

以上の Calibration の結果に基づき、弾性学の相似律を適用して、 $\phi 7.4\text{mm} \times 10\text{mm}$ 円柱に關しては、その中心から 3.0mm 離れた英の繰回数数が、接触力 1.09kg に相当することが分った。この値を用いて、解析を行なった。

3. 実験結果

光弾性縞写真の例を図-1~3に、また、垂直応力成分を図-4~5に示した。

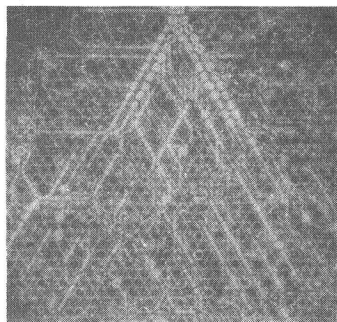


図-1 Hexagonal

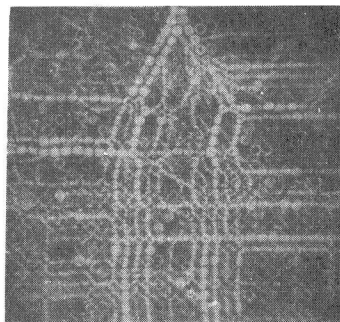


図-2 Cubical

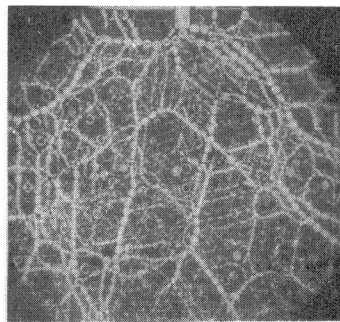
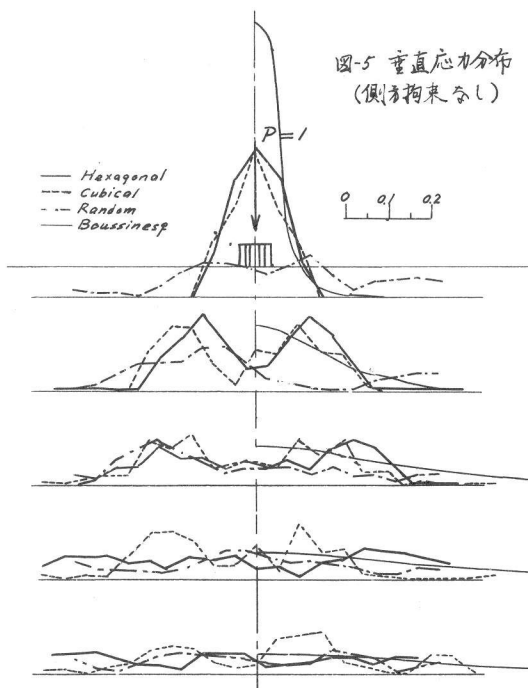
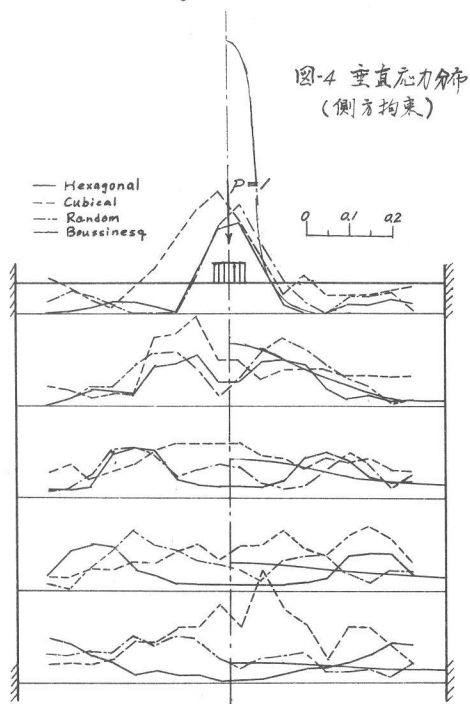


図-3 Random



図から明らかなように、応力伝達は、Boussinesq 式によるものとほぼ、相違異なることが分る。垂直方向の力の釣り合いを調べると、分布応力の総和は負荷より約 10% 少なくなっているが、解析精度は十分と考えられる。なお、実験方法および結果の詳細に關しては、当日発表する予定である。