

京都大学防災研究所 正員 村山 翔郎
 京都大学大学院 学生員 松岡 元

さきに述べたように、砂礫のような粗状体の力学特性のよって来たるべき根本機構を真に解明するには、それらが粒子の集合体であるという本来の姿に着目してその挙動を微視的立場で把握し、その微視的特性と巨視的特性との相関を考察しなければならぬ。この方向のアプローチを妨げないため、主に次のような問題点が考えられる。(1)粗状体の粒度分布と粒子配置(構造)の関係、(2)外力あるいは攪乱による粗状体中の個々の粒子の運動特性、(3)個々の粒子の力学挙動の集合としての粗状体の巨視的力学挙動。ここでは粗状体のせん断現象に対して上の立場でアプローチを行おうため、まず考察の便宜上2次元の場合について粒度分布と粒子配置の関係の推定を試み、その後種々の径のアルミ棒および光弾性材料の棒の積層体を粗状体の2次元モデルとしてせん断試験を行ない、せん断中の粒子の運動特性および粒子間力の伝達特性について考察を加えた。

1. 粗状体の粒度分布から粒子配置を推定する試み

箱の中に粗状体を詰め込むと個々の粒子は恐らく粒子の落下地点付近の安定する位置に順次積み上げられるであろう。粒子の抽出法としてモンテカルロ法を採用し、この箱の状況をシミュレートすることを試みた。以前に2種の径の場合について同様の方法で粒子配置の推定を行ない、粒子が自重をそった場合の配置の安定性についても検討を加えたりで、ここでは4種の径(φ1.6mm, φ3mm, φ5mm, φ9mm)からなる粗状体の粒子配置のシミュレーションについて述べる。4種の径の混合重量比(10:40:40:10)を粒子数比(39:44:16:1)に換算し、乱数表をひいて01~39の数字が出たときはφ1.6mm, 40~83のときはφ3mm, 84~99のときはφ5mm, 00のときはφ9mmの粒子をそれぞれ抽出することにす。そしてその粒子配置は最下段では左から右に横につめて並べるものとし、右端に達すれば右から左へその上の段で粒子の安定する位置に順次積み上げるようにし、再び左端に達すれば左から右へとちょうど砂粒を左右にふるいながらばらまくように並べるものとした。このような方法で4種の径の混合粒子が6cm×2cmの箱の中へ入れられた場合の粒子配置をシミュレートしたのが図-1である。図中の連続番号は並べた順序を意味する。この向けき比を計算すると $e \approx 0.31$ となり、実験での向けき比0.28とよく対応した。

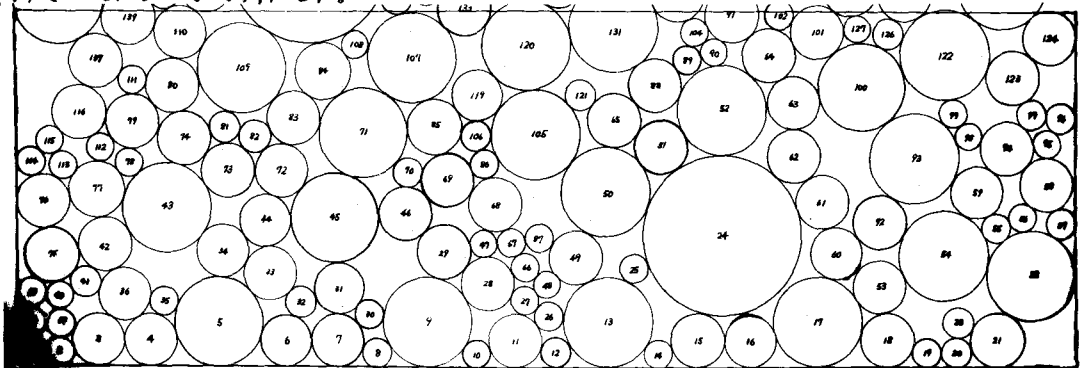


図-1 モンテカルロ法を利用して粒度分布から粒子配置を推定する試み

2. 粒状体中の個々の粒子の接点傾斜角 θ の度数分布特性

せん断中の粒子の運動状態を評価する1つの指標としてせん断面上にある粒子相互の接点での傾斜角 θ をとり、せん断前の初期状態での θ の度数分布およびせん断を受けた場合のその変化について調べた。図-3は2種の径($\phi 1.6\text{mm}$, $\phi 3\text{mm}$)のアルミ棒(混合重量比60:40)を実際に積み上げせん断前の θ の度数分布(20° 間隔; 接点数85)を求めたものであり、図-4は1.で述べた方法によってこの2種の径の棒の粒子配置をシミュレートし、それをもとにして θ の度数分布(接点数200)を求めたものである。この2つの図はほぼ似た傾向を示しているが、これらの図より θ は両端付近の変域をのぞいてはほぼ一様にランダムな分布をなし、特別なピークをもたないのがみられる。これは多数の粒子を対象とした場合は、ほぼ同じ程度の確率で種々の傾斜角 θ をばして得し得ることを意味している。次にせん断をうけて例えば写真-1に示すような粒子配置になったときの θ の度数分布(接点数24)を図-5に示す。 θ の正の領域にかけたよったピークをもつような分布に変化があるがみられるが、これはせん断により図-2(a)の2点接点配置から(b)の1点接点配置に変化する割合が多くなるのがその主要な原因と考えられる。なお θ の符号は図-2に示すように直下の粒子を乗り越えるときは正、下るときは負とある。

3. 光弾性実験によるせん断時の粒子間伝達力の実態把握

せん断抵抗力はせん断面上の個々の粒子に働く粒子間力の水平方向成分と考えられるので、接点傾斜角 θ とともにその伝達される力の大きさが重要な要因となる。せん断時の粒子間力の伝達の実態を知るため、2種の径($\phi 6.2\text{mm}$, $\phi 10\text{mm}$)の光弾性材料の丸棒(奥竹2cm)を用いてせん断試験を行なった。その光弾性縞写真の一例を写真-2に示す。これらの縞写真を解析することにより、せん断時にせん断面上の粒子に伝達される粒子間力の大きさと接点傾斜角 θ の間には相関性があることが見い出された。詳細は講演時に発表する。

なお光弾性実験の協力を得ている京大土木丹羽研究室の大学院生森竹 淳君に心からの謝意を表します。

*) 村山 朔郎・松岡 元: 2次元粒状体の応力伝達について
の試み 土木学会南支那支部講演概要(昭和44年)

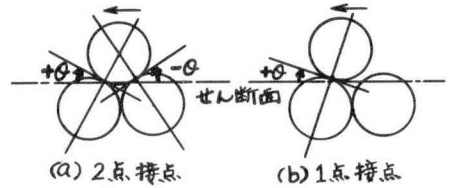


図-2 せん断による接点傾斜角 θ の変化

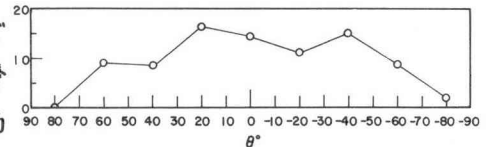


図-3 実際にせん断前の θ の度数分布

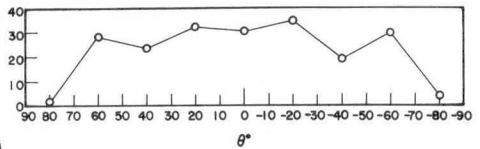


図-4 シミュレーションによるせん断前の θ の度数分布

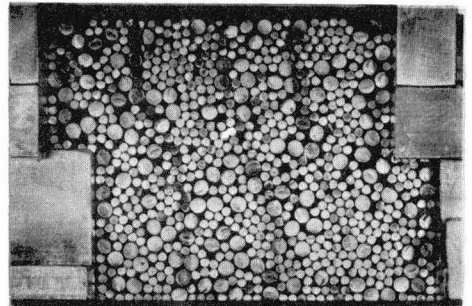


写真-1 せん断時の粒子配置($\phi 1.6\text{mm}$, $\phi 3\text{mm}$)

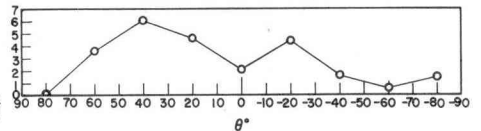


図-5 実際にせん断時の θ の度数分布

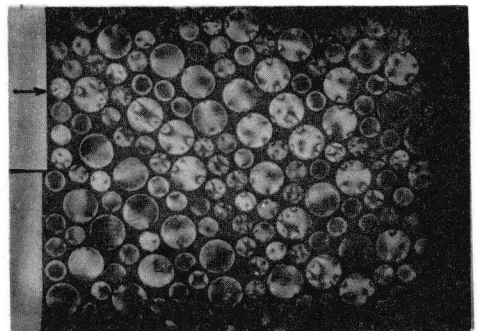


写真-2 せん断時の粒子間力の伝達をあらわす光弾性縞写真