

大阪市立大学工学部 正員 三笠正人
 “ “ 高田直俊
 “ “ 望月秋利
 中央陶産(株) “ 三輪重昭

1. まえがき 我々の研究室では一昨年来ロックフィルタムの直心力構型実験を行なっているが、その際、もちろん原材料をそのまま用いることはできないので、これを砕いて相似な粒度分布の形を持ち、粒径1/200の調整材料をつくらせて用いている。

ところで土の力学的性質は一般に土の種類と状態をきまるが、砂以上の粒径の試料の場合、土の種類を決定する要素、すなわち一次性質としては材質、粒径、粒度分布の形、粒子形状の4つを挙げる事ができる。これらのうち、これまであまり定量的な扱ひがなされてきた粒子形状については、我々も一応不向に付してきたが、考えてみると粒子の形は土の力学的性質に対して粒度分布と同様、いや場合によってはそれ以上に大きな影響を持ち得るはずであり、これを無視して模型と実物との関連性を云々することはできないと思われた。そこでまず粒子の形状を表現する方法が必要となったが、今迄にいくつか考えられてきた方法はどれも何々の粒子について直接測定して求めるもので、多数の粒子についてこれをを行なうことは困難であり実用性に乏しい。そこで我々はスリット状の目のふるいを作り、それを用いて粒子を扁平の度合によって分類する方法を試み、さらにこの方法によって分類された粒子形状が、力学特性にどのような影響を与えるかを調べた。一応の成果を得たのでここに報告する。

2. 粒子の形の表現法と試験法について 粒子の形はもちろん2, 3の変数で表わし得るほど簡単なものではなく、ごく大ざっぱに見ても直角にとったろつの主軸方向の長さの比(図-1①のa:b:c)のほか、角はっているか丸味を帯びているか、また表面が粗であるか滑らかであるか、などの重要な因子があり、細かく見れば土の状態における“構造”と同様無限のvariableを含んでいるものである。しかしこれらを一度に考慮に入れることはできないので、まずa, b, cの長さを測定する方法を考えてみた。

通常の網ふるいでは、同図①でわかるように中商径bの値によって分類しているわけであるが、新しく考案したスリット目のふるい(長目ふるいと呼ぶ)では、スリットを通るかどうかは最小径長でcだけで決まる。そこでこの2つのふるいを組合せることにより、b, cの範囲別に粒子を分類することができる。

aの値はこの2つの操作からは求めることはできないため、平面上に並べた粒子の写真を撮影し、これからaの値を測定し、その分布を調べた。このとき中商径bの測定も同時に行なうて、bの分布状態を調べ、網ふるいによる公称径dの範囲と比較、検討を行なった。

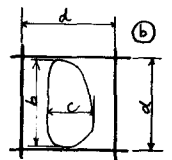
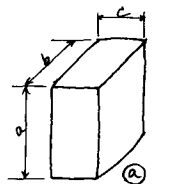


図-1

3. ふるい分け試験

① 試験に用いた材料 この実験では緻密な材質の砂岩

を砕いて作った最大径 4.8 mm の砕石を用いた。材料の比重は 2.714 である。

② ふるい分け試験 ふるいは一般に用いられている網

ふるいと、新たに作った長目ふるい（写真-1）で、ふるい目（スリット巾）は 3.4, 2.0, 1.2, 0.84, 0.42 mm である。

まず5種の通常の網ふるいで試料をふるい分けると、中間径の長さの範囲にしたがって分けられる。ここでこの最大値は後述のように、ふるい目の寸法 d と一致しないので、

こうして分けられた試料の寸法はふるい目 d で表わし、これを公称径と呼ぶ。次にこうしてふるい分けられた各公称径の試料を、さらに公称径以下の長目ふるいでふるい分ける。ふるい分けはすべて機械ふるいで30分を行なう。これによってある範囲の粒子を C の値別に分けたことになる。

③ 最大径 a の測定

粒子の最大径 a は上の試験からは知ることはできない。そこでまず上記の操作で、ある C の範囲に分けた試料から約 20 個の粒子を取り出して平面にならべて写真撮影し、（写真 2~5）無作為に 10 個の粒子について最大径 a の測定を行なう。このとき粒子の a , b 面は、写真面に平行になっていると仮定し、写真に写っている最小径を b とし、 b と直交した軸への投影長さを最大径 a とする。この測定を5回くり返し、計 50 個の粒子について a と b の測定を行なった。

④ 結果と考察

この試料の網ふるいによる（すなわち公称径 d に関する）粒度分布曲線を図-2 に示す。同図に同じ試料を長目ふるいでふるい分けした場合の粒度分布曲線も示す。これは C の値に関する粒度分布である。図-3 は各公称径の範囲のものを長目ふるいでふるい分けた結果で、各粒径ごとの重量を加え合わせたものは図-2 の長目ふるいによる粒度分布曲線と同じになる。また図-2 の長目ふるいによる粒度分布曲線と、網目ふるいによる粒度分布曲線は試料が球の場合には一致し、扁平な粒子が多くなる程前者は後者の上方に位置する。このとき図-3 の C の分布曲線は狭てくることになる。

次に図-4, 5 はそれぞれ公称径 3.4~2.0, 1.2~0.84 mm の試料を長目ふるいで分類し、前述の写真撮影による方法で測定した a , b の値について b/a の値と個数の割合を表わしたものである。この図から、 C の値によらず b/a の値はほぼ同じような分布を示しているが、扁平

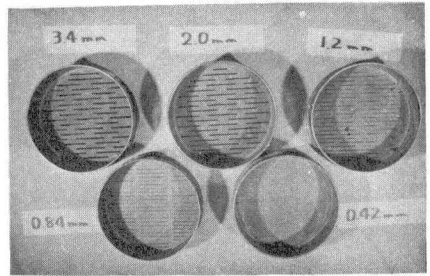


写真-1 長目ふるい

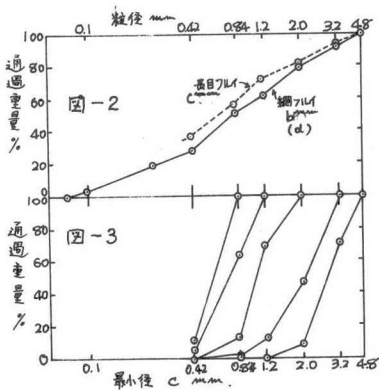


図-2

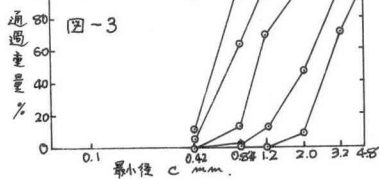


図-3

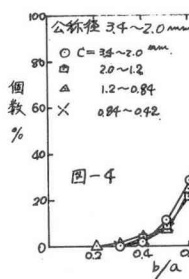


図-4

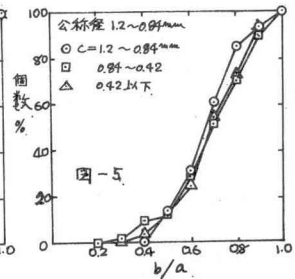


図-5

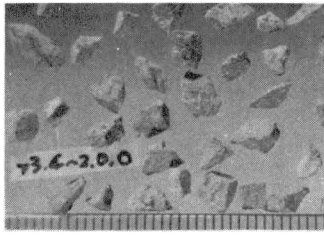


写真-2 $d=3.4\sim 2.0$ $C=3.4\sim 2.0$

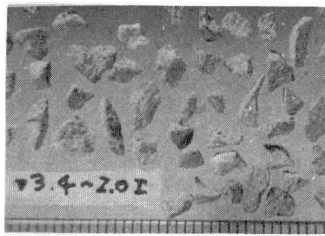


写真-3 $d=3.4\sim 2.0$ $C=2.0\sim 1.2$

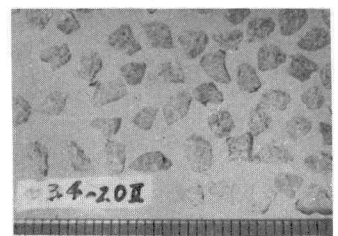


写真-4 $d=3.4\sim 2.0$ $C=1.2\sim 0.84$

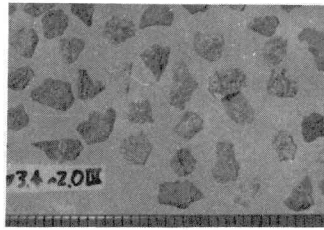


写真-5 $d=3.4\sim 2.0$ $C=0.84\sim 0.42$

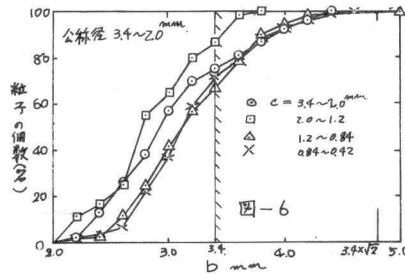


図-6

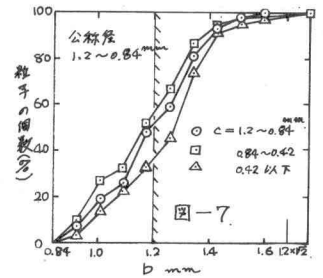


図-7

「Cの小さい」材料になるほど、

b/a の値が1に近いものの占める割合が多くなる傾向がある。これは他の公称径のものについても同様な結果を得ている。写真2~5は、公称径3.4~2.0mmの試料についてCを3通りの範囲に分けた粒子の写真を示す。

また図-4, 5の2種の公称径の試料について、公称径dと上記のbの値とを比較したのが図-6, 7である。もしbの値が公称径dの範囲に入るなら、bの

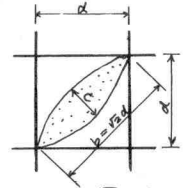


図-8

分布曲線は図の影をつけた範囲には存在しないはずである。ところが扁平な粒子は図-8のように、ふるい目の対角線方向に通る。すなわち網ふるいで分けた公称径dの粒子には、中径径bの大きさが最大径dの粒子が含まれる可能性があり、図-6, 7からも $\sqrt{2}d$ の粒子の存在が認められる。

図-9は公称径3.4~2.0mmの試料について $b/a \sim c/b$ の図、いわゆるZinggの図にプロットしたものである。このa, bの値は写真から得たものであるが、cの値は2つの長目ふるいのスリット中の範囲を持つので線分で表わされる。この図から、この試料にはrod, blade状の粒子は含まれていないことがわかる。また c/b 方向に異なったcの範囲の線分が重なり合っているのは先に述べた公称径dと実際のbの大きさの違いからである。

4. 力学試験

①しめ固め試験 粒子形状がしめ固め特性にどのような影響を与えるかを調べるためにしめ固め試験を行った。試料は空気乾燥試料で公称径3.4~2.0, 1.2~0.84mmのものを長目ふるいでふるい分けたものである。図-10のようにJISの突固め試験のモールドに約880gの試料を入れ、その上に3.2kgの円板

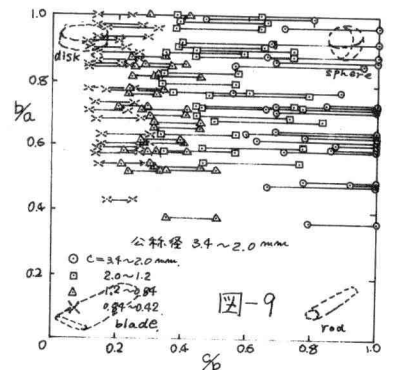


図-9

状の荷重を載せ、モールド全体を1 cmの高さから毎秒1回の割合で300回落下させる。次にゴムヒモでこの荷重を試料に張力7 kgで押しつけた状態でさらに600回落下させた後密度を求める。この値を最大密度とする。最小密度は同じモールドに試料を静かに流し込んで求める。この結果を向ヶキ比に直して、Cの範囲の平均値に対してプロットしたのが図-11, 12である。図から明らかなように、扁平な粒子ほど最大、最小向ヶキ比が大きくなる。他の公称径のものについても同様な結果を得ている。

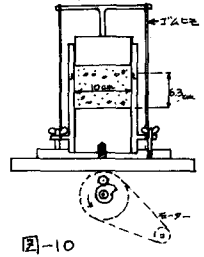


図-10

②セン断試験 試験には公称径 d が 3.4~2.0 mm C が 3.4~2.0, 2.0~1.2, 1.2~0.84 mm の三種の空気乾燥試料を用いた。初期向ヶキ比は、先の上記の試験結果をもとにした相対密度 80% の値とした。セン断は等圧セン断試験で、供試体直径 10 cm, 厚さ 3 cm の大型の改良型一面セン断試験機を用いた。図-13は垂直応力 20, 50 kg の場合のセン断応力, 垂直変位とセン断変位の関係を三種の材料について比較したもので、粒子が扁平なものほどセン断応力, 垂直変位ともに小さく、セン断応力のピークがはつきりしなくなる。図-

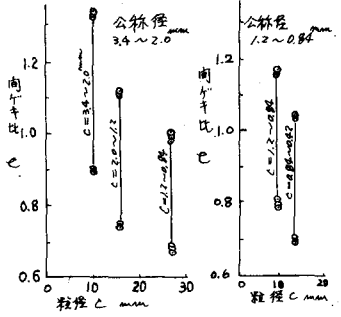


図-11

図-12

14は一連の試験から得た τ - ϵ の関係で、扁平なものほど強度が低くなっている。三軸試験も少し行ない、扁平度があまり強度に影響しないという結果を得ているが、これについてはなお研究を進めてから報告したい。

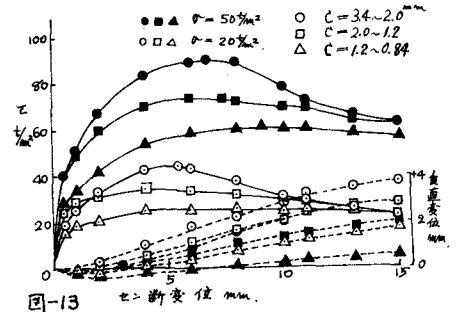


図-13 セン断変位 mm.

5. まとめ この研究から得た結論を以下に示す。

- この長目ふるいを用いた試験は、粒子形状の扁平の度合について調べるのに有効な一試験法であることが認められる。
- 今回の^(実験)には、一般に用いられている網目ふるいを用いたため、中間径りの大きさは公称径の上限値の $\sqrt{2}$ 倍の大きさから、下限値迄の範囲に存在し、公称径と中間径の向にはかなりの差があった。これはふるいを使う限りにおいて避けられないものであるが、円孔の板ふるいを用いてこの材料を分類するならばこの差をかなり小さくすることができる。
- μ/α の値は、材料の扁平の度合にあまり関係なく同じような分布をしているが、扁平な材料になるほど μ/α の値が 1 に近いものの方が多くなる傾向にあることが認められる。
- この方法で分けた粒子の力学的性質には明らかな違いが見られ、粒子が扁平になるほどしめ固め密度は小さく、また一面セン断試験によるセン断強度は低くなった。

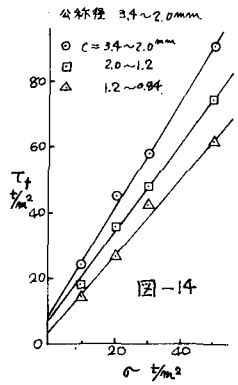


図-14

参考文献 G. Lees, A New Method for Determining the Angularity of Particles, Sedimentology, 3 (1964) 2-21