

III-39 粒子形状が力学特性に及ぼす影響について

大阪市立大学工学部 正員 三笠正人

高田直俊

○望月秋利

1. まえがき

先の報告⁽¹⁾で、砂質材料に対して、新たに考案した長目ふるいと通常の細ふるいとを組合せて用いることにより、粒子の偏平の度合いに応じて材料を分類する実用試験法を提案した。また粒子形状が力学特性に与える影響について、締固め、および一面せん断試験の結果を示した。

今回は、さらに材料の範囲を広げ、粒径と粒子形状とを種々組合せた試料に対し、粒子の形状の力学特性に及ぼす影響を、締固め、一面せん断、三軸圧縮試験などによって調べた結果を報告する。

2. 試料

ロックフィル・ダム材料として用いた新鮮な砂岩をさらに砕いて作ったもので、前報告で用いた材料①と、それより平均粒径の大きい材料

②の2種類で、粒径、比重は表-1の通りである。

図-1は、細ふるいによる(すなわち公称径 d に換する)粒度分布曲線(○印)と、長目ふるいによる(すなわち粒子の最小径長さによる)粒度分布曲線(●印)である。(材料が球体の場合、両曲線はまったく一致し、偏平な材料が多くなるほど両曲線は離れる。)

この材料①、②を、まず一連の細ふるいで各公称径ごとの材料に分け、粒径 $d_{u1} \sim d_{l1}$ (d_{u1} : 上限値, d_{l1} : 下限値)の粒子に対しては、これを更に d_{l1} 以下のスリット巾を持つ3〜4段重ぬの長目ふるいによってふるい分け、粒子の偏平の度合い(以下粒子形状と称す)の異なった4〜5グループに分ける。その最初の長目ふるい(d_{l1})に残留したものを偏平度0材料、次を偏平度I材料、以下順次偏平度II, III…材料と呼ぶ。(すなわち偏平度0材料が、立方体または球体に最も近く、偏平度I, IIと進むにつれて偏平な形状の材料となる。)各粒径範囲の材料について、偏平度0, I, II…材料の含有割合を示したもの、図-2(a), (b) (材料①、②)である。両材料とも偏平度の材料が特に多く、偏平度0, Iの材料を合せると、全体の80〜90%近くを占めている。

力学試験に用いた試料は、上記の方法で粒径と粒子形状によって分類したもの(Aグループ)と、これらをいろいろの割合で組合せたもの(B, C, Dグループ)である。

A: 単一粒径 単一粒子形状 試料

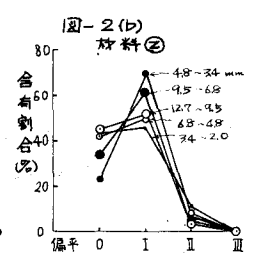
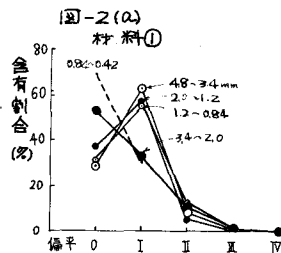
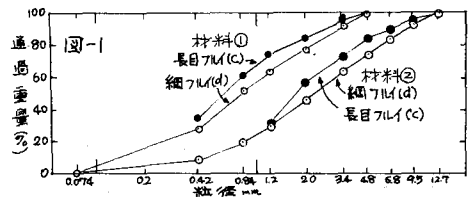
C: 混合粒径 単一粒子形状 試料

B: 単一粒径 混合粒子形状 試料

D: 混合粒径 混合粒子形状 試料

表-1 材 料

材料名	粒 径	比重
材料①	0.074~4.8 ^{mm}	2.714
材料②	0.074~12.7	2.669



ただし今回の報告はA, Bグループの結果のみについて行なう。またここでいう単一粒径、または単一粒形状とは、隣合うふるい目の大きさによって区切られた範囲のものである。なお試料は乾燥状態で実験を行なった。

3. 締固の試験

前報告で述べたごとく、このような砂質材料に対しては、ランマーによる締固めでは粒子の破碎が非常に多くなるので、まず次の方法により e_{max} , e_{min} の値を求めた。

e_{max} の値は、円筒モールドに所定重量の試料をスプーンで静かに入
れ、上面をならしてそのときの筒がキレを求めた。これを5回繰返
し、そのうち最小、最大値を取り除いた3者の平均値を e_{max} とする。
 e_{min} は、その上に載荷重(表-2)を載せ、モールド全体をカムによ

表-2 締固め試験条件

モールド径	試料重量	載荷重
甲法 10 cm	880 g	3200 g
乙法 5(1)	200(1)	621(1)
7.5(15)	675(3.4)	2065(33)
10(2)	1600(8)	5145(8.8)

って、1 cmの高さから毎秒1回の割合で、900回落下させた後の値とする。筒がキレの測定は、載荷重
を取り除いた後、試料上面にアクリル板を載せ、モールド上端からその高さまでを depth gauge で
求める。はじめのうちは、カラーをはずして試料上面を整形して e を求める方法を用いていたので、

これを甲法、前記した方法を乙法と呼ぶが、 e_{min} の
値は、どちらもほとんど差はなかった。表-2にモ
ールド径、試料重量、載荷重を示す。表中の()中の
数字は、モールド径5cmのものの値を基準としてと
きの、各値の割合を示す。

1) 単一粒径 単一粒形状試料の場合 図-4

(a),(b),(c) は、甲法による e_{max} , e_{min} の値を、粒径ご
とに示したものである。いずれも偏平な材料ほど、 e_{max} , e_{min} の値
が大きい。

図-5(a),(b),(c) は、材料②についての締固め過程を示したもので
ある。この各試料の粒径を表す指標として、各粒径範囲の上限
値 d_u と下限値との平均径 d_{mean}

$$(\log d_{mean} = \frac{\log d_u + \log d_l}{2}) \text{ を求め、}$$

その値と偏平度 P , I 試料の e_{max} ,

e_{min} の値を表-3に示す。この

実験は d_{mean}/D (D : モールド径) の

値を等しくしてあり、(表-2, 3 参照)

各モールドにはほぼ同じ数の粒子が
入っていると考えて良い。この結果
を見ると、 e_{max} の値に多少の違いは
あるにしても、 e_{min} の値は偏平度 P ,
I 試料においても、各々近い値を示
している。

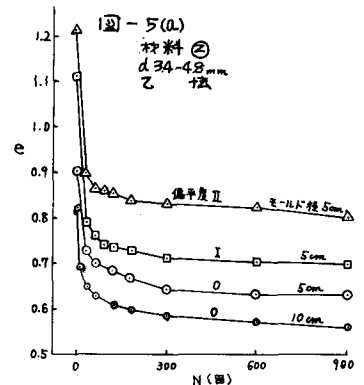
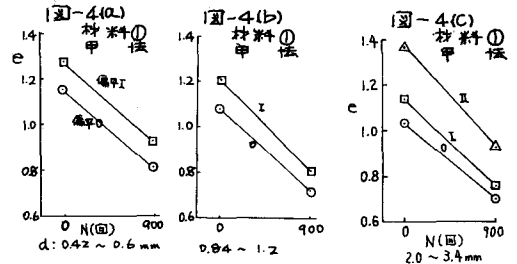
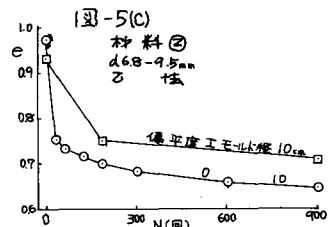
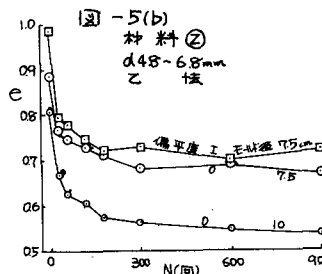


表-3 試料の平均径及び結果

モールド径 D cm	平均径 d_{mean}	偏平度 0 試料		偏平度 I 試料	
		e_{max}	e_{min}	e_{max}	e_{min}
5	4.0(1)	0.900	0.631	1.111	0.695
7.5	5.7(1.4)	0.886	0.668	0.984	0.717
10	8.0(2)	0.971	0.642	0.928	0.702



ii) 単一粒径 混合粒子形状の場合

材料①の3.4~4.8mm粒径材料について、偏平度0、I材料の混入割合を種々に変えて試験した結果を図-6、7に示す。図-6は、D10cmモールドを用いた場合のNとeの関係で、図-7は各混合比に対する e_{max} 、 e_{min} の値を示したものである。図-7によると、面端の単一粒子

形状試験のものが良く締まり、混合試料は締まらないという興味ある傾向が見られる。

4. セン断試験

今回の実験

は、改良型一面せん断試験機⁽²⁾、三軸圧縮試験機⁽³⁾で、圧密等圧せん断試験を行なったが、前回は主に一面せん

断の結果を報告したので、今回は主として三軸試験の結果を報告する。初期荷重を止は、各試料とも相対密度80%の値を採用した。せん断条件を表-4に示す。

i) 単一粒径 単一

粒子形状試験の場合 図-8には、0.84~1.2mm、偏平度0、I試料の小型、中型一面による結果と、図-9(a)(b)には、2.0~3.4mm、偏平度0、I、II試料の中型一面、三軸圧縮試験による結果を示す。図-9(a)は前報告に出したのと同じ図であるが、そのとき偏平0、I、IIの順でその強度が小さくなることを指摘した。ところが図-8によると、小型一面の場合は同じ傾向が見られるが、中型一面の場合はほとんど差がな

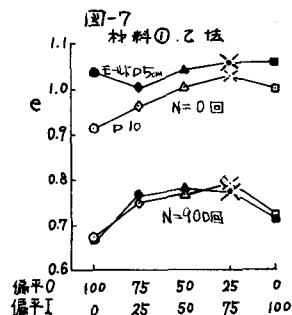
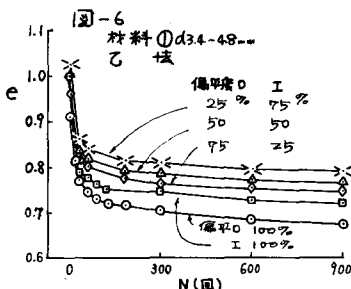


表-4 セン断試験条件

供試体径	せん断速度	ヒズミ速度
一面 小型D6X2cm 中型D10X3	4%/min.	0.5%/min.
三軸 D5X10 D7X14 D10X20	4%/min.	0.5%/min.

図-8

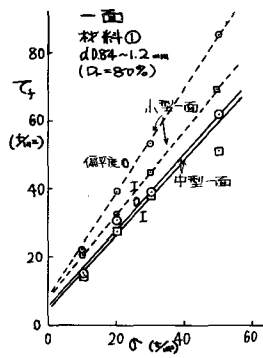


図-9(a)

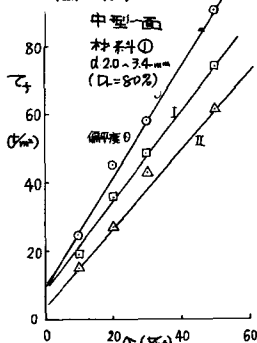


図-9(b)

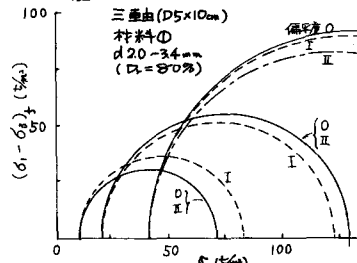


図-10(a)

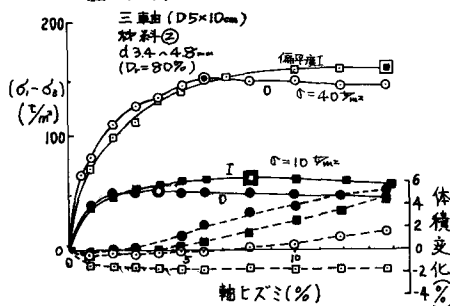


図-10(b)

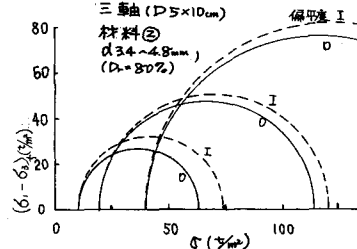
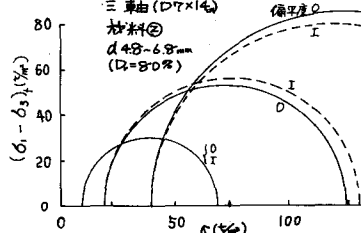


図-11

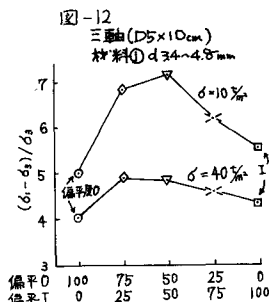


を見ると、三軸の場合には、それらにほとんど差がないといつて良い。すなわち、粒子形状の及ぼす影響は、試験法、供試体寸法算によつても明らかに異なると考えねばならない。

図-10(a)は、図-10(b)の場合のせん断過程であるが、前報告の結果と同じく、偏平な試料のほうが最大せん断強さを示すヒズミは小さく、タイレタンシーは大きくなっている。

ii) 単一粒径 混合粒子

形状の場合 図-12は、図-7と同じ配合の試料を使った結果で、 $(\sigma_1 - \sigma_3)/\sigma_3$ の値で示した。これによると、混合試料は、単一粒径形状試料のものと比較して、間々キ止は大きいにもかかわらず(図-7からわかる



ように)、強度は強く出ていることが注目される。

図-13に、それらのせん断過程を示した。タイレタンシーは、単一粒径形状試料より混合試料のほうが大きい。

5.まとめ

以上の結果をまとめると

i) 単一粒径 単一粒径形状試料の締固め試験結果では、偏平な試料ほど e_{max} , e_{min} の値とも大きく、締まりにくい。

この試料に対する一面せん断試験の結果は、一般に偏平度0試料のほうが大きな強度を示すが、三軸試験ではその差は顕著でない。また一面、三軸試験の結果とも、偏平度0試料の方がその破壊ヒズミは小さく、タイレタンシーは大きい。

ii) 単一粒径 混合粒子形状試料の締固め試験結果では、粒子形状を混合した試料の密度のほうが小さくなるが、同一相対密度(80%)での強度は、単一粒径形状試料よりも、混合試料のほうが強い。タイレタンシーは、単一粒径形状試料より混合試料のほうが大きい。

最後に、実験に協力頂いた 京阪電気鉄 西田寛、当研究室の 岡島 洋一 両君に感謝の意を表する。

参考文献 (1) 三笠、高田、望月：粒子形状の一試験法 土木学会年次学術講演会概要 1969・9.

(2) 土質工学会せん断試験法委員会：一面せん断試験 土質試験法オ10改訂版 1969.

(3) 三笠：三軸圧縮試験と一面せん断の試験機および試験法 オ10回シンポジウム

土質工学会 1963