

1. まえがき

著者はマサ土のせん断強度に及ぼす土粒子物性の影響を重視し、すでに風化度とせん断強度の関係について報告した。¹⁾²⁾ それによると、拘束圧の小さい範囲におけるせん断強度は風化度、とくに土粒子内空ゲキの多少に依存していることが明らかにされている。そこで、今回は拘束圧の大きな範囲において、上記の関係がいかに変化するかを明らかにし、さらに、せん断にともなう生ずる土粒子破砕がどのような過程で進むかを調べたので報告する。

2. 実験方法

用いたマサ土は六甲

ム系より採取した風化度の異なる2種類の上

表-1

試料	風化度	真比重(G_s)	かさ比重(G_a)	粒度
No.1	小	2.646	2.431	0.074
No.2	大	2.621	2.050	~2.0 mm

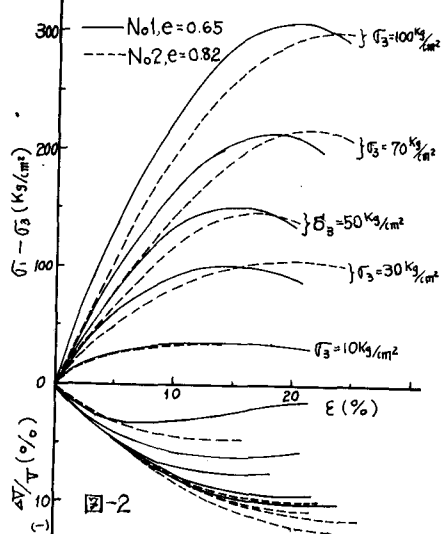
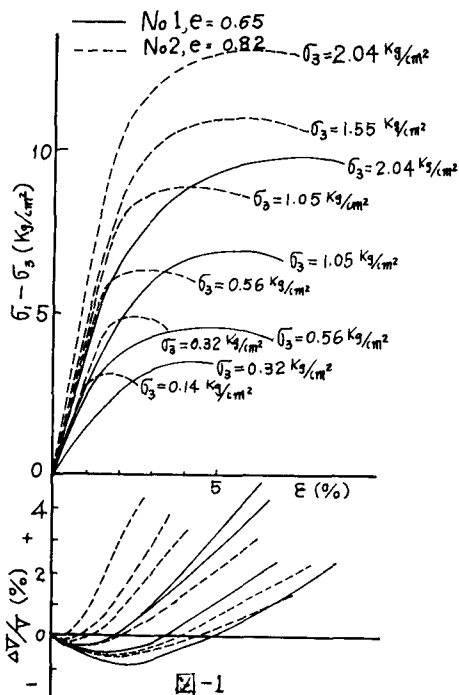
で、それらの物理的性

質は表-1に示したとおりである。ここで、風化度の尺度としてはみかけ比重(かさ比重, G_a)を用いて表わし、 G_a の小さいものが風化の進んだ試料である。また、鉦物組成は両者とも大差なく、有色鉦物量は5%以下である。

これらの試料を50°Cで乾燥したものを種々の間ゲキ比になるよう締め固め供試作と作製し、ワイケハムフランス社製高圧三軸試験装置(最大測圧140 kg/cm²)によってせん断試験を行なった。 $\bar{\sigma}_3 = 5 \text{ kg/cm}^2$ 以下の低圧領域については普通の三軸試験装置によった。両場合ともせん断速度は1%/minであり、完全排気状態で行なった。なお、せん断前後の試料についてX線による鉦物分析、水分吸着装置による吸着水分量の測定もあわせて行なった。

3. 実験結果とその考察

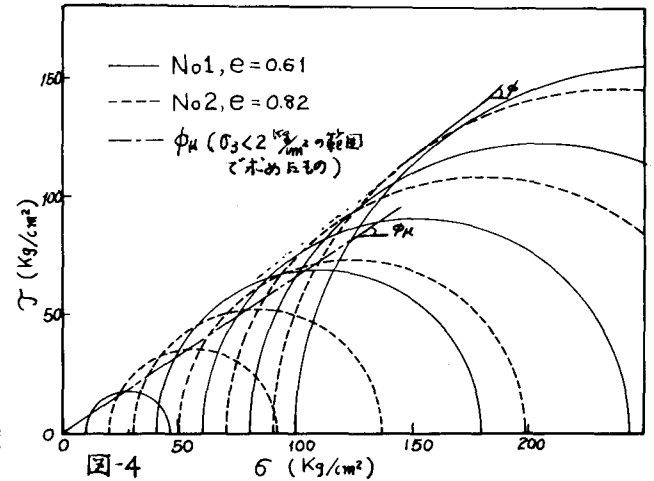
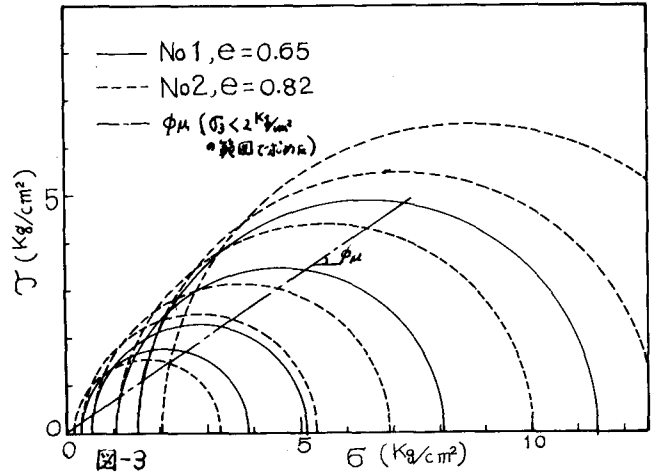
上記2種類の試料についてのせん断実験結果。一例は図-1, 2の通りである。これから、 $\bar{\sigma}_3$ の小さい範囲ではNo.1とNo.2に大きな差がみられるが、 $\bar{\sigma}_3$ の増大によってNo.1とNo.2が互いに近づく傾向を示す。また、 $\bar{\sigma}_3$ の小さい範囲ではNo.2がNo.1より小さいヒズミの所で最大の軸差応力(すなわちせん断強度)を示し、 $\bar{\sigma}_3$ の大きい範囲ではこの関係が逆になりNo.1の方が大きいヒズミの所で最大の軸差応力の最大値を示す。



そこで、図-1, 2, から、 σ - τ 曲線を描くと図-3, 4 のようになる。

これによると、 $\sigma \leq 5 \text{ Kg/cm}^2$ までは、包らる線の勾配は大きな値であるが、 $\sigma \geq 30 \text{ Kg/cm}^2$ 以上になると、じよじよに勾配は小さくなり、 50 Kg/cm^2 以上ではほぼ一定の勾配が近づこうとする傾向がみえる。また、No.1 と No.2 を比べると、側圧の小さい範囲では No.2 が No.1 より τ の値が大きい、側圧が大きくなると、両者の値の大小にかかわらず No.1, No.2 がほぼ同一の τ の値を示す傾向が表われる。さうに、図-3 において、 $\sigma < 2 \text{ Kg/cm}^2$ の範囲で、Rowe のダイレクシー補正式⁽¹⁾を用いて土粒子間のマサソ角 ϕ_μ を求めると一莫破線のようになる。これから、高い側圧下においては、図-2 のように負のダイレクシーを示すにもかかわらず、 ϕ_μ の値が一定の場合の中にある。このことは高圧下における土粒子破砕がせん断強度に大きく関与していることを暗示する。

そこで、No.1, No.2 のせん断前、 $\sigma_3 = 1.05 \text{ Kg/cm}^2$ 、 $\sigma_3 = 100 \text{ Kg/cm}^2$ せん断後の3つの場合の各



試料について粒度分析を行ない、さらにX線回折装置を用いて、各粒径段階における試料中の石英、正長石、その他(斜長石(主としてこれ)、有色鉱物)の定量を行なった。定量法としては、螢石(CaF_2)を基準試料とし、あらかじめ、石英、正長石の含有%のわかっている試料に螢石を混入し、螢石の個々の回折線($2\theta = 28.25^\circ$)と石英の個々の回折線($2\theta = 26.64^\circ$)、正長石の回折線($2\theta = 27.5^\circ$)のピーク高きの比を求め、各試料の含有%とピーク比の校正曲線を求めておいて、未知試料の石英、正長石を定量した。ただし、斜長石は変質して一部オオリン化し、結晶度の低下が大きいので、今回は石英、正長石以外の部分に含まれるとみなし、定量はしなかった。この方法は、基準物質の螢石と他の鉱物の重量比がX線ピーク高きの比と比例の関係にあり、試料の組合わせが異なっても、その関係が変らないという仮定に基づいているものである。したがって、多少の誤差はあるが、顕微鏡に識別し得ない細粒分の定量に有効である。

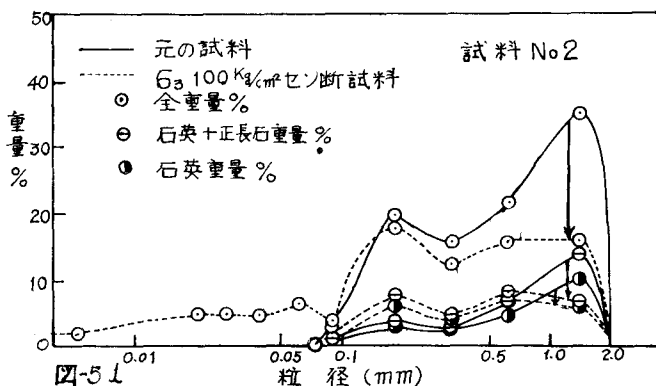
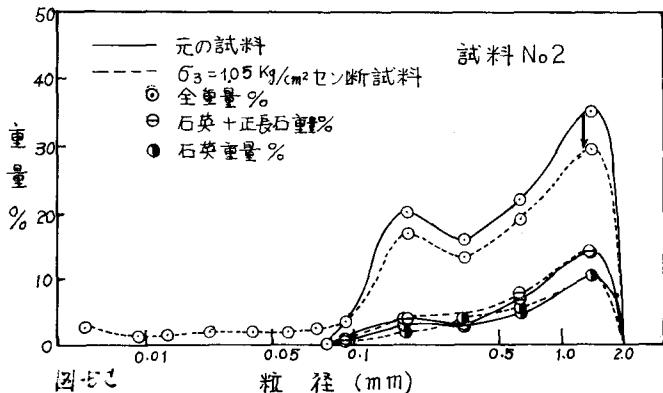
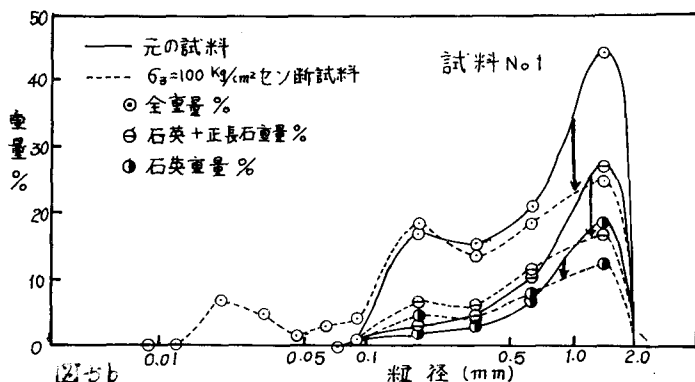
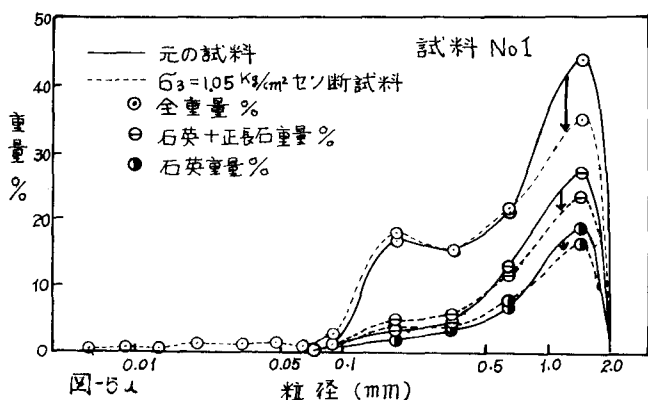
その結果は図-5a, 5b, 5c, 5d に示したとおりである。これからわかるように、試料 No.1, No.2 とも高拘束圧下においてはいろいろしく破砕しているが、くわしくみると、No.1, No.2 とも $\sigma_3 = 1.05 \text{ Kg/cm}^2$

のものは破碎の程度が少なく、破碎は主に正長石とその他(斜長石、有色鉱物)に限られており、その変化は主に1.0~2.0 mmの部分が74 μ 以下の細粒分に移行する傾向であるとみえる。

また、 $\sigma_3=100 \text{ Kg/cm}^2$ の場合は、長石類はもうろん、石英までかなり大幅に破碎しており、とくに、No2の石英は1.0~2.0 mmの部分が大きく破碎するのに対し、No1のそれはやや破碎の程度が少ない。そして、No1、No2のいずれの場合も、石英、正長石は74 μ 以下に破碎する分がごくわずかであって、74 μ 以下に移行する大部分のものは、石英、正長石以外の分、すなわち斜長石、有色鉱物である。しかし、斜長石、有色鉱物はすでに、粒子内部においてカオリン化している部分を含むので、その粘土分が分離したともみられる。

このことから、拘束圧の小さい範囲では、破碎の程度は少なく、土粒子内空ゲマを有する斜長石が残存しているが、拘束圧力の増大とともに斜長石の破碎が増大し、拘束圧が100 Kg/cm^2 に達すると斜長石の大部分が破碎され、さらに、破碎は石英まで及ぶことになる。そして、風化の進んだ試料は斜長石の強度が小さいので、セ、断応力が石英に集中する結果、石英の破碎量の増大となって現われるものと考えられる。

つぎに、表-1 から明らかなように風化の進んだNo2はかき比電



が小さく、多量の土粒子内空ゲキを有するとみられ、これが、セ：断にともなう土粒子破砕によって解放されるものと考えられる。そこで、セ：断前の元の試料、 $G_3 = 100 \text{ kg/cm}^2$ セ：断後の試料、について水分吸着実験を行なった。方法は、温度 40°C で、 10^{-4} mmHg の真空状態から飽和蒸気圧まで増大させる吸着過程と、飽和蒸気圧からじょじょに減圧して元にもどる脱着過程の両における吸着水分量を石英バランスで測定するものである。その結果は図-6のとうりであつて、 No.2 の進んた No.2 は大きな吸着量を示し、吸着過程と脱着過程に大きな差があるが No.1 は少ない。この差（ヒステリシス）は土粒子内部に空ゲキが存在することと意味するもので、脱着過程からケルビンの式⁴⁾

$$r = (2Vr/R/T) / \log_e \frac{P}{P_0}$$

V : 分子容, γ : 表面張力,
 R : ガス定数, T : 絶対温度
 P : 脱着圧, P_0 : 飽和蒸気圧,

により、土粒子内空ゲキの毛管半径 r を計算することが出来る。そこで、飽和蒸気圧における水分吸着量 V_0 とし、任意の脱着圧力における吸着量 V とし、毛管半径 ($\text{\AA}$) と V/V_0 とを関係づければ、これは土粒子内空ゲキの孔径加積曲線となる。そこでこの加積曲線の各点における勾配 $d(V/V_0)/dr$ を求めると図-7 のようになる、各孔径（毛管径）の頻度分布が得られる。

図-7 より、土粒子内空ゲキのうち、大きい範囲 ($100 \text{\AA}$ 以上) のものは不明確であるが、 $100 \text{\AA}$ 以下については、 No.2 の方が No.1 より、径の大きい空ゲキが多く、セ：断によつて、大きい空ゲキが減少することが明らかである。

4. まとめ

マサ土のセ：断強度は土粒子の風化度と拘束圧の大きさに支配される。拘束圧の小さい範囲では多孔質の同じ土粒子も破砕することなく、一つの土粒子として挙動し、風化度の低いものより強度が大きくみえるが、高い拘束圧下では土粒子破砕によつて土粒子内空ゲキが解放される結果、初期の空ゲキ比による一定のセ：断抵抗角に近づく傾向を示す。また、高い拘束圧下にはセ：断抵抗の一部が土粒子破砕抵抗によつてまかなわれ、風化度の大きい試料は徐度の小さい長石のかたがわりとして石英が多く破砕される。

参考文献

- 1) 西田一孝, 菅川満 「マサ土の土粒子特性とセ：断特性について」 土木学会第25回講演概要, Ⅱ部, pp. 375 ~ 376.
- 2) 西田一孝, 菅川満 「マサ土のセ：断特性について」 昭和47年度土木学会関西支部講演概要, pp. Ⅱ-45 ~ 46.
- 3) D. W. Rowe, O. B. Oates, N. A. Schermer (1963) The Stress - Dilatancy Performance of two Clays. A.S.T.M Special Publication, No. 316. pp. 134 ~ 143.
- 4) 川比公夫, 榎谷真一 (昭和42) 粉体工学, 703社, pp. 174 ~ 175.
- 5) R. Torrence Marittin (1957) Water - Vapor Sorption on kaolinite, Hysteresis, Proc. 6th. Nat. Conf. (Clay and Clay Min. pp. 259 ~ 278.

