

# 風化花崗岩類のせん断特性について

——風化度と粒度の影響について——

日 浦 啓 全\*1

HIROMASA HIURA\*1

Studies on the shearing characteristics of weathered granitic rock  
——Effect by the degree of weathering and the grain-size  
distribution on shear strength——

**要旨：**風化花崗岩類の山地に特徴的に見られる表層崩壊の機構の解明を目的として、山腹斜面のごく表層部の応力状態を考慮した単純せん断試験を行なった結果以下のことが確められた。

(1) 非攪乱試料の強度定数 $\phi$ は風化の進行にともない減少するが粘着力 $C$ は逆に増加する。これは風化のプロセスに含まれる土壌の粘土化により説明する事ができる。

(2) 攪乱試料の強度定数 $\phi$ ,  $C$ についても風化度に応じて非攪乱試料と同様の傾向を示すが、攪乱により、砂質土に近いせん断強度を示すようになる。

(3) これまでに行なった $\sigma_N$ の大きい範囲の試験結果と今回の結果を比べるとクーロンの破壊規準の直線が屈折することが確められた。屈折の方向は非攪乱試料と攪乱試料とでは正反対である。

(4) 攪乱試料の場合、その粒度組成の相異は試料を締め固める際の $\gamma_d$ に大きく影響し、風化の進んでいる試料の方が相対的に小さな $\gamma_d$ をもつ。

(5) 標準砂をまさ土の強度特性および風化度の規準として用いることが可能である。

## はじめに

風化花崗岩類の、いわゆるまさ土よりなる山地の特徴的な景観のひとつに山腹斜面の表層部に、小規模ではあるが多数の崩壊地の存在することがあげられる。これの直接的な原因としては集中豪雨等の降雨条件があげられるが、山地自体のもつ素因としては花崗岩類に対する風化作用とそれによる岩石の著しい劣化現象によるものであることがしばしばのべられている<sup>1)2)3)4)</sup>。この研究ではこれらの表層崩壊の発生機構を解明することを主な目的としている。前報<sup>4)</sup>では風化の程度を表現するための指標と強度定数との関連について若干の知見を得ている。しかしながら、これをまさ土よりなる自然斜面の安定問題と結びつけ、風化度の条件とそれに対応した力学的性質との関係の問題とし、

斜面の危険度の判定等に用いることのできる段階までには至っていないと思われる。この報告によって明らかにされた事柄についても、そのような基礎的な資料を充足することを当面の目標としている。しかしながらこのように崩壊の発生の機構を念頭において土の強度について考察を進めていくことで、こういった室内実験的な手法が崩壊調査法の一つとして位置づけられ、さらに実際の斜面においてその危険度を測り、予測するための試みを同時に実施し、たがいにフィードバックさせていくひとつのシステムとしても位置づけられる必要があると思われる。さて崩壊発生の機構とせん断試験の結果得られる強度定数との関連についても、それらの結果をどう解釈し、どうあてはめるかということが最も大事な事柄である。その上、室内実験では標準化しやすいこと、制御しやすいことが試験方法の

\*1 京都府立大学農学部林学科砂防工学研究室  
Laboratory of Sabo Engineering, Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural University, Kyoto, Japan.

\*2 本研究の一部は昭和53年度砂防学会で講演  
昭和55年7月28日受理

選び方を規定するという点もある。また一口に室内実験といっても、三軸圧縮試験、一面せん断試験、単純せん断試験等とあり、それらのいずれを用いるか、またそれぞれから得られる強度定数の相互の関連はどうかなど、若干の研究もみられる<sup>5),6)</sup>が今後に残された課題であろう。しかしながら一方で種類の試験方法によっても試料相互の相対的な定性的な考察は可能になると思われる。筆者は主としてまさ土の定性的なせん断特性を考察するため、産状の異なる花崗岩類のまさ土について単純せん断試験を実施したのでその結果について報告する。

### 試料および実験方法

前報<sup>4)</sup>ではジョイントの有無、風化の程度の差異が風化花崗岩類の力学的な性質に与える影響について、自然斜面から採取した乱していない試料について単純せん断試験を主として行なった結果、ジョイントの存在が試料の強度を左右する一つの因子であり、その差が粘着力Cの差として表現される。すなわちジョイントが存在する試料はせん断抵抗角 $\phi$ は変化しないで強度が低下する。ということはクーロンの破壊規準を表わす直線が下方へ平行移動することが確かめられている。次にジョイントの影響を除去した均一な試料については風化の程度を反映する因子が $\phi$ であって、風化の進行につれて $\phi$ は減少する。さて試験結果を定量化するために次になすべきことは、適当な風化の指標によって表現された風化度の差に呼応してCや $\phi$ がどれだけ変化するかを厳密に与えることだと考えられる。すなわち風化度の指標としては前報<sup>4)</sup>で取り挙げたA.D.F.指標や長石の比重の変化、X線回折解析等の有効な手法の他に工学的観点から比較的簡便にしかもかなり良く風化の程度を判定しうる指標として試料の乾燥密度 $\gamma_d$ あるいは空隙比 $e$ が適当と思われる。

さて、すでにのべた、我々が花崗岩類地帯の山地で

よく目にする崩壊地は殆んどが斜面のごく表層部の滑落するものであって、その土層の厚みも高々1.5m程度である。仮りに斜面上の土かぶりの厚さを1.5mとし表層土層の $\gamma_d=1.4\sim 2.0\times 10^{-3}\text{kg/cm}^3$ として考えてみると、この深さの土の受ける圧力は0.21~0.30 $\text{kg/cm}^2$ と前報で行なった試験で採用した垂直応力 $\sigma_N(\geq 0.3\text{kg/cm}^2)$ より小さい範囲にわたっている。したがって表層部のすべりについて議論するためにはそれと同一の条件を実験室内で与える必要がある。

この報告では上述の低応力の範囲について、まず風化の程度とそれに対応した強度定数の挙動について考察した。そのため露頭において定性的にみて相対的により風化の進んでいると考えられる斜面の表層に近い部位とまさ化は進んでいても基岩近くで相対的に新鮮であると考えられる部位をあらかじめ選択し、その部分から非攪乱の試料を採取し試験を実施した。そしてこの同じ試料が攪乱を受けた状態でどのような力学的挙動をするかについても、さらに検討を行なった。試料は島根県大原郡木次町産の花崗閃緑岩、京都市左京区修学院の比叡山中腹部および滋賀県大津市田上山地のそれぞれの地区の黒雲母花崗岩である。この場合の試験方法としてはCD試験で前報で採用した垂直応力の範囲とオーバーラップさせるために $\sigma_N=0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.5\text{kg/cm}^2$ とした。次に、同じよう一口にまさ土といっても産地も風化の程度にも違いがある。特に、盛土や崩壊地直下部の崖錐堆積物の安定等について考えようとする場合、攪乱した試料の性質を知る必要がある。その場合、風化指標である事も加味して、工学的に見て重要な指標と思われる試料の粒度組成についても検討した。その際風化度も粒度も極端に違う試料、ここでは島根県産の花崗閃緑岩を用い、対照とするためにセメントの品質試験に用いるために使用する山口県豊浦産の標準砂を用いてせん断試験を行ない強度定数の挙動について考察した。この場

Table 1. Shear strength at 15% shear strain

#### (1) non-disturbed samples

| Sample \ $\sigma_N$ | 0.05  | 0.1   | 0.2   | 0.3   | 0.5 $\text{kg/cm}^2$ |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|----------------------|
| Hiei (I)            | 0.056 | 0.081 | 0.133 | 0.186 | 0.278 $\text{kg/cm}$ |
| Hiei (II)           | 0.065 | 0.091 | 0.104 | 0.132 | 0.208                |
| Tanakami (I)        | 0.074 | 0.121 | 0.156 | 0.029 | 0.299                |
| Tanakami (II)       | 0.087 | 0.130 | 0.150 | 0.199 | 0.240                |
| Kojiro (lower)      | 0.089 | 0.100 | 0.156 | 0.199 | 0.283                |
| Kojiro (upper)      | 0.078 | 0.083 | 0.150 | 0.198 | 0.218                |
| Jiryo               | 0.065 | 0.099 | 0.134 | 0.170 | 0.253                |

(2) disturbed samples

| Sample         | $\sigma_N$ | 0.05  | 0.1   | 0.2   | 0.3   | 0.5 kg/cm <sup>2</sup>   |
|----------------|------------|-------|-------|-------|-------|--------------------------|
| Hiei (I)       |            | 0.055 | 0.086 | 0.155 | 0.209 | 0.348 kg/cm <sup>2</sup> |
| Hiei (II)      |            | 0.041 | 0.074 | 0.120 | 0.168 | 0.232                    |
| Tanakami (I)   |            | 0.068 | 0.079 | 0.161 | 0.206 | 0.308                    |
| Tanakami (II)  |            | 0.042 | 0.077 | 0.126 | 0.169 | 0.248                    |
| Kojiro (lower) |            | 0.037 | 0.055 | 0.138 | 0.207 | 0.341                    |
| Kojiro (upper) |            | 0.051 | 0.079 | 0.138 | 0.208 | 0.304                    |
| Jiryō          |            | 0.066 | 0.084 | 0.138 | 0.193 | 0.287                    |

Table 2. Dynamic coefficients of Coulomb's law

| Sample         | non-disturbed            |        | disturbed                |        |
|----------------|--------------------------|--------|--------------------------|--------|
|                | C                        | $\phi$ | C                        | $\phi$ |
| Hiei (I)       | 0.031 kg/cm <sup>2</sup> | 26.64° | 0.022 kg/cm <sup>2</sup> | 32.92° |
| Hiei (II)      | 0.046                    | 16.97  | 0.030                    | 22.80  |
| Tanakami (I)   | 0.063                    | 26.22  | 0.038                    | 28.76  |
| Tanakami (II)  | 0.087                    | 17.98  | 0.029                    | 24.17  |
| Kojiro (lower) | 0.064                    | 23.87  | -0.004                   | 34.71  |
| Kojiro (upper) | 0.067                    | 18.73  | 0.025                    | 29.70  |
| Jiryō          | 0.056                    | 20.67  | 0.023                    | 28.42  |

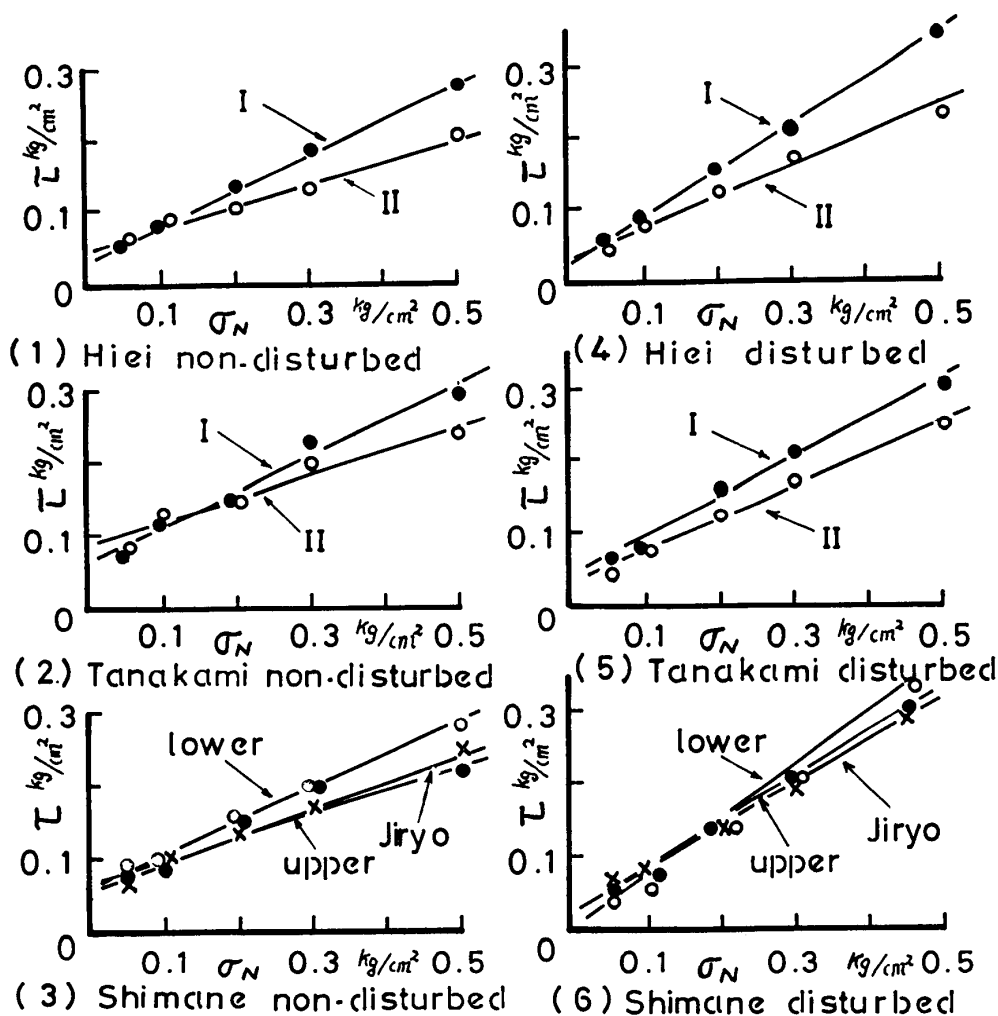


Fig. 1. Relation between shear strength and normal stress

合、試験方法は CD 試験であり  $\sigma_N=0.06, 0.11, 0.16, 0.21, 0.31 \text{ kg/cm}^2$  である。

結果および考察

1 風化度と強度定数について

試料のせん断強度はせん断ひずみの増加にともなって明確なピークを示さずに増加し続ける。そのため前報<sup>4)</sup>同様せん断ひずみが15%時の強度： $\tau_{15}$ を所定の強度として考察した。Tab. 1 には試験に用いた全試料について、それぞれの  $\sigma_N$  に対する  $\tau_{15}$  の値を示す。また Tab. 2 には Tab. 1 の値を用いて計算されたクーロンの破壊規準の式に含まれる強度定数、C、 $\phi$  値を示す。次に Fig. 1 (1)~(6) には Tab. 2 の結果により  $\tau-\sigma_N$  の関係を示す。図中のプロットは実測値を示す。採土に際しあらかじめ露頭で確認した試料の風化度の差は、Hiei については (I) から (II)、Tanakami については (I) から (II) そして Shimane については Kojiro (lower) から Kojiro (upper) そして Jiryo へ向ってより風化が進んでいると考えられる。

非攪乱試料に対する Fig. 1 (1)~(3) および攪乱試料に対する Fig. 1 (4)~(6) ともいずれの産地についても、より風化が進んでいると考えられる試料では  $\phi$  の減少がみられ、逆に C は増加している。すなわち風化の進行によって C も同様に減少するのではなく、図からも読みとれるように  $\sigma=0.1 \text{ kg/cm}^2$  より少し小さい  $\sigma_N$  値の点を扇の要のようにして回転している。これは前報では明確にできなかったが風化の進行によって

$\sigma_N$  がある値より大きい範囲では  $\phi, C$  ともに減少するが、 $\sigma_N$  のごく小さい範囲、現実の問題としてはごく表層に近い部分ではその結果をそのまま外挿できないという事である。すなわち風化によっていたずらに強度が減少せず、ある  $\sigma_N$  の範囲では強度の増加がみられる。すなわち風化現象が一方で土壌の粘土化という事にもなるので、 $\sigma_N$  がある値より小さい範囲で風化の進行とは一見逆と思われる現象を示し、それが C 成分の増加となって現われたと考えても不合理ではないと思われる。次に風化度の差と試料の状態の影響について、その差異が明確に表われている Hiei 試料の試験結果をまとめた形で Fig. 2 に示す。いずれの試料にも見られるのであるが試料を攪乱することで  $\phi$  は増加している。これは攪乱によりまき土の成分

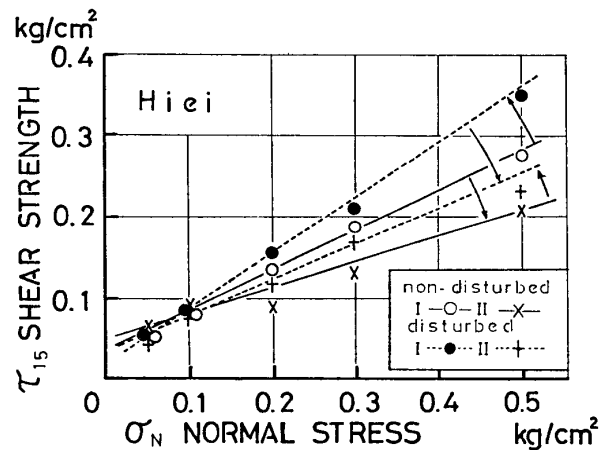


Fig. 2.  $\tau-\sigma_N$  relation between non-disturbed sample and disturbed sample

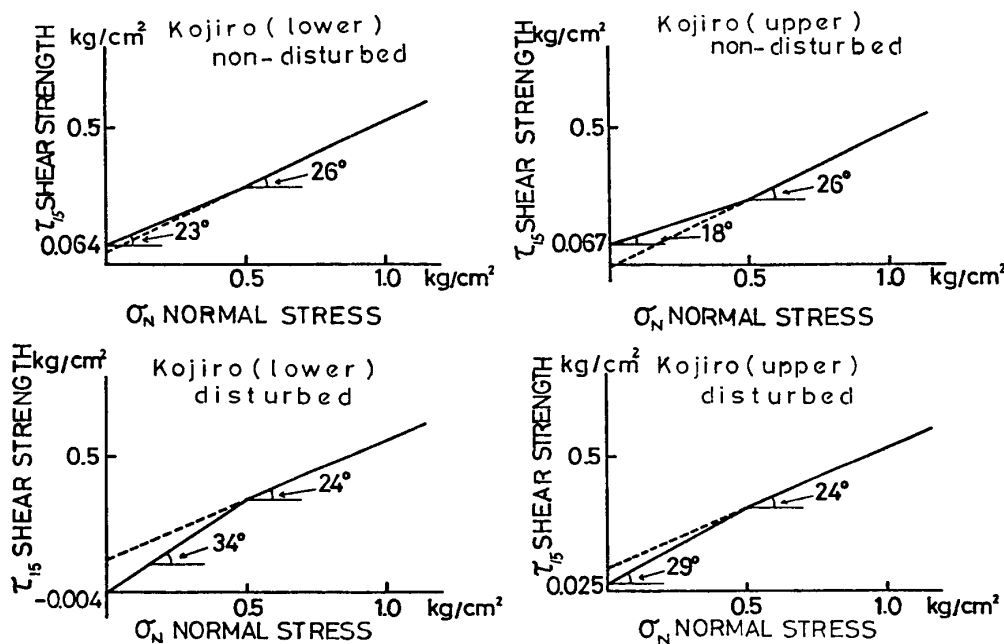


Fig. 3. Bend of Coulomb's law

物が結合力を失ない砂質土に近い挙動をするようになったため、粒度状態が良く Tab. 1 中に示すように非攪乱試料よりも  $\gamma_d$  は大きくなり、このため返って強度が大きく出たと考えられる。それにC成分についてはいずれも攪乱試料の方が小さく、このことも攪乱試料がより砂質土に近い挙動をしていることを裏付け

るものである。

次に同じく  $\sigma_N$  の範囲と強度の出現傾向ということから今回の試験と前報<sup>4)</sup>のそれとの関連について考察するために Shimane の試料について Fig. 3 を作成した。図からは  $\sigma_N=0.5 \text{ kg/cm}^2$  付近でクーロンの直線が不連続になっていることがわかる。非攪乱試料では

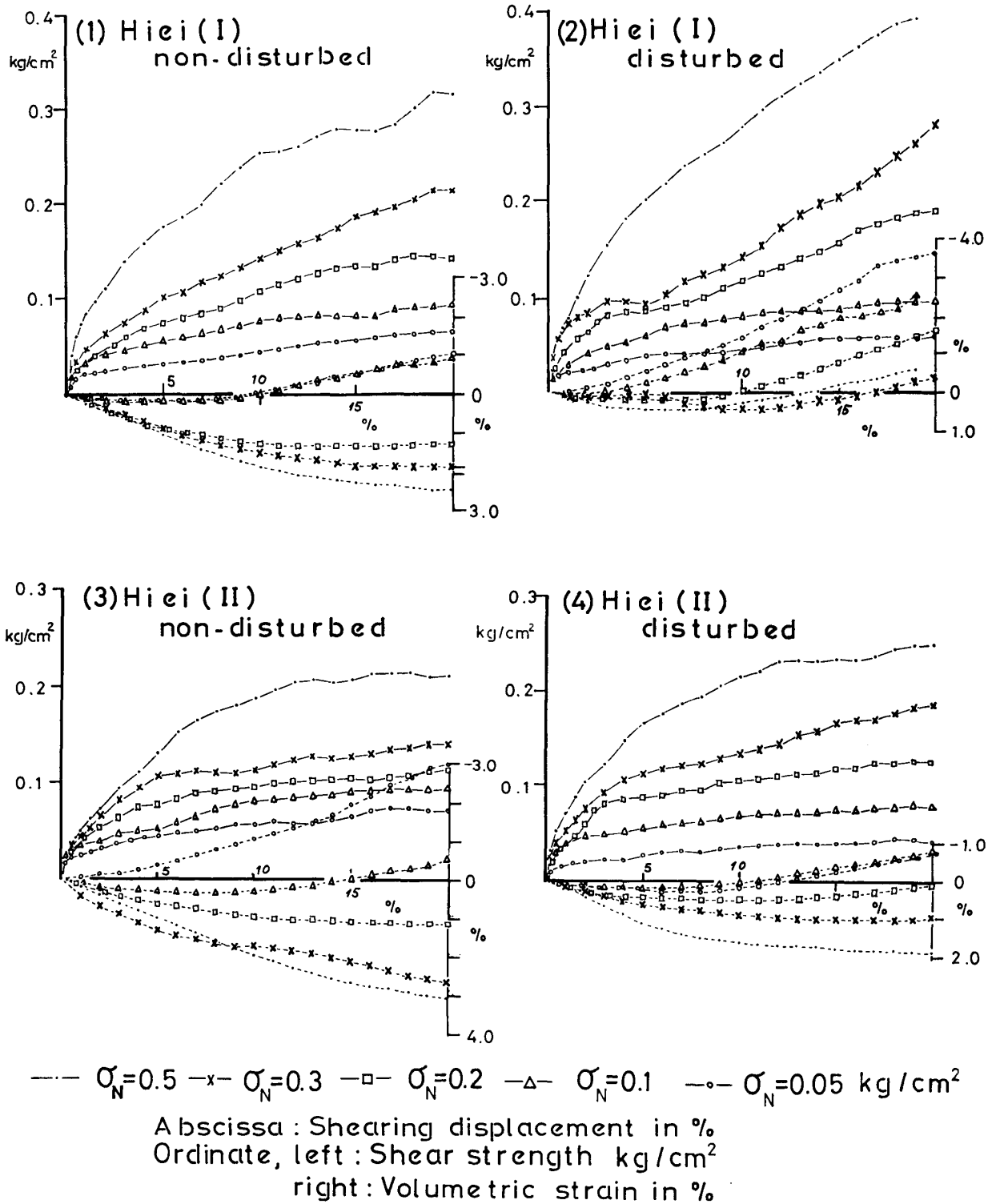


Fig. 4. Shear strength and volumetric change during shearing displacement

$\sigma < 0.5 \text{ kg/cm}^2$  では  $\sigma_N > 0.5 \text{ kg/cm}^2$  の範囲より  $\phi$  が小さくなる。したがってクーロンの直線は下方に凸となり、しかもその傾向は風化の進んでいるほど著しいようである。また攪乱試料では非攪乱試料と全く逆の傾向を示し、クーロンの直線は上方に凸になるように屈折する。しかしこの場合は相対的に新鮮な試料ほどその傾向は著しい。非攪乱試料の場合は先行圧縮を受けた土に似た挙動を示しているように思われる。したがって露頭にある間に何らかの応力の履歴を受けていたと考えることも可能と思われるが今後検討を必要とする事実であると思われる。また攪乱試料については以下にも考察するように抱束圧としての  $\sigma_N$  が前報<sup>4)</sup>でのレベルに比べて小さいため、セン断中のダイレイタンスによる強度増分が前報での  $\sigma_N$  の範囲よりは相対的に大きかったことによとも思われるが、やはり今後の課題として検討を行なっていく必要があると思われる。

最後にセン断中の体積変化についてであるが Fig. 4 (1)~(4)には Hiei 試料についてそれぞれ、セン断強度と体積変化をセン断ひずみに対してプロットした図を示す。攪乱試料では前報<sup>4)</sup> 同様の体積変化の様子を示している。すなわちセン断ひずみの増加にとともに、先にのべたように特に  $\sigma_N = 0.05 \text{ kg/cm}^2$  では正のダイレイタンスの発現が著しい。相対的に新鮮な Hiei (I) についてこの傾向が明瞭である。しかしながら非攪乱試料については前報<sup>4)</sup> とは全く逆に、むしろ今回試験を行なった攪乱試料と同様の体積変化の様子を示し、 $\sigma_N$  が小さくなればなるほど体積の増加する傾向が著しい。こういった定性的な挙動の意味について、これらの図によってさらに詳しく議論を進めることはできない。これは低応力下でのセン断特性がかなり複雑だということでもあり、今後一層厳密な試験をくり返し実施していくことで解決されることを期待するものである。

## 2 粒度組成と強度定数について

### 1) 風化指標としての粒度組成

前節でものべたが風化の程度が粒度組成にどの程度反映しているかを考えるために Fig. 5 (1)~(4) に標準砂、Hiei, Tanakami, および Shimane の粒度曲線を示した。まさ土の場合、非攪乱試料と攪乱試料とでは物性が全く異なる。しかるに粒度曲線を求めるためには必然的に試料を攪乱状態にする必要がある。したがって本来、非攪乱試料の強度特性について粒度組成の特性によって議論すること自体矛盾を含んでいると思われる。そのために土質試験法においても攪乱状態のまさ土については採取時の試料の性状の不均質を整え

る意味で試料の調整に関する一項がもうけられている。今回の試験に際してはソイルミキサー内で約15分間攪拌し、粒子間の結合をほぐし調整したものについて粒度試験を実施し Fig. 5 (2)~(4) を得ている。Tanakami 試料では (I), (II) の試料が途中で交叉しているが、II の方が細粒分も多く、風化すなわち細粒化、粘土化が進んでいることが反映されている。Hiei, Shimane については全く良好な対比が見られ風化度とよく対応していることがわかる。これは露頭での産状の観察によって視覚的に得られる情報とも良く合っていると思われる。さて標準砂は Fig. 5 (1) で示されるが比重：2.667 で標準試験フルイの 0.25~0.15mm の間に残留する重量が90%の均一な砂である。粒度組成が強度定数にどの程度影響を与えるかを考察するために Fig.

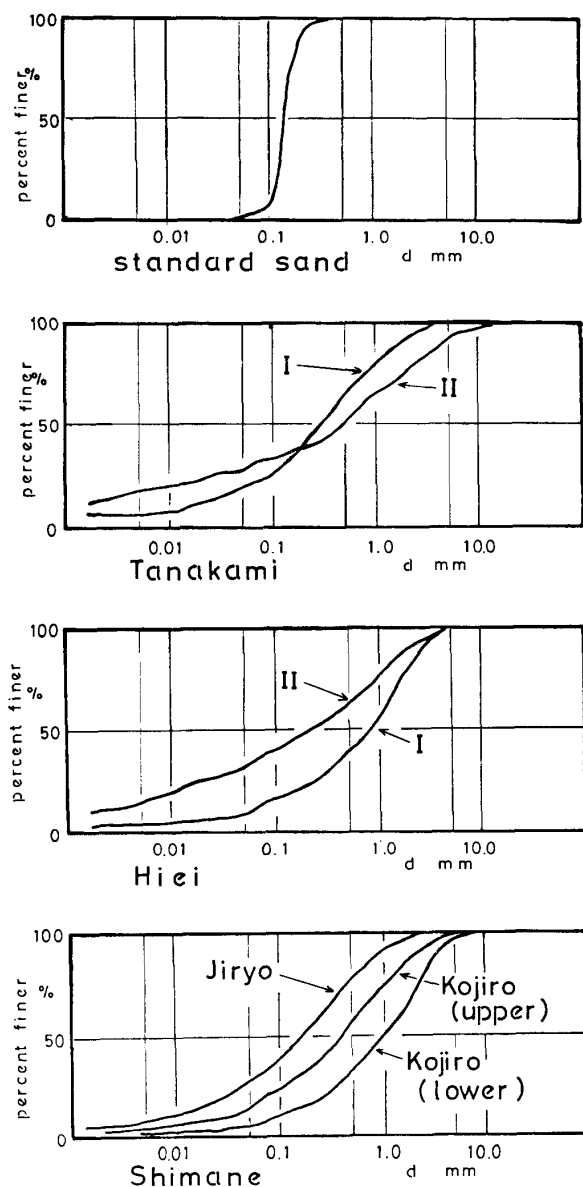


Fig. 5. Grain-size distribution curves

Table 3. Shear strength at 15% shear strain and dry unit weight :  $\gamma_d$ 

|                    |            | $\sigma_N$ | 0.06  | 0.11  | 0.16  | 0.21  | 0.26  | 0.31  |
|--------------------|------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| (1) standard sand  |            |            |       |       |       |       |       |       |
| No. 1              | $\tau$     |            | 0.039 | 0.076 | 0.107 | 0.114 | 0.158 | 0.179 |
|                    | $\gamma_d$ |            | 1.42  | 1.43  | 1.43  | 1.44  | 1.41  | 1.43  |
| No. 2              | $\tau$     |            | 0.056 | 0.100 | 0.137 | 0.188 | 0.203 | 0.272 |
|                    | $\gamma_d$ |            | 1.61  | 1.63  | 1.63  | 1.63  | 1.63  | 1.63  |
| (2) Kojiro (lower) |            |            |       |       |       |       |       |       |
| d = s. s.          | $\tau$     |            | 0.039 | 0.091 | 0.121 | 0.148 | 0.186 | 0.224 |
|                    | $\gamma_d$ |            | 1.56  | 1.57  | 1.57  | 1.57  | 1.58  | 1.57  |
| d < s. s.          | $\tau$     |            | 0.043 | 0.086 | 0.084 | 0.123 | 0.137 | 0.167 |
|                    | $\gamma_d$ |            | 1.56  | 1.57  | 1.54  | 1.53  | 1.54  | 1.54  |
| d > s. s.          | $\tau$     |            | 0.077 | 0.093 | 0.121 | 0.179 | 0.216 | 0.226 |
|                    | $\gamma_d$ |            | 1.65  | 1.72  | 1.72  | 1.72  | 1.68  | 1.68  |
| mixed              | $\tau$     |            | 0.046 | 0.106 | 0.121 | 0.165 | 0.216 | 0.233 |
|                    | $\gamma_d$ |            | 1.79  | 1.79  | 1.79  | 1.82  | 1.80  | 1.79  |
| (3) Jiryo          |            |            |       |       |       |       |       |       |
| d = s. s.          | $\tau$     |            | 0.052 | 0.068 | 0.107 | 0.141 | 0.142 | 0.167 |
|                    | $\gamma_d$ |            | 1.21  | 1.23  | 1.22  | 1.25  | 1.23  | 1.23  |
| d < s. s.          | $\tau$     |            | 0.047 | 0.087 | 0.108 | 0.126 | 0.146 | 0.164 |
|                    | $\gamma_d$ |            | 1.40  | 1.41  | 1.41  | 1.42  | 1.41  | 1.42  |
| d > s. s.          | $\tau$     |            | 0.051 | 0.088 | 0.108 | 0.119 | 0.145 | 0.154 |
|                    | $\gamma_d$ |            | 1.19  | 1.21  | 1.25  | 1.21  | 1.23  | 1.23  |
| mixed              | $\tau$     |            | 0.052 | 0.068 | 0.107 | 0.141 | 0.173 | 0.201 |
|                    | $\gamma_d$ |            | 1.52  | 1.55  | 1.55  | 1.49  | 1.53  | 1.53  |

unit  $\sigma_N$  : kg/cm<sup>2</sup>,  $\tau$  : kg/cm<sup>2</sup>,  $\gamma_d$  : g/cm<sup>3</sup>

5の内, 風化度の極端に違う Shimane の試料とそれらと対照にするための標準砂を用い, さらに比較考察のために粒径範囲を以下の4つのグループに分類した。

- ①  $d < 0.25\text{mm}$  (以下,  $d < \text{s. s.}$  とする)
- ②  $0.25\text{mm} < d < 0.42\text{mm}$  (以下,  $d = \text{s. s.}$  とする)
- ③  $0.42\text{mm} < d$  (以下,  $d > \text{s. s.}$  とする)
- ④ 混合試料 (攪乱に同じ, 以下, mixed とする)

#### 2) 粒度組成と強度定数について

Tab. 3には分類された粒径ごとに行なった試験の結果について, それぞれの  $\sigma_N$  ごとに  $\tau_{15}$  と  $\gamma_d$  を示す。Tab. 4には Tab. 3の結果より計算した強度定数  $C$ ,  $\phi$  を示す。まず Fig. 6に標準砂について  $\tau_{15}$ - $\sigma_N$  曲線を示す。これによると砂のせん断では  $\phi$  が  $\gamma_d$  の差に

より大きく変動することがわかる。したがって攪乱試

Table 4. Dynamic coefficients of Coulomb's law

| Sample                  | C                        | $\phi$ |
|-------------------------|--------------------------|--------|
| standard sand (1)       | 0.011 kg/cm <sup>2</sup> | 28.63° |
| (2)                     | 0.009                    | 39.40  |
| Kojiro(lower) d = s. s. | 0.004                    | 35.25  |
| d < s. s.               | 0.020                    | 24.85  |
| d > s. s.               | 0.028                    | 33.82  |
| mixed                   | 0.010                    | 36.78  |
| Jiryo d = s. s.         | 0.025                    | 25.23  |
| d < s. s.               | 0.043                    | 21.73  |
| d > s. s.               | 0.031                    | 24.13  |
| mixed                   | 0.017                    | 31.00  |

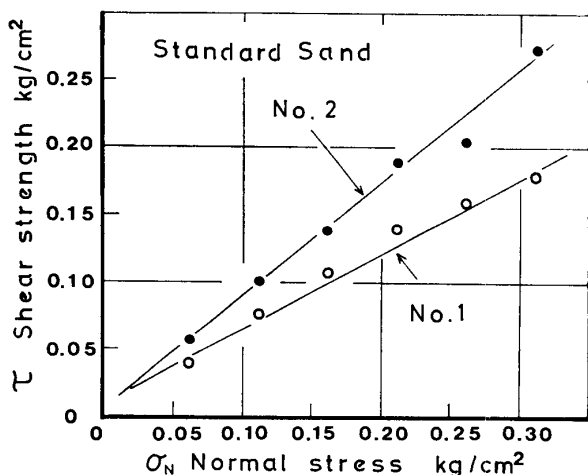


Fig. 6. Relation between shear strength and normal stress of standard sand

料を用いて試験を行なう場合には、試験条件をそろえるために  $\gamma_d$  に対して一定の水準を与えることが必要だと思われる。しかしながらこれまでは、むしろ圧密、排水条件の方が重要視され議論されてきたように思われる<sup>7)</sup>。さて今回の試験についてもフルイ分け作業は十分時間をかけたのであるが、実際にはごく細粒の粒子が相対的に粒度の大きい粒子に付着したまま十分に分散され得なかったと思われる事が強度試験結果からもうかがえる。しかもその程度はより風化の進んだ粘土化の著しい Jiryō の試料で顕著であったと思われる。また試料は一定の  $\gamma_d$  値になるように締め固めるが、圧密後試料を飽和させる給水過程で過圧密状態になっていた試料、例えば Jiryō の  $d = s.s.$  や  $d > s.s.$  などでは試料が膨潤し垂直応力だけではそれを抑えき

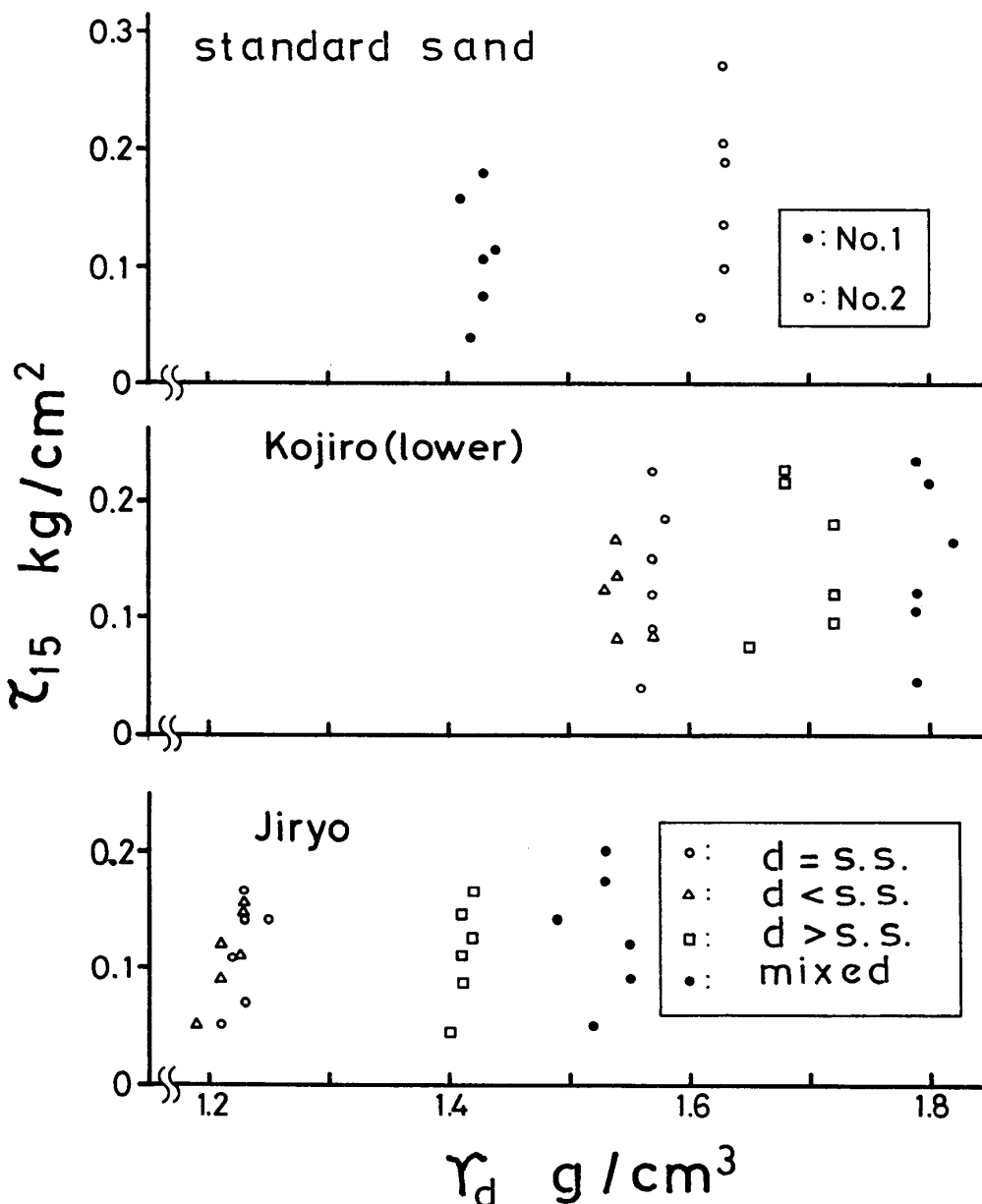


Fig. 7. Relation between shear strength and dry unit weight



れず実際の値がかなり小さくなったり、逆に給水過程でより圧密が進んだりして結局 Tab. 3 のように  $\gamma_d$  には大きなバラツキが生じてしまっている。そこで  $\gamma_d$  のバラツキの強度に対する影響を見るために Fig. 7 を作成した。標準砂についてはすでに見たように  $\gamma_d$  の増加にともないせん断強度が増加している。Kojiro (lower) については  $d < s.s.$  を除いていずれも  $\gamma_d$  にも粒度組成の違いにもよらずせん断強度は一定値を示し、 $d < s.s.$  だけが他の3つのグループ水準を大きく下回る値をもっている。次に Jiryō については mixed が他に比べてやや大きいせん断強度をもつものを除いて他は  $\gamma_d$  にも粒度組成にもよらず一定である。なお両方の試料とも値の大小はあるが締め固めの密度、すなわち  $\gamma_d$  はいずれも  $d < s.s.$ ,  $d = s.s.$ ,  $d > s.s.$  として mixed の順に大きくなる。 $d > s.s.$  についてはフルイ分けの程度も関係するであろうが  $d < 0.15mm$  の粒子を含み得る可能性があるため比較的粒度は良いであろうし、mixed については当然粒度は良好なために密度が大きくなったものと思われる。以上のことは Fig. 8, 9 の Kojiro および Jiryō の  $\tau_{15}-\sigma_N$  直線を参照すればさらに明確となる。すなわち Kojiro では先にものべたように  $d < s.s.$  が他のグループから飛び離れて  $\phi$  も小さい。しかし Fig. 6, 7 を対照にし、

この試料が相当新鮮である<sup>4)</sup> ことを考えるとせん断強度がほぼ標準砂のそれに近く、そのかわり粒度が良好なために  $\gamma_d$  がかなり大きな値を示すことが理解できる。次に Jiryō については Kojiro とは違って前報<sup>4)</sup> でも明らかなように風化の程度が相当進んでいるため、強度自体の発現の様子からは粒度ごとに分類した意味がなかったと思われる。ただし試料の状態が攪乱状態であるため前項でみたように当然強度は相対的に高くなっている。そのため mixed では  $\gamma_d = 1.53g/cm^3$ ,  $\phi = 31^\circ 00'$  と標準砂の試験値の中間の値を示している。以上をまとめてみると風化の程度が攪乱した試料の乾燥密度を規定する。すなわち標準砂を粒度の規準と考えて粒度のグループ分けを行なったそれぞれのどのグループを取り上げて比較しても程度の差はあっても風化度に対応した密度の傾向を示す。また強度定数については攪乱し調整されたそのままの試料の  $\phi$  によって相対的な強度の評価ができると思われる。その際、標準砂を強度および風化の程度をあらわす規準として用いることが可能と思われる。次に粘着力成分Cの大きさについてはいずれもほぼ砂質土と考えてよい程度の値を持つが、標準砂に比べて若干大きめのCを持つ。これは粘土化した細粒の粒子が含まれたためと考えられる。最後にせん断中の体積変化は試料がいずれもか

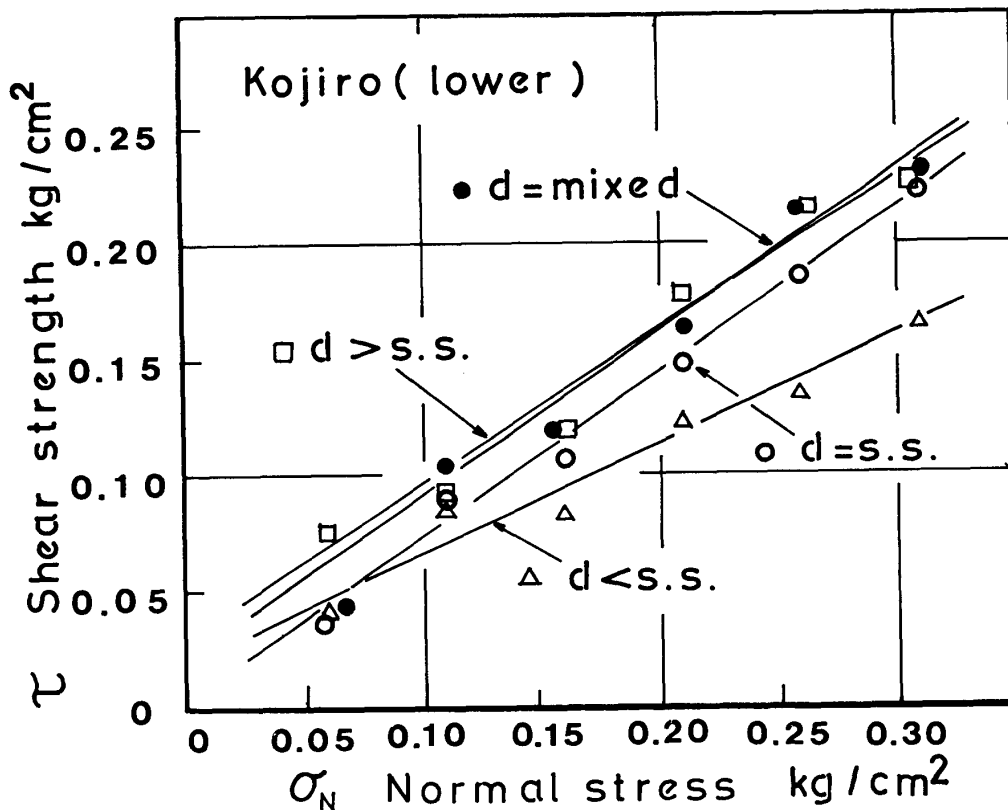


Fig. 8.  $\tau-\sigma_N$  relation of Kojiro (lower) under the effect of grain-size distribution

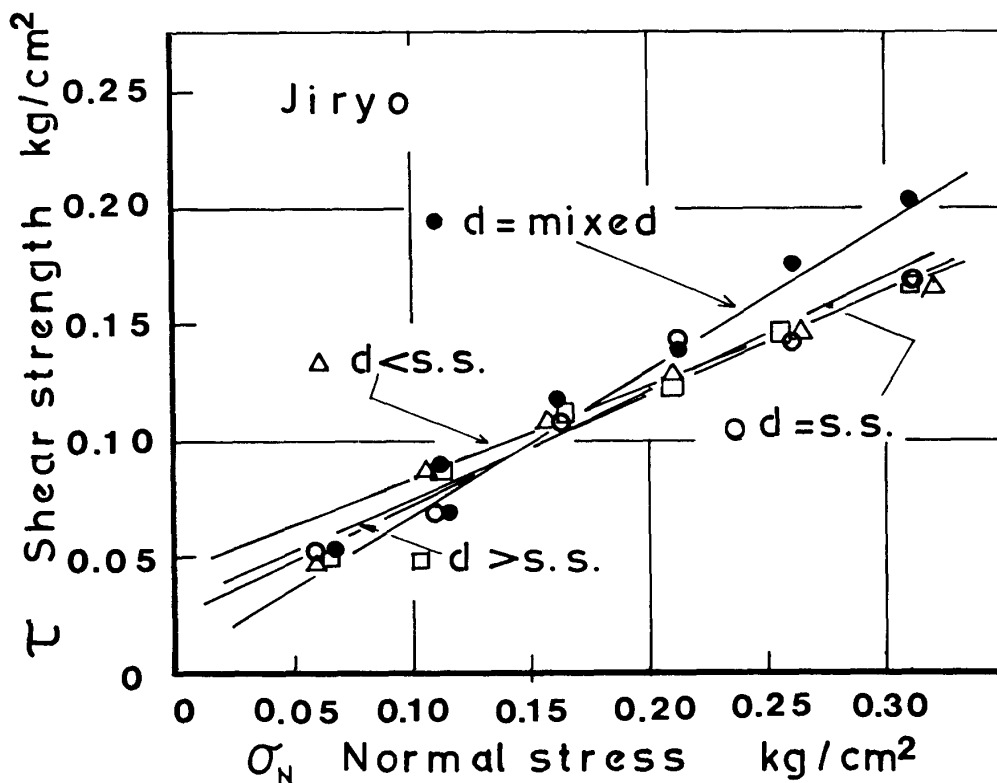


Fig. 9.  $\tau$ - $\sigma_N$  relation of Jiryo under the effect of grain-size distribution

なり密な状態に締め固められていたためせん断開始と同時に主として正のダイレイタンスー、体積膨張が現われ、粒径の均一な  $d = s.s.$  や  $d > s.s.$  ではその程度が極端であった他は密な砂に典型的な体積変化の様子を示した。

以上、風化花崗岩類について定性的な考察を行ってきたが今後は定量的にも議論ができるようにさらに多くの実験的研究を積み重ね、内容を充実したものにしていこうとするものである。

本研究の実施にあたりまして適切な助言をいただきました大手桂二教授に感謝の意を表しますとともに、資料整理の御協力を願いました、現在、京都府土木部勤務の藤原信二氏ならびに熊本県林務部勤務の矢野亮一氏の労に対し深甚の謝意を表します。

#### 引用文献

- 1) 田中 茂・沖村孝(1976): 自然斜面の土層構造と山崩れ深さの関係について第13回自然災害シンポジウム講演集 P. 237-238
- 2) 網千寿夫・中田雅博(1977): まさ土斜面の崩壊と

自然試料のせん断強度について第12回土質工学研究発表会 昭和52年度 発表講演会講演集 P. 885-888

- 3) 日浦啓全・大手桂二・日置象一郎・村上公久(1977): 山地における生産土砂量の推定方法について (I) 昭和52年度砂防学会研究発表会概要集 P. 8-9
- 4) 日浦啓全・佐々恭二・大手桂二・武居有恒(1978): 風化花崗岩類地帯における斜面崩壊に関する研究(1)―風化度とせん断強度性について―京都府立大学学術報告農学編第30号 P. 47-57
- 5) 山田清臣(1965): 砂のせん断に関する一斉試験土と基礎 Vol 13, No.2 P. 89-92
- 6) 海堀正博・佐々恭二・武居有恒・山下 勝(1980) 等圧一面, 等体積一面, 単純せん断試験について 求まる砂の内部摩擦角  $\phi$  の違いについて昭和55年度砂防学会研究発表会概要集 P. 54-55
- 7) 土質試験法(土質工学会)(1967) 第10章せん断試験 P. 264-301

#### Summary

Author made strength test on weathered granitic rocks, which are weathered Granodiorite gathered

at Ohara-gun, Shimane Prefecture and weathered Granite at Mt. Hiei, Kyoto and at Mt. Tanakami,

Shiga Prefecture.

The tests are simple shear test done considering the dynamic condition of soils near the surface of mountain slope. By these tests author found results below:

1. As the degree of weathering progresses, the value of angle of shearing resistance  $\phi$  of non-disturbed samples decreases and that of cohesive intercept C increases to the contrary.

2. The dynamic coefficients  $\phi$  and C of disturbed samples are of the same characteristics as non-disturbed samples and their behaviour during shear are much more likely to the sand.

3. Comparing the results of tests with the one previously done, it is recognized that the line of Coulomb's failure law bends at  $\sigma_N=0.5 \text{ kg/cm}^2$ , but the line of non-disturbed samples bend contrary to that of disturbed samples.

4. The grain-size distribution is valid for indicating the degree of weathering. In case of consolidation of disturbed samples, much weathered sample has less value of dry unit weight.

5. The dynamic attributes of standard sand are valid as standard to indicate the degree of weathering.