

粘性土の構造と力学的特性

嘉 門 雅 史*

Structure of Clay Soils and its Influences on
Engineering Properties
Masashi KAMON
Dept. of Civil Engineering, Faculty of
Engineering, Kyoto University

I はじめに

粘性土の力学的挙動の説明には、その構成している粘土鉱物が表面活性なものであるゆえに、物理化学的な性質の究明、およびそれに基づいた粘性土の応力ヒズミ関係の確立が必須のものとなりつつある。ところで、粘性土の微視的、物理化学的研究においては、物理化学的作用力そのものが粘性土に与える影響に着目した研究と微視的な土の構造に関する研究とがみられる。前者については電気化学的な取扱いと界面化学的な取扱いとを粘性土の力学的性質へ組み込みをはかったものであり、これらすべてを含めるとすれば莫大な数の報告となるであろう。これらの研究の現況は、特定で、しかも単一の粘土鉱物からなる土に限って電気2重層の理論を發展させ定性的な関連づけがなされている。しかしながら、一般的な組成をもった粘性土や粘土地盤においては、ほとんど定性的にも説明されえないままのようである。後者については微視的構造が、その粘性土が過去にうけていた物理化学的な作用力の結果としての粒子配列を表わすものであり、そのため現在の土構造を知って、過去に経てきた環境と、今後の土の挙動をある程度推定することが可能になりつつある¹⁾。

以上のような現状認識を背景にして、ここでは界面化学的な影響にもとづく微視的構造の変化については省略し、一般的な粘性土の構造が、力学的な作用によってどのような形態をとるかという点の研究に限ってまとめることにする。

粘性土の構造に関する研究は、古く Terzaghi (1925)²⁾、Casagrande (1932)³⁾の時代にさかのぼることができる。初期の“構造”は単に巨視的な意味での粒子

の配列であったが、物理化学理論の進展に伴い、電気化学性を加味した粘性土の構造が議論されるようになった。しかしこれらはあくまでモデルであり、実際の粒子配列を直接的に示したものではなかった。ところが、近年、分析技術の飛躍的な発展によって、きわめて微視的な考察が各種の手段を用いて目に見える形で現出してくるようになり、粘性土の構造に直接アプローチする研究がなされつつある。このような粘性土の構造に関する研究を土質力学、土質工学の立場から位置づけると図一1のように表現されるであろう。

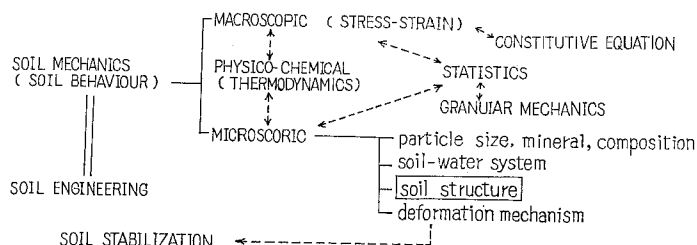
粘性土の構造に関する研究を大きく2つに分類すると、

- (1) 微視的構造の的確な把握と表現のための研究
- (2) 巨視的挙動との関連性を明らかにする研究

のようになる。よって、つぎにこのそれぞれについて説明することにする。

II 微視的構造の把握と表現

従来からなされている数多くの研究では主として電子顕微鏡やX線回折などを用いて行なわれてきた。それらは表一1のようにまとめることができる (Mitchell (1976)⁴⁾ による表を補足修正したもの)。これら機器を用いた構造研究にあつては、分析に至るまでの試料の調



図一1 構造研究の位置づけ

* 京都大学工学部土木工学教室

表—1 構造研究のための手法

Method	Basis	Scale of Observations and Features
Optical Microscope (Polarizing) Mitchell (1956) Lafeber (1964) Morgenstern et al (1967) etc.	Direct observation of fracture surfaces or thin sections	Individual particles of silt size and larger, clay particle groups, preferred orientation of clay, homogeneity on a millimeter scale or larger, large pores, shear zones, Useful upper limit of magnification about $\times 300$
Electron Microscope Many Investigators	Direct observation of particles or fracture surfaces through soil sample (scanning electron microscope) observation of surface replica (transmission electron microscope)	Resolution to about 100 \AA ; Large depth of field with SEM; direct observation of particles; particle groups and pore space; details of microfabric
X-Ray Diffraction Meade (1961) Martin (1966) etc.	Groups of parallel clay plates produce stronger diffraction than randomly oriented plates	Orientation in zones several square millimeters in area and several micrometers thick; best in single mineral clays
Transmission X-Ray (X-Radiographs) Kenney et al (1972)	Nondestructive method	Useful information on stratigraphy, fabric, particle size, etc. can be provided still in sample tube
Pore Size Distribution Diamond (1970) etc.	(1) Forced intrusion of nonwetting fluid (usually mercury) (2) Capillary condensation	(1) Pores in range from 0.01 to $10 \mu\text{m}$ (2) $0.1 \mu\text{m}$ maximum
Acoustical Velocity Tovey (1973)	Particle alignment influences velocity	Anisotropy; measures microfabric averaged over a volume equal to sample size
Dielectric Dispersion Electrical Conductivity Arulanandan et al (1973)	Variation of dielectric constant and conductivity with frequency	Assessment of anisotropy; flocculation and deflocculation; measure microfabric averaged over a volume equal to sample size
Thermal Conductivity Penner (1963)	Particle orientations influence thermal conductivity	Anisotropy; measures microfabric averaged over a volume equal to sample size
Magnetic Susceptibility Osipov et al (1973)	Variation in magnetic susceptibility with change of sample orientation relative to magnetic field	Anisotropy; measures microfabric averaged over a volume equal to sample size

整方法に種々の問題点を包含しており、(Barden and Sides 1971)⁵⁾、試料のサンプリング時の乱れの影響は土の種類とサンプリング方法に左右され(Barden and McGown, 1973)⁶⁾、間ゲキ水の除去方法については freeze-drying が最良であること (Gillott, 1969⁷⁾; Tovey and Yan, 1973⁸⁾、松尾、嘉門, 1973⁹⁾、含水条件下での電子顕微鏡観察は、粘土を特殊な Cell 中に保持し、高加速電圧下ではじめて可能となること (Pusch, 1967)¹⁰⁾などが報告されている。

また、微視的構造に関する研究を巨視的な力学挙動へと展開するためには、その構造の定量的な評価方法の確

立が必要とされるが、研究者によって異なった種々の方法が用いられ、未だ完全なもののみあたらない。これまでに用いられている定量的表現の手法は以下のようである。

(a) Kozeny-Carman の式を用いる方法 (Lambe, 1958¹¹⁾など) 締固め土に対して、巨視的パラメーターである透水係数に着目し、構造項 $K_0 S^2 = e^3 / R(1+e)$ で整理する。この方法は粘性土の物理化学的特性、特に間ゲキイオンの種類と濃度に強く影響され、一応の目安とはなるものの、値そのものにはそれほどの意味をもたない (Olsen, 1962)¹²⁾。

(b) 光学顕微鏡を用いる方法 (Wu, 1960¹³⁾; Morgens-tern and Tchalenko, 1967¹⁴⁾ など)

偏光顕微鏡を用い、自然粘性土のスベリ面を観察し、 $\beta = (\text{最小強度}) / (\text{最大強度})$ の偏光比 (Birefringence ratio) によって半定量的に求めたものである。

(c) 相対的粒子接触の方法 (Lafeber, 1966)¹⁵⁾ 光学顕微鏡写真を分析し、粒子と間ゲキの出現の程度から、これらの成分パターンの空間分布を表現したものである。構造の経時的な変化を定量的に比較するには無力である。

(d) X線回折強度比を用いる方法 (Meade, 1961¹⁶⁾; Martin, 1966¹⁷; Quigley and Thompson, 1966¹⁸⁾; Yoshinaka and Kazama, 1973¹⁹⁾; 村山, 平山, 1974²⁰⁾ など)

結晶性の大きい板状粘土鉱物の回折強度や、回折面積、(002/020) などを用いて方向性を表現する。測定値の変動が大きく、結晶性の悪い粘性土や多種粘土鉱物からなる土などは、適用はほとんど不可能である。

(e) 極点図を用いる方法 (Lafeber, 1964²¹⁾; Borodkina and Osipov, 1973²²⁾)

板状粒子の底面の方向を極点で代表させ、それをステレオ投影したものである。図表の作成、判読に熟練を要す。

(f) 電子顕微鏡を用いる方法、(Foster, 1973²³⁾; Tovey, 1973²⁴⁾; Matsuo and Kamon 1973²⁵⁾; McConachie, 1974²⁶⁾ など)

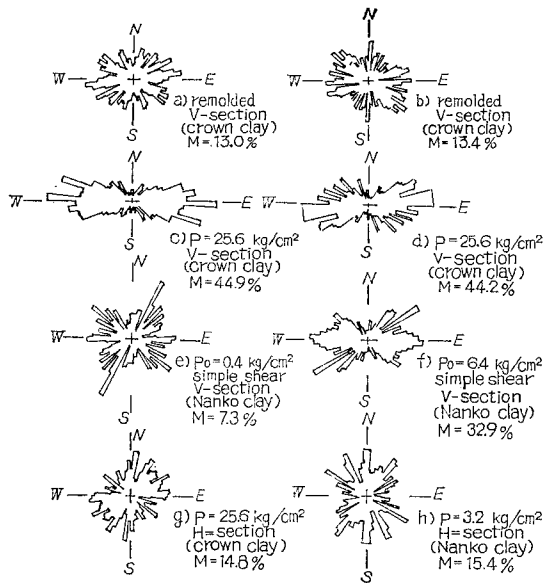
(i) 粒子配列の配向度を表わすパラメーター (projection, area, count, length, breadth, pore size など) を測り、これによって微視的構造を記述する。

(ii) ステレオ写真から Optical Transform method を用いて粒子の空間座標を測定し、配列状態を知る方法。

iii) 粒子傾斜角頻度図から、ベクトル和、ベクトル方向を測定し、力学特性との相関で構造を示す方法。

それでは(f)のiii)の場合を例にとりて少し詳しく説明する。

力学的な作用で土構造に変化を与えた供試体を走査型電子顕微鏡で観察し、えられた観察写真から任意に抽出した写真について粘土粒子の端部の傾斜角分布を測定する。測定された粒子傾斜角頻度分布の例を図一2に示している。傾斜角分布の測定は試料の鉛直断面に関する顕微鏡写真についてのみが解析に使われることが多いが、その理由は粘土粒子がおもに板状鉱物から成っているため水平断面では粒子端部の配列方向の優先性がおこりえないためである。これは図一2のg), h)に例示されているが、明らかに水平断面での粒子端部の出現は、観察面に対し全方向的に近いといえる。図一2のa), b)



図一2 粒子傾斜角頻度図

は繰り返した後静置した試料であり、c), d)は 25.6 kg/cm² まで圧密したものである。両者の差が圧密作用によって粒子配列に優先方位が生じる結果を示している。この差を定量的に示すものとして、ベクトル表示 (θ, M) を用いることができる。 θ 値は鉛直方向に対する全粒子端部の優先傾斜角を示すものであるが、土構造における配向の程度を表わすものではない。よって、ここでは M 値

$$M = \frac{100}{\sum n_i} \sqrt{(\sum n_i \sin 2\theta_i)^2 + (\sum n_i \cos 2\theta_i)^2}$$

n_i : 頻度図の5度の間ゲキごとに含まれる粒子数

θ_i : それぞれの間ゲキにおける平均方向

を用いて配向の程度を検討する。なお南港粘土のようにシルト径を含むような場合には、粗大粒子に対して重み係数を付与している。

以上は一つの例であるが、これらの手法はあくまで微視的な観点から土粒子の配列あるいは間ゲキの出現の仕方などに着目し、結果として地盤の土構造の定量的表現 (代表値) を試みたものである。しかしながら、解析されるサンプルが“微視的オーダー”であるがゆえに、取扱う研究者によって、主観的判断、個人誤差などが混じることも多く、より客観的な表現のために、統計的な手法の導入が必要である。

また、構造パターンについては、粘土鉱物の単一粒子がその物理化学的の平衡のみで存在するのではなく、団粒した形状をとっていることが認められつつある。この団粒こそが土構造の分散性、あるいは綿毛化性などを左右するものである。よってこの粘性土の凝集体 (団粒) を

最小の単位とみなすことができる。しかしながらその表現としてはドメイン、ブロック、ブロック、クラスター、アグリゲート、パケット、ベッド、アッセンブリなどの術語が用いられている。これらの術語はもちろん、それぞれニュアンスの差をもち、場合に応じて用いられているものの、厳密な定義づけをされないで用いられることが多く、用語に混乱をきたしているようである。その原因としては、結局のところたくさんの「術語」がありすぎることに つきるのであろう。そこでこれらを整理する意味で、粘土の構造を構成する基本単位として、凝集体についてはベッド(ped)を、そのまわりの間ゲキについてはポア(pore)をそれぞれ用いることを提案した¹⁾。

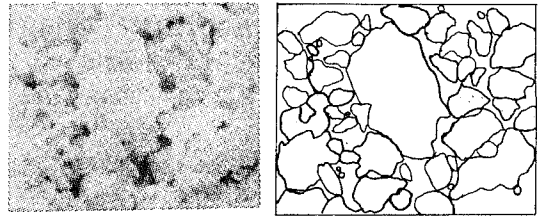
表一 2 ped と pore の定義

macroped ($>50\mu\text{m}$)	—by naked eye and spy glass
macropore ($>10\mu\text{m}$)	
mesoped ($2\sim50\mu\text{m}$)	—by optical microscope
mesopore ($1\sim10\mu\text{m}$)	
microped ($0.1\sim2\mu\text{m}$)	—by scanning electron microscope
micropore ($0.01\sim1\mu\text{m}$)	
submicroped ($0.1\mu\text{m}$)	—by transmission electron microscope
submicropore ($<100\text{\AA}$)	

ped と pore の対応関係は表一 2 のとおりである。大きく分類する場合には macroped と microped の二つで十分のときもあるが、表のようにして統一的に表現し得るものである。なお submicropore には土粒子内間ゲキをも含まれている。

以上のように基本単位を定めると、ped は物理化学的な力の作用する上限の単位とみなすことができる。そして ped 内部では安定状態に至り、ped 間においては単に機械的な力のみが作用すると仮定することができる。なお外力による ped の変形は許し、ped 中の pore の変化は物理化学的な力の平衡に依存するものとする。このような立場から ped の変形を取扱ったものを以下で紹介する。

正規圧密された粘性土についての例である。ped の観察は走査型電子顕微鏡を用い、試料の堆積断面すなわち最大主応力方向面 (V 一面) における状況を測定している。1つの検鏡供試体 (サイズは約 5mm 平方) から写真撮影面は X 一、Y 一方向ともに 5~6 枚の写真を取り、1断面につき約 10 箇の検鏡供試体がとられている。電子顕微鏡の観察倍率は X500 に統一して解析しているが、これは主として $1\sim50\mu\text{m}$ の ped 粒子を観察することになり、粘土分とシルト分との相関にもとづく ped に着目することになって、砂分については考慮の範囲外である。得られた ped の観察写真は図一 3(a) のようである。

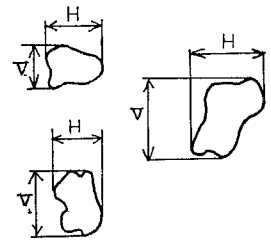


(a) 電顕写真-自然堆積時 (b) 左の写真の ped のトレース
×500 $40\mu\text{m}$

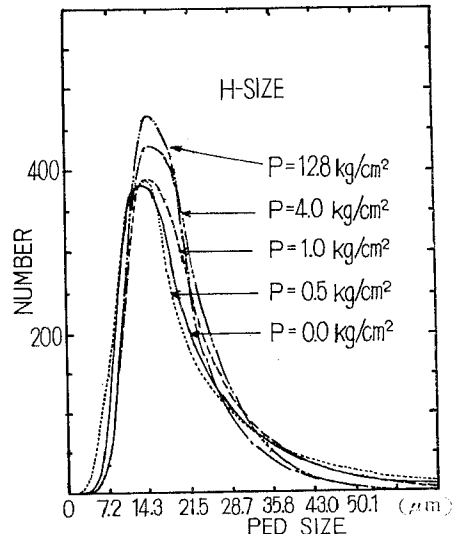
図一 3 ped の 観 察

写真観察によれば、ped の形状は自然堆積時の角ばった形から、圧密過程の進行とともに角がとれて滑らかな球形へと変化しているようである。

ped の粒径の識別方法としては、電子顕微鏡写真から ped の形状を、例えば図一 3(a) から (b) のようにトレースして、その定方向径を図一 4 のように H-方向、V-方向のそれぞれを読みとるものである。定方向径を採用したのは写真でもわかるように ped の形状が不均質であるから長軸、短軸の識別が困難なためである。



測定された ped の半径は 図一 4 定方向径



図一 5 ped の H-方向径の頻度分布

$1\mu\text{m}$ から最大 $150\mu\text{m}$ までである。これらの頻度分布 (H-size) を示すと図一 5 のようになる。電子顕微鏡による粒径測定に特有の左の方への偏りを曲線は示し、正規分布をなしていない。グラフから D_{50} (これ以下の粒

径の ped の数と、これ以上の粒径の ped の数が等しい) と D_{mod} (全粒径の平均値) とを読みとると、それらは $+4\mu\text{m}$ の偏りをもち、 D_{50} が曲線のピークの右方へずれている。この状況は、圧密の載荷荷重の増加によっても同様な傾向を有しているが、ただ、曲線の形状が尖ってくる、すなわち偏差が少なくなる傾向を示している。なお、 D_{50} は $10\mu\text{m}$ から $19\mu\text{m}$ 程度であり、これは著者らが以前に定義した ped の粒径からすれば mesoped の領域である。また図-6 は用いた試料の完全分散状態

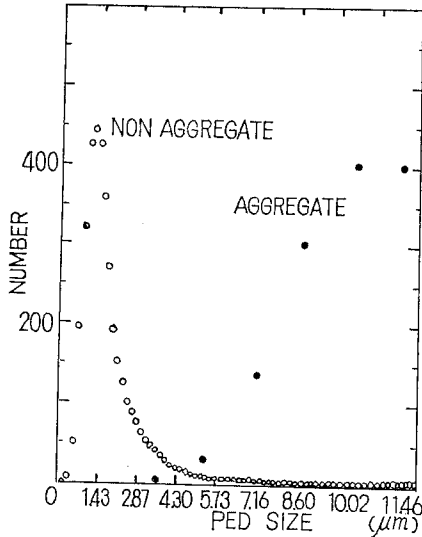


図-6 完全分散状態の ped 径分布

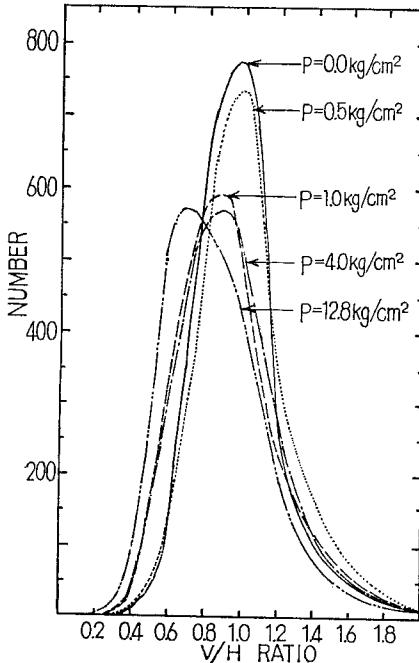


図-7 走方向径比頻度分布

表-3 D_{50} の変化

	V-size	H-size	V/H
Sedimentation	17.3 μm	17.7 μm	0.97
P=0.5kg/cm ²	18.3 μm	18.3 μm	1.00
P=1.0kg/cm ²	17.4 μm	19.2 μm	0.90
P=4.0kg/cm ²	15.9 μm	17.6 μm	0.91
P=12.8kg/cm ²	14.8 μm	18.0 μm	0.78

の V-size の頻度分布である。図中の黒丸は、 $p=0.0\text{kg/cm}^2$ のときの ped の V-size を示し、通常の出現状況が大きく団粒化していることを明瞭にあらわしている。

さらに、定方向径の比 V/H を個々の ped についてとったものが図-7 であり、載荷荷重の増加にともなって、当然のこととはいえ V/H が 1 から 0.7 へと減少している。これらの結果をまとめると表-3 のようになる。

III 巨視的な力学挙動との関連性

巨視的な力学挙動への展開手法については未だ定説は確立していない。粘性土の変形・強度特性と微視的構造モデルとを関連させた研究がいくつかみられる程度である。以下に簡単にまとめてみる。

(a) 鋭敏比——粘性土を乱した場合には、乱さない場合と比較して大きく強度を減ずるものである。これは粒子が微細な粘土などでおおわれ、この被覆部分が破壊され、ひいては団粒自体も破壊され、強度が減少する。

(b) 収縮性・膨潤性——板状粘土粒子の堆積時の方向性の相違および圧縮時の配向性の差が土に異方性を生じさせる。これによって水分変化にともなう体積変化時に方向性をもつようになる。

(c) 締固め特性——締固め曲線の原因が構造の差であり、また締固め方法の差によっても変化する。

(d) 圧縮性——圧密が進行するにつれて粒子の配向性は増大し、これは団粒間の配向で示されている。よって変形の異方性が大きいものである。Ko-圧密した時は等方圧密より異方性は大きいとされている。

さきに示した構造の定量的表現 M-値を用いて表わすと図-8 のようになる。M-値の分散は図でみるように相当大きくなっているが、多種の試料を一つの直線で示しており、それら試料の間ゲキ比の差にもかかわらず、一つの範囲に統合される傾向が読みとれる。最小自乗法によってえられた $M \sim \log P$ 関係は $M = 0.13 \log_{10} P + 0.26$ (ただし M は 0.00 ~ 1.00 の範囲とする) のように表わされる。これから $M = 0$ (0%), 1 (100%) のときの載荷重 P はそれぞれ約 10^{-2} , 10^3kg/cm^2 となり、通常の $1 \sim 5 \text{kg/cm}^2$ 程度までの荷重範囲では、粒子の完全配向はおこりえず、ped を形成して挙動するものである。

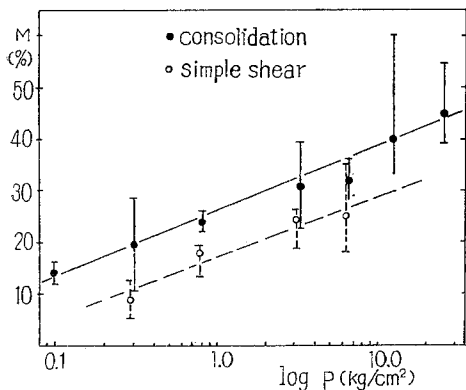


図-8 M~log p 関係

図には試料の単純せん断試験結果についてもつけくわえられているが、破壊時のM値を初期の p_0 に対してプロットしている。データの数が少ないため、結論的にはいえないが、せん断によってM値の低下をきたしている。供試体にせん断を生じさせるとせん断方向への粒子の配向がみられるとされているが、単純せん断であることから、ここではせん断によるすべり面の形成がおりえないためであり、せん断変形によって ped の回転が生じること起因するものと考えられている。

また別に、Kaolin clay を 1000 kg/cm^2 まで圧密してその $e \sim \log p$ 曲線が 0.15 kg/cm^2 付近で折れまがることから、この両側の領域で、構造の変化挙動が異なることが報告されている²⁶⁾。この原因としては、domain 間、粒子間の物理化学的結合の破壊によるとしているが、推論の域を出ていない。また Mesriら (1975)²⁷⁾は Mexico clay の圧縮性について検討し、その大きい圧縮性、2次圧密速度などの原因として、粘土を構成している加水ケイソウ土、smectite などの組成が主要因であるとしている。

さらに粘性土の圧密挙動においては、ped と pore の変形の概念図が図-9のように示されており特に間ゲキに着目した結果、macropore/micropore が土の鋭敏性の判断に有力であることが明らかにされている²⁸⁾。このような二次圧密すなわちレオロジー的挙動は、団粒内部の再配列によるものであり、これを加味したレオロジー式が提案されている。

(e) セン断特性——応力—ヒズミ関係の異方性は間ゲキ水圧に生じ、有効応力で整理すると構造の差はきわめて小さいものとされている。したがってダイレイタンスー挙動は構造の差と密に関連しあっている。

このような強度の異方性に関する問題は現在でも難問の一つとして残してされており、その究明は今後の課題である。

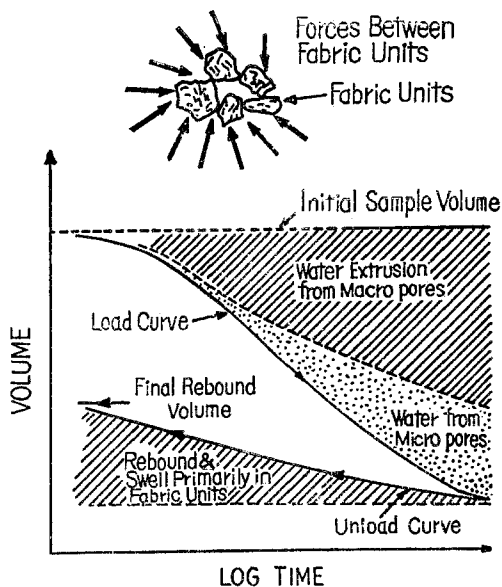


図-9 圧密現象の概念図

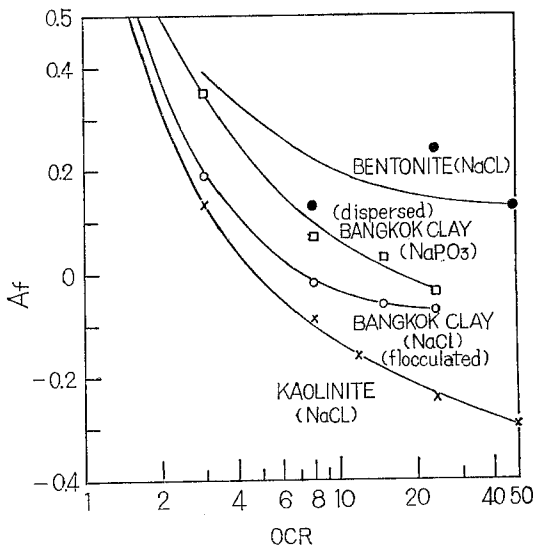


図-10 間ゲキ圧係数 A_f に及ぼす過圧密比 OCR の影響

また Bjerrum's concept (delayed compression 中にヒズミエネルギーがたくわえられ、せん断によってそれが解放されてダイレイタンスーを示す)を用いて、微視的構造とダイレイタンスー関係を取扱った例もある²⁹⁾。ヒズミエネルギーは圧密によって形成される bond によって蓄積されるから、bond の数が多い(粒子接触点数が大)、強力な bond を作り出す土がより大きいダイレイ

タンシーを發揮する。よって flocculated structure の方が dispersed structure よりも bond 数が多く、ダイレイタンシーも大きいだろうとの予測のもとで実験を行ない、図-10のようにそれが認められている。

IV おわりに

粘性土の力学的挙動と土の構造との関係を主として変形、強度特性から示したが、まえにもふれたように、理想的な材料や供試体による研究手法はある程度の特性の解明になっても、現場の条件そのものについては無力であり、一般的な粘性土について、これらの知見を加味した微視的構造モデルをより普遍的な形で確立することが今後の課題であろう。

参 考 文 献

- 1) 松尾新一郎・嘉門雅史(1976): 粘土の構造に関する用語について, 土と基礎, Vol. 24, No. 1, pp. 59—64
- 2) Terzaghi, K. (1925): Erdbaumechanik, F. Deuticke, Vienna
- 3) Casagrande, A. (1932): The Structure of Clay and its Importance in Foundation Engineering, Jour. Boston Soc. Civil Eng. Vol. 19, pp. 72—112
- 4) Mitchell, J.K. (1976): Fundamentals of Soil Behavior, John Wiley & Sons, Inc.
- 5) Barden, L. and Sides, G.R. (1971): Sample Disturbance in the Investigation of Clay Structure, Geotechnique, Vol. 21, No. 3, pp. 221—222
- 6) Barden, L. and McGown, A. (1973): Microstructural Disturbance in Soft Clays Resulting from Site Investigation Sampling, Proc., Int. Symp. Soil Structure, pp. 205—216.
- 7) Gillott, J.E. (1969): Study of the Fabric of Fine-Grained Sediments with the Scanning Electron Microscope, Jour. Sedimentary Petrology, Vol. 39, No. 1, pp. 90—105
- 8) Tovey, N.K. and Yan, W.K. (1973): The Preparation of Soils and Other Geological Materials for the SEM, Proc., Int. Symp. Soil Structure, pp. 59—68
- 9) 松尾新一郎・嘉門雅史(1973): 物理化学的見地からのいわゆるヘドロの工学的性質について, 土木学会論文報告集, No. 209, pp. 103—113
- 10) Pusch, R. (1967): A Technique for Investigation of Clay Micro Structure, Jour. de Microscopie, Vol. 6, pp. 963—1018
- 11) Lambe, T.W. (1958): The Structure of Compacted Clay, Proc., ASCE, Vol. 84, SM2, pp. 1—34.
- 12) Olsen, H.W. (1962): Hydraulic Flow through Saturated Clay, Proc., 9th Nat. Conf. Clays and Clay Minerals, Vol. 19, pp. 131—161
- 13) Wu, T.H. (1960): Geotechnical Properties of Glacial Lake Clays, Trans., ASCE, Vol. 125, p. 994
- 14) Morgenstern, N. R. and Tchalenko, J. S. (1967): Microstructural Observations on Shear Zones from Slips in Natural Clays, Proc., Geotechnical Conf., Oslo, Vol. 1, pp. 147—152
- 15) Lafeber, D. (1966): Soil Structure Concepts, Engineering Geology, Vol. 1, No. 4, pp. 261—290
- 16) Meade, R.H. (1961): X-ray Diffractometer Methods for Measuring Preferred Orientation in Clays, U.S. Geological Survey, Paper 424B, pp. B273—B276
- 17) Martin, R.T. (1966): Quantitative Fabric of Wet Kaolinite, Proc., 14th Nat. Clay Conf., pp. 271—287
- 18) Quigley, R.M. and Thompson, C.D. (1966): The Fabric of Anisotropically Consolidated Sensitive Marine Clay, Canadian Geotechnical Jour., Vol. 3, No. 2, pp. 61—73
- 19) Yoshinaka, R. and Kazama, H. (1973): Microstructure of Compacted Kaolin Clay, Soils and Foundations, Vol. 13, No. 2, pp. 19—34
- 20) 村山朔郎・平山英喜(1974): X線回折による圧密時の粘土構造に関する研究, 京都大学防災研究所年報, 第17号B, pp. 347—360
- 21) Lafeber, D. (1964): Soil Fabric and soil Mechanics, Soil Micromorphology, ed. Jongerius, A., Elsevier, pp. 351—360
- 22) Borodkina, M.M. and Osipov, V.I. (1973): Automatic X-ray Analysis of Clay Microfabrics, Proc., Int. Symp. Soil Structure, pp. 15—20
- 23) Foster, R. (1973): Analysis of Soil Microstructure, Proc., Int. Symp. Soil Structure, pp. 5—14
- 24) Tovey, N.K. (1973): Quantitative Analysis of Electron Micrographs of Soil Structure, Proc., Int. Symp. Soil Structure, pp. 50—57
- 25) Matsuo, S. and Kamon, M. (1973): Micro-

- scopic Research on the Consolidated Samples of Clayey Soils, Proc., Int. Symp. Soil Structure, pp.194—203
- 26) McConnachie, I. (1974): Fabric Changes in Consolidated Kaolin, Geotechnique, Vol. 24, No. 2, pp. 207—222
- 27) Mesri, G., Rokhsar, A. and Bohor, B.F. (1975): Composition and Compressibility of Typical Samples of Mexico-City Clay, Geotechnique, Vol. 25, No. 3, pp. 527—554
- 28) Yong, R.N., Sheeran, D.E. and Nagaraj, T. S. (1975): Soil Composition Control of Fabric and Response Behaviour, Proc., Int. Clay Conf., pp. 663—672
- 29) Nelson, J.D. (1973): Influence of Clay Fabric and Bonds and Dilatation, Proc., Int. Symp. Soil Structure, pp. 153—159

コ メ ン ト

山形大農学部 東山 勇

土質工学とか土木施工は、設計に必要な数値が要求される。ところで、土に力をかけた時にどのように挙動するかは、本シンポジウムで述べられた色々な土へのアプローチとは、またちがったアプローチのしかたである。その際、従来よくみられたように、力をかけたら単にこうなったでは、何も情報は得られない。なぜそうなるかを考え、新しい手法によりそれをみていこうとして、はじめて新しい情報が得られると思う。嘉門さんは peds がどのように構造変化や配列変化をおこすか、顕微鏡的観察とその表現の定量化、またそれによる変形特性、強度特性の説明など大変興味深い数々の説明を要領よくまとめておられる。こうした方向は土壌物理の発展にも今後大いに寄与しうると思われる。