

界面電気的性質からみた土の毛細管機構について*

准員 浅川 美利**

ON THE CAPILLARY MECHANISM IN SOIL BASED ON INTERFACIAL ELECTRO-PHENOMENA

by Mitoshi Asakawa C.E. Assoc. Member

Synopsis: In all branches of the soil mechanics, it is important that we know capillary mechanism of soil. But it is a very difficult question to discuss, since capillary systems of soil have many complex elements. In this paper the author discuss quantitative and structural properties of soil capillary based on electro-phenomena and permeability. The results indicated the following :

(1) The quantities of capillary system in single structural soil such as sand have close relations to the gradation, particle size and degree of compaction.

(2) The used method is a convenient and easy procedure to observe the capillary organism and density of soils.

In these studies, it is assumed that capillary condition of soil consists of idealized systems.

要旨 土の毛細管機構を知ることは、土質力学のあらゆる部門において必要なことである。しかし土の毛細管組織は非常に複雑なため、適切な方法でそれを知ることは容易でない。

本文は、土の界面における電気的性質と透水性とを応用して、土の毛細管機構を量的、構造的に考察した結果について述べる。

界面に生ずる特別な要因を除くと、次のようなことが言及できた：

- (i) 砂のような一次粒子構造をもつ上の毛細管組織は粒子の平均径を函数として量的に表わすことができる。
- (ii) この方法は、土の毛細管組織や粗密の状態などを知る上に簡便である。

I. 概要

一次粒子構造をもつような土の毛細管組織は、(a) 粒径、(b) 粒度、(c) 粒子のつまり方などの条件によつて変つてくるものと考えられる。そこでそれらの変動条件をあらかじめ分類して、試料に与えておき、実験結果に反映される影響などを考察した。たとえば粒径を 5 種のフュイで分けておいて、5 種の均一粒度の土を作り、更にそれらを適當な配合率で混ぜて色々な粒度の土を作つた。粒子のつまり方の条件としては、試料の間げき比が最大及び最小となるような compaction 効果をきめて取り扱つた。

毛細管機構の考察には、(A) 構造的性格、と (B) 量的性格とに分け、次のようなことがらについて検討した。

- (A)
 - (i) (a), (b) 及び (c) の条件に対する間げき量 (毛細管総合量) の変化。
 - (ii) 電気的方法による土の間げき量測定法の提案。
 - (iii) 毛細管わい曲度。
- (B)
 - (i) 毛細管の等値半径、径深、長さ及び本数の定量。
 - (ii) 透水に対し毛細管組織を考慮することの必要性。

II. 試料、実験方法及び装置

1) 試料及び溶液

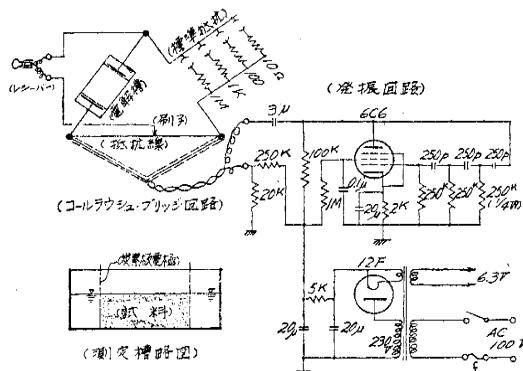
試料として多摩川産の砂をあらかじめ (1) 5.0~2.5, (2) 2.5~1.2, (3) 1.2~0.6, (4) 0.6~0.4, 及び (5) 0.4~0.0075 mm の 5 種 (図中 1, 2, …, 5 はこの番号を示す) にフュイ分け、これを均一粒度とした。更にこれらを 2, 3 及び 4 種といった具合に適當な配合率で混ぜ合せて 10 級の配合土を作つた。

電解質の温度や濃度などによる電導度特性の考察には標準砂を使用した。試料の compaction 効果は、完全乾燥した砂を一定高さ (ここでは便宜上 5 cm と定めた) から自然流し込みしたものと間げき比最大 (e_{max}) とし、

* 第 7 回日本工学大会土木部会講演会にて一部発表、** 日本大学助手、工学部土木教室

測定用の液で5回の水締めを与えたときの状態を最小間げき比(e_{min})とした。平均粒径(D_m で表わす)は、均一粒度ではフルイ間隔の中心値をとり、配合粒度ではその中心粒径のものを混ぜ合せたときの加重平均とし

図-1 電気抵抗測定装置



ら読み、標準抵抗 R_s と目盛 x とから $R_X = R_s(1-x)x$ によって抵抗を求めた²⁾。

測定槽は図-2(a)に示すようなベイクライト製のもので、内法は $150 \times 400 \times 65$ mm、電極間隔を5 cmごとに移動できる溝をつくつてある。電極には $\phi 1$ mmの孔を板一面にあけた厚3 mmの炭素板(有孔炭素板電極)

図-2 (a) 電気抵抗測定槽

電解質には濃厚液として 0.1 N の KCl を、稀薄液として 0.005 N の KCl を用いた。液及び試料の標準温度を 15°C として電気抵抗などを測定した。

2) 測定槽及び電気抵抗測定回路

電気抵抗測定装置として図-1のようなコールラウシュ・ブリッジ回路を用いた。この回路における標準抵抗は10 オームから1メガオームの範囲のもので、電導体の抵抗に応じて変化できる。発振回路は、630 c/s 附近の低周波発振¹⁾ができるようなものである。発振回路から測定槽に電流を通ずるとき、電導体の抵抗と抵抗線の抵抗とが平衡になるように刷子を動作させ、それをレシーバーの無音点の位置で目盛盤か

ら読み、標準抵抗 R_s と曰盛 x とから $R_X = R_s(1-x)x$ によつて抵抗を求めた²⁾。

で、内法は $150 \times 400 \times 65$ mm, 電極間隔を 5 cm ごと板一面にあけた厚 3 mm の炭素板(有孔炭素板電極)を用いた。これは電気抵抗と電気浸透測定に便利で、両目的を満足するように作つた。

電極の孔から試料が散出するのを防ぐため試料と

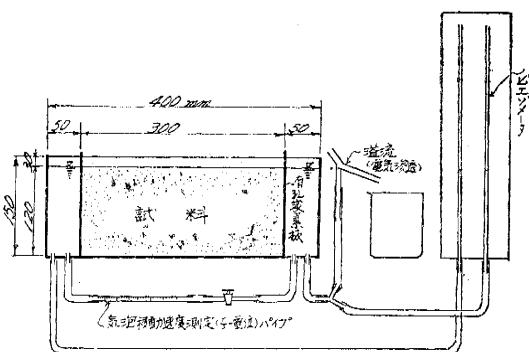
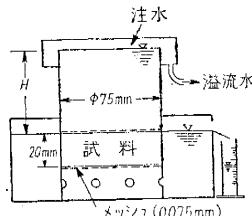


図-2 (b) 透水試験装置



極板との間に塩化ビニール網（0.05 mm メッシュ程度の網で、これを用いたときの電気抵抗の影響はあらかじめ測つておいた）を使用した。

透水試験には図-2(b)のような定水位装置のものを用い、透水度の低い場合には、これにゴム栓でスタンドパイプを設置して浸水位式とした。透過した水は溢流した量をピーカーでとり、その重圧をはかった。

3) 試料の電気抵抗及び透水に関する基本式

断面積 $A \text{ cm}^2$, 厚さ $L \text{ cm}$ の試料を圧力 $P \text{ kg/cm}^2$ のもとで透過する流量 $Q_h \text{ cm}^3/\text{sec}$ は、Poiseuille の法則に従うものとすると次式で表わされる。

ここで、 n_p : ($=e/1+e$) 開けき率、 k_h : ($=\bar{F}^2 \cdot r_w / q \eta$) 透水係数、 \bar{F} : 毛細管半径、 r_w : 流体の単位重量、 η : 流体の粘性係数、 i : ($=H/l$) 勃水勾配、 H : 水頭、及び l : 手細管長さである。

また既知の比電導率 κ_0 を有する液で飽和した試料の電気抵抗 R は、毛細管及び液条件に関して、

で表わされ、次式で与えられる。

$$R = K_r \cdot L / k_n \cdot A \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

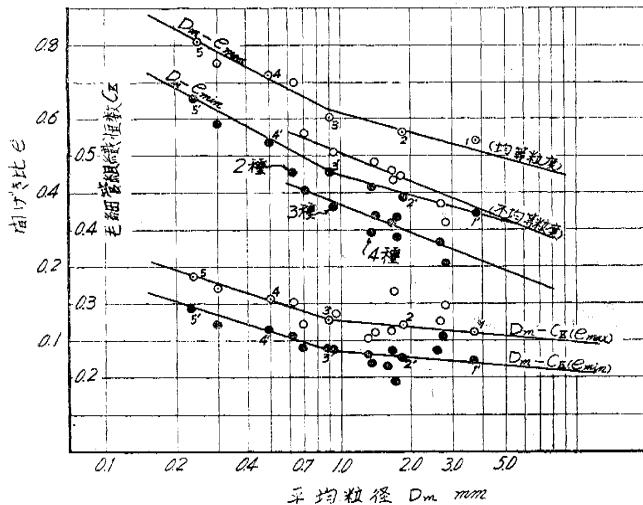
ここで、 K_r ：(= α/n_p) 形状係数³⁾、 α ：毛細管わい曲係数、 A ：加電面積、 L ：試料厚さである。

III. 土の間げき及び毛細管組織について

1) 粒径、粒度及び粒子のつまり方に対する開げき量と電導度

土の固げきは、毛細管の絶縁性を表わすものと考えて差支えないと思われるから、毛細管の組織を取り扱う

図-3 平均粒径に対する間げき比及び毛細管組織恒数



その変化は規則的である。(ii) 均一な粒度では、粒径と間げき比との関係において(0.9 mm附近)変換点⁴⁾が認められる。(iii) compaction 効果を同じくした場合、間げき比は均一粒度のものより2種以上の配合粒度の方が常に小さい値を示す。(iv) e_{\max} と e_{\min} の幅は粒度が均等化される程大きくなる傾向がある。

b) 電気抵抗及び電導度について

て:

基本式(2)及び(3)からも知られるように、液条件(濃度及び温度)が定まつた試料の電気抵抗及び電導度(抵抗の逆数)は、毛細管組織条件(例えば毛細管の長さ及び総断面積)によると考えられる。前に述べた考え方従うと、 $D_m - e$ の条件に左右される。図-4における $D_m - \kappa_{so}$ の関係では、 $D_m - e$ の結果と全く類似せる傾向である。従つて既知の液条件のもとで試料の電導率を知ることは、土の間げきの状態や締め固め効果などをしらべるのに便利な手段である。図-4の $D_m - \kappa_{so}$ の関係は、平均粒径に対する表面電導率の測定値を打点したものである。結果によると、平均粒径の大きくなる程、その表面電導率が大きくなり、一般概念の逆現象が表われた結果のようである。この場合、粒度自身の影響は直接反映されないが、試料の粗密の影響は判然としている。

2) 間げき量の電気的測定法

a) 電導体の比抵抗

断面積 $a \text{ cm}^2$ 、長さ $l \text{ cm}$ の電導体に一定の電流 $i \text{ amp}$ を通ずるとき、導体の電気抵抗 r はその比抵抗 $\rho \text{ cm} \cdot \text{ohm}$ とすると、次式で表わされる。

$$r = \rho \cdot l / a \quad \dots \dots \dots (4)$$

この考え方従つて、長さ $L \text{ cm}$ 、断面積 $A \text{ cm}^2$ の寸法の試料を電導率の解つている液で飽和し、それに $I \text{ amp}$ の電流を通ずるとき、その供試体の全電気抵抗 R は(4)式によつて、

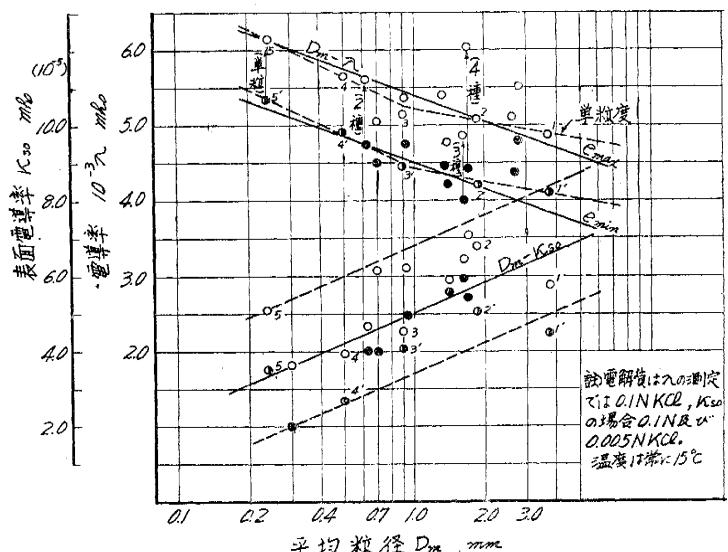
前に間げき量の変化を考察した。前に述べたように一次粒子構造をもつような土では、粒子の径、粒度及びつまり方などによつて間げき量が変化するものと考え、個々の試料にその条件を与えて間げき量をはかつた。

図-3における $D_m - e$ の関係は、試料の平均粒径に対する間げき比を上記条件に従つて打点したものである。またそれら条件下にある試料に対し、電導率及び表面電導率をはかつた結果が図-4に示すものである。それらの結果から一般に次のようなことがいえる。

a) 実測間げき量について:

(i) 土の間げき比は平均粒径の函数として考えうる。一般に平均粒径の小さくなるに従つて間げき比は大きくなり、

図-4 粒径変化と電導率及び表面電導率の変化



で表わされる。ここで ρ_A は飽和試料の見掛けの比抵抗である。いま用いた液の電導率が十分高いものであるとすると、供試体中を通る電流は、實際には電導率のきわめて低い土粒子部分を通らないで、液部分すなわち間げき部分のみを流れるものと考えて差支えないはずである。供試体の通電がこの考え方へ従えるものとすると、試料を入れた場合、電流が流れる面積は土粒子部分が占める量だけ元の液だけの面積よりも少くなる。更に、導体の長さが試料の毛細管のわい曲のため元の長さよりも増すことになる。それゆえ試料を入れたことによつて電気抵抗は増加する（図-5 参照）。

土の電気抵抗は理論的に(3)式が正しいものとして、(3)式と(5)式から、

$$\rho_A \cdot L/A = K_r \cdot \rho \cdot L/A$$

$$\therefore \rho_A := \rho \circ K_r$$

しかるに $K_r = \alpha/n_p$ (毛細管形状係数) であるから、

$$n_p = e/(1+e) = \alpha \cdot (\rho/\rho_A) \dots \dots \dots (6)$$

で土の間げき率と比抵抗比（液比抵抗に対する見掛けの比抵抗比）との関係が表わされる。（6）式における α は毛細管のわい曲係数で、直毛細管と考えられるものは 1 である。一般に土の場合、1.2～1.5 の範囲にあるものが多いようである。この方法は土の間げき量測定法として新しい試みのように思える。この考え方では土の毛細管が連続

で、かつ非毛細管部分が存在しないことが前提条件であり、また間げき部を飽和する液の性質は、試料を入れた後も変わることが必要な条件である。この方法の特徴は、毛細管のわい曲度と間げきの量をどちらか一つ定めることによって上の間げきの状態が簡単に測定できることである。また自然地盤で ρ_A を測定することができ、それを飽和する液の ρ を知ると、自然土の性状や compaction の効果などを知る方法として応用できよう。

b) 実験結果の考察

図-6 は毛細管わい曲係数 α を 1 から 4 まで変化させて (6) 式の関係を図示したものである。図中の観測点は $e/1+\epsilon$ と $e/1+e$ の実測値を打点した。また図-7 は個々の試料の α と $e/1+e$ の実測値を示したものである。

それらの結果から次のようなことがいえる。

(i) 筆者が取扱つた試料の範囲内では、 α は1.0~2.0で、一般に1.3~1.7の範囲を示すものが多い。(ii)一般に間げき

図-6 ρ/ρ_A と $e/1+e$ に対する毛細管わい曲係数

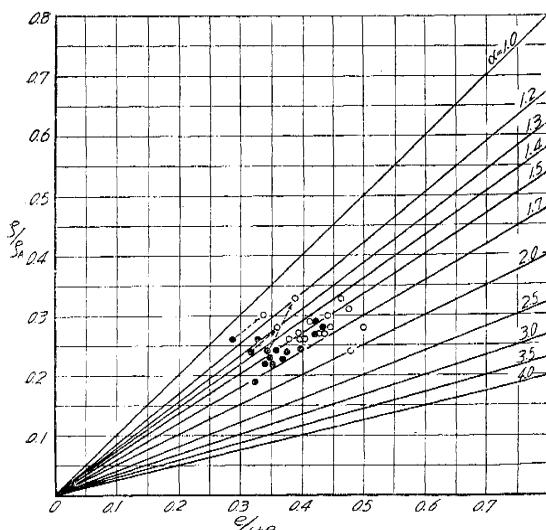
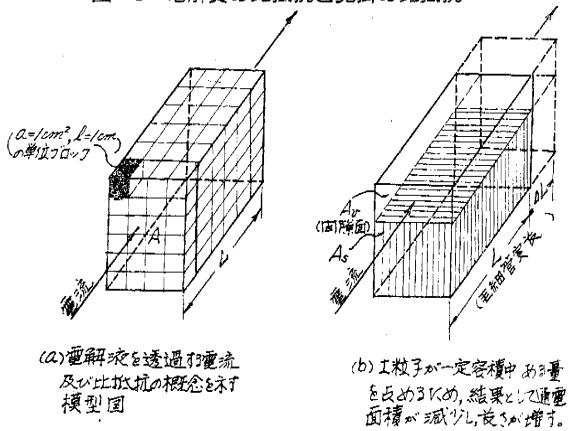


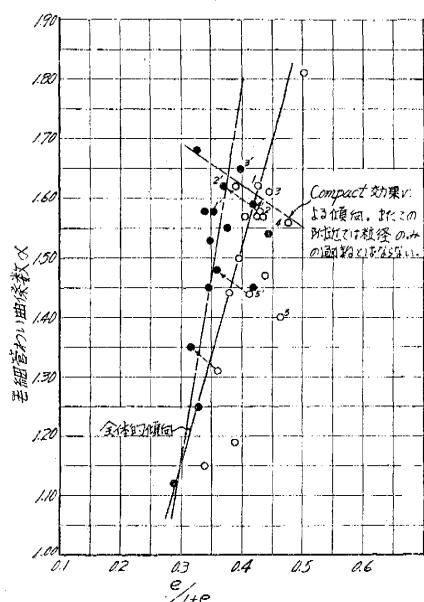
図-5 電解質の比抵抗と見掛けの比抵抗



(2) 電解液を透過する電流
及び抵抗の概念を示す
模型圖

(b) 粒子が一定容積中の量を改めたため、結果として面積が減少し、長さが増す。

図-1 α と $e/1+e$ の関係



量の増す程 α は大きくなる。すなわち相対的に粒径が小さくなるほど毛細管の曲りが大きくなる傾向がある。しかし単粒度の場合、上に述べたことが必ずしもいえないこともある。(iii) 平均粒径及び粒度が α に及ぼす影響に比べて、compaction 効果による影響は小さい。(iv) 粒子のつまり方が密となる程 α は大きくなり、その変化の幅は粒度や粒径によつて異なるが、その傾向はどの種の土もほぼ同じようである。

3) 土の毛細管の定量について

a) 構成数及び毛細管組織構成数

電気化学では、電解質の加電面積 A_0 に対する加電距離 L の比 ($K_0 = A_0/L$) を槽幅数¹⁾としている。同様に毛細管組織をもつものの槽幅数は、毛細管の総断面積 A_v に対する長さ l の比 ($K = A_v/l$) で表わすことができる。従つてこの量は、ある寸法の供試体の毛細管性状を量的に表わしたものである。上の考え方からこれを毛細管組織恒数としている人もいるが、この表わし方には不適当な点がある。筆者は毛細管組織恒数を K_0 と K (同寸法における) との比 ($K/K_0 = C_K$) という無次元の形で表わした。前者は長さの次元をもつため試料寸法が同じ条件の場合には毛細管組織恒数としてその性状を比較できるが、条件の異なるものではその都度の組織しか情報を与えない。それに対し後者は組織のみの係数となり、どの条件の場合にも的確にその性状を表わしうる。 K , K_0 は次のような方法によつて得られる。既知の比電導率の電解質(例えば、0.1 N KCl の 18°C における比電導率 $\kappa_0 = 1.12 \times 10^{-2} \text{ mho.cm}^{-1}$)で試料を飽和し、その全電気抵抗 R を測定して電導率 λ を知ると、

から試料の槽恒数が得られる。また同寸法の電解質の電導率 λ を知ると次式から電解質の槽恒数が得られる。

(7) 式及び (8) 式より、

が得られる。

図-3 の $D_m \sim C_K$ は、平均粒径に対する毛細管組織恒数の測定値を打点したものである。この結果は図-3 の $D_m \sim e$ の関係を全くよく反映している。従つて毛細管組織恒数の表示は、土の毛細管の組織や特性を総合的、かつ適切に情報するものであるといえる。

b) 平均径函数(径深及び半径)について

土の毛細管を透過する流量、及び同じ毛細管条件における土の電気抵抗が(1)式及び(2)式で表わされるものとすると、上の毛細管の等価半径 \bar{r} は、 $A_v = n_p \cdot A = n \cdot \pi \cdot \bar{r}^2$ として(1)、(2)式より次式で表わされる。

また $\kappa_0 \cdot R = 1/K$, $Q_h/p = d$ (透過度) とすると、上式は、

$$\bar{r} = \sqrt{8 \cdot \eta \cdot d / K} \quad \dots \dots \dots \quad (11)$$

となる。(11) 式から透水試験で d を、前に述べた方法で K を知ると毛細管の等価半径 F が得られる。

また毛細管の総断面積 A_v を全周辺長さ S_c で除したものを等価径深 $R_H = -A_v/S_c$ ⁽⁶⁾ とすると、 R_H は次のようにして得る。いま毛細管が円形状であると考えると $R_H = 2/P$ となるから、(11) 式をこれに代入して、

$$R_H = \sqrt{K/2\eta_*d} \quad \dots \dots \dots \quad (12)$$

となる。

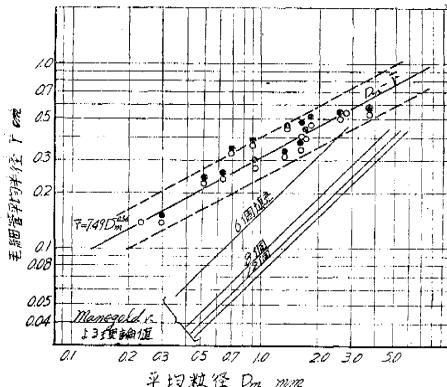
この手続によつて径深及び半径を求めたものが図-8 及び図-9 に示すものである。これらによると、土の毛細管の半径も径深も共に粒子の平均直径の函数と考えられる。図-8において、 $\bar{r} = 1.49 D_m^{-0.56}$ 、図-9 の関係では、 $R_H = 0.213 \log D_m + 0.179$ がそれぞれ得られた。

筆者の得た実測結果を、粒子が理想球体であるとして理論的に導いた Manegold, Slichter, Hiltner, Taylor²⁷⁾ 等の結果と対比し、検討してみた。Manegold によると、直 径 D_m の球体一個の回りに 6 個、8 個、12 個の球が接する場合について粒径と毛細管半径との関係を次のように表わしている。

$$\left. \begin{array}{l} \bar{r}_6 = 0.778 D_m \text{ (6個の粒子が接する)} \\ \bar{r}_8 = 0.466 D_m \text{ (8個の粒子が接する)} \\ \bar{r}_{12} = 0.403 D_m \text{ (12個が接し, 孔が垂直)} \\ \bar{r}_{12'} = 0.363 D_m \text{ (12個が接し, 孔が傾曲)} \end{array} \right\} \quad (13)$$

これらを粒径に関して計算し、図-8の実測値と比較してみると、両者はかなり相異した結果となつた。しかし、この比較で面白いと思われたことは、個々の実測値の e_{max} と e_{min} における変化の傾きが理論値の 8 個接触と

図-8 平均粒径に対する毛細管平均半径



12 個接触（孔が垂直）の場合の幅によく似た結果を示したことである。

また Taylorによると(Hiltnerの考え方), 経深を $R_H \cdot e \cdot D_m / 6$ で表わしている。実測による e を D_m

に対して求め、それを代入して計算したところ実測値とよく一致したものが得られた（図-9 参照）。この考え方 Manegold の考えに比べ、毛細管の径が粒径のみによる（つまりの状態も考慮してはいるが）としないで、粒子が構成する間げき比を考慮して取り扱つたところに優れたものがある。上の粒子は必ずしも球体と考えられず、むしろ棒状あるいは偏平状のものが多いと思われるから（特に粒径の小さいもの）粒子形状を円筒形¹⁰⁾と仮定して、 $R_H = e \cdot D_m / 4$ を適用する方が更に妥当性がある場合も生ずるよう思える。

実験結果について総合的にいえることは、毛細管径の変化は粒子のつまり方によるよりも粒子自体の大きさによることが著しいということである。

c) 長さ、長さ比及び本数などについて

上の毛細管の長さ l は、 $\kappa_0 \cdot R = 1/K$ 及び $K = A_v/l$ から、(6) 式より次のように表わされる。

図-10 l/L と α との関係

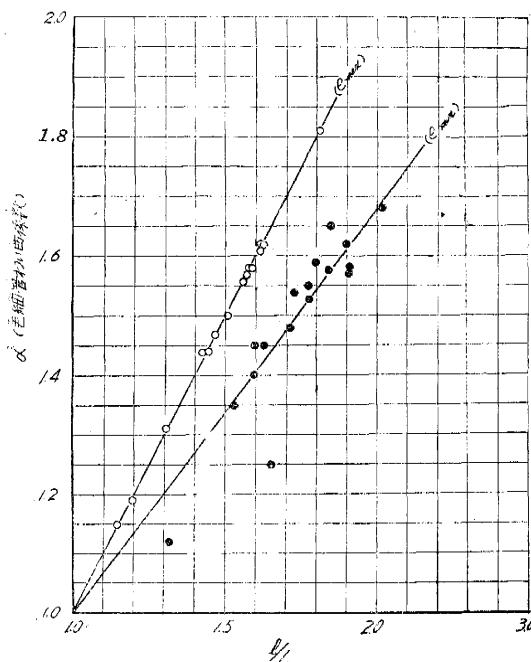
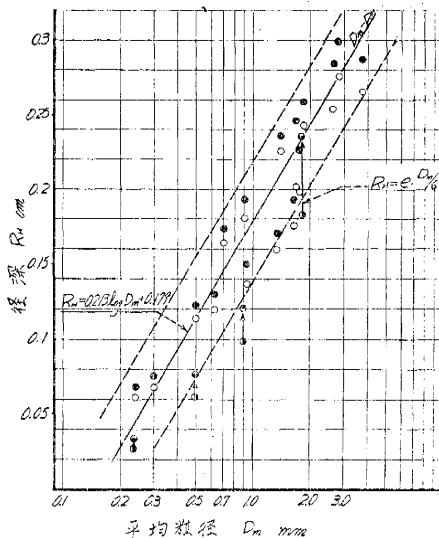


図-9 平均粒径に対する径深



また毛細管が等価半径の集合系であるとすると、単位面積内の毛細管本数 n は、 $K \cdot A_b/l = n \pi \cdot \bar{r}^2/l$ から

$$n = K \cdot l / \pi \cdot \bar{r}^2 \quad \dots \dots \dots \quad (15)$$

毛細管長さ l に対する見掛けの長さ（試料の長さ） L の比、 l/L （毛細管長さ比）を前に述べたわいの係数 α と対比したもののが図-10 を示すものである。

α と I/L とは考え方において全く同じ性質のものであるが、前者は毛細管の総合的な量（例えば開き率、断面積、長さなど）から与えられるに対し、後者は一次元的な量である。したがつて毛細管の断面積と長さの変化割合が同じとなるような粒子のつまり方をした場合には両者が全く同じ結果となる。図-10における e_{\max} の状態における両者の関係はこれを表わしている。しかしその変化割合が異なる場合、例えば図-10 の e_{\min} における両者の関係ではかなり違った値を示す。

これは粒子のつまりによって断面が減少し、長さは逆に増してゆくことになるから、前者では両方の変化原因がその値を左右するに対し、後者では長さの増加

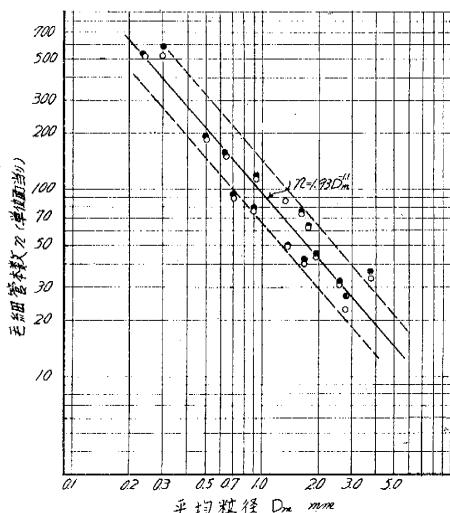
のみが原因となる。それゆえ e_{\min} の状態の土では α の方が L/L よりも小さくなると考えられる。

単位面積 (1 cm^2) 当りの毛細管本数を求めた結果が図-11である。この場合も他のものと同様に平均粒径の函数と考えることができる。両者は $n = 1.93 D^{-1.1}$ なる負の相関関係を示し、粒径の僅かな変化も本数に影響していくことがわかる。以上は毛細管の定量について述べた。表-1は数種の実測値を総合的に例示したものである。

IV. 土の透水性と毛細管組織の影響

1) 動水勾配と有効透水面について

図-11 平均粒径と毛細管本数



一般に Darcy の法則によると、透水量は $Q_h = A \cdot k_h \cdot i$ で表わされるとしている。しかるに前記 (1) 式では、上式の $i = H/L$ であるに対し、 $i = H/\alpha \cdot L$ で表わされる。土中を透過する水の径路は、Darcy の示した L とは考えられず、 $L = \alpha \cdot L$ が妥当であるといえる。ここで α は前に述べた毛細管わい曲係数である。従つて動水勾配は、毛細管のわい曲を考慮して $i = H/\alpha \cdot L$ と考える方が正しいと思う。

また透水面積は、(1) 式で $A_v = n_p \cdot A$ としたが、土の間げきが全毛細管（非毛細管部分を含まない）を意味するものであるとすると、Darcy 式の A のみで表わすよりも妥当である。以上の考えを Darcy の法則に対比すると、結局 Darcy の透水係数 k_h は土の毛細管のわい曲度も有効面積も包含したものをもつて表わしていることになる。ここで筆者は、動水勾配と有効透水面積を上に述べた考え方で表わすべきであるとして Darcy 式を次のように考えた。

$$Q_h = (A \cdot n_p) \cdot k_h \cdot (H/\alpha \cdot L) \quad \dots \dots \dots \quad (16)$$

従つて透水係数自身は、毛細管のわい曲、間げきの量に直接

表-1 毛細管量及び透水性を示す数種の実測例

平均粒径 D_m (mm)	間隙比 e		電導率入 (mho) 10^{-3}		毛細管組織常数 $C_K = K/K_0$		毛細管量 (於 e_{\min})				透過度 $d = Q/P$ (cm.sec/g)	透水係数 k_h (cm/sec)	
	max.	min.	e_{\max}	e_{\min}	e_{\max}	e_{\min}	L/L	わい曲 α	半径 r (cm)	径深 R_H (cm)	本数 n		
3.75	0.741	0.547	4.88	4.14	0.263	0.223	1.91	1.58	0.582	0.288	36.6	1.69	0.162
1.85	0.763	0.591	5.07	4.22	0.273	0.228	1.90	1.62	0.519	0.259	43.7	1.33	0.127
0.90	0.808	0.664	5.13	4.88	0.277	0.241	1.85	1.65	0.385	0.193	77.1	0.78	0.074
0.50 (標準砂)	0.920	0.734	5.69	4.93	0.307	0.266	1.80	1.59	0.247	0.123	181.4	0.35	0.032
0.30	1.003	0.771	5.12	4.11	0.290	0.290	1.91	1.57	0.152	0.076	526.1	0.11	0.011
0.24	0.869	0.724	6.17	5.37	0.271	0.222	1.60	1.45	0.138	0.068	517.6	0.12	0.011

註) 電導率は $0.1 \text{ N KCl}, 15^\circ\text{C}$ の電解質を用いた場合、 e_{\max}, e_{\min} は試料のつまり方の最大、最小 (間げき比) の状態を示す。

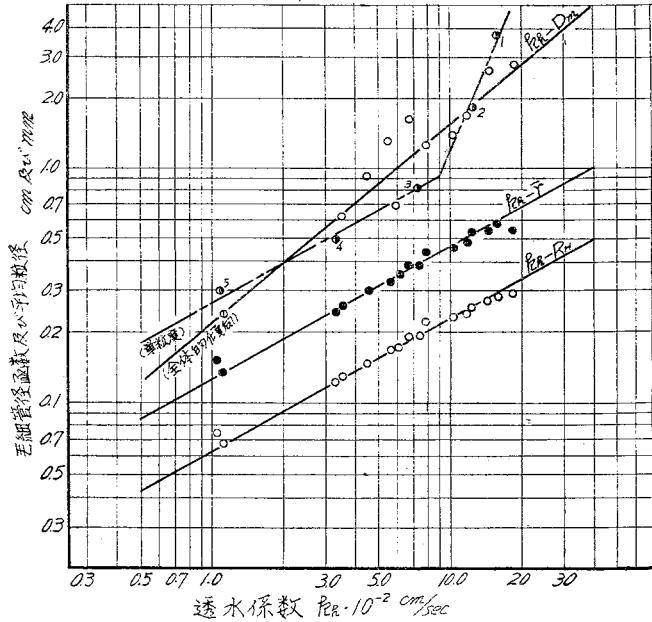
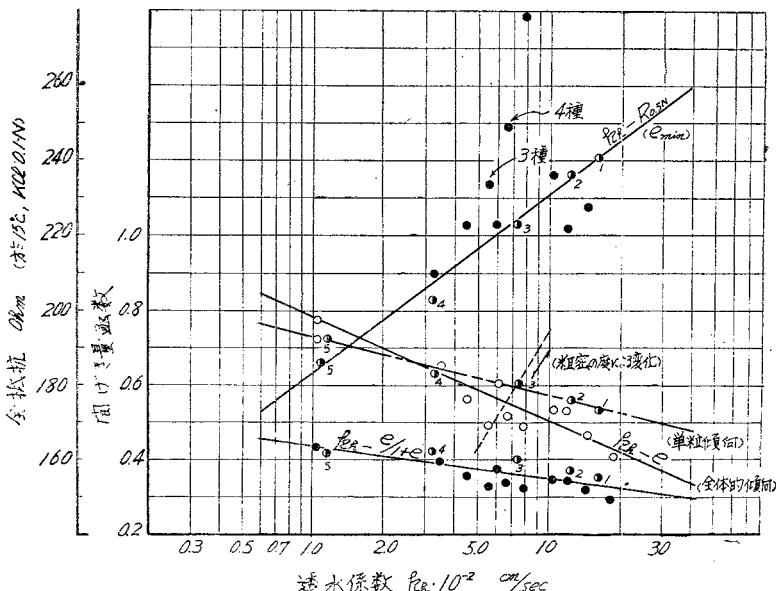
平均粒径はフリイの中心粒径で表わす。

影響しないで、Poisuille と Taylor との考え方から、「毛細管の半径あるいは径深とその断面形状及び流体の物理的性質で決まる量」と表わせるようになる。

2) 透水係数について

上で述べたように透水係数は、流体の物理的性質の条件が一定であるとき、土の毛細管の径とその形状などで定まる。前に述べた方法によつて得た毛細管の等価半径及び径深と透水係数との関係を検討した結果、図-12 の $k_h - r$ 及び $k_h - R_H$ に示すように両者は極めて規則正しい正相関関係にあることが認められた。また同じく平均粒径と関係づけてみると、単粒度の場合、前に述べた 0.9 mm 附近で変換点をもち、それ以下の粒径では R_H 及び r の関係と全く同じ傾向を示している。結局粒径は、粒子のつまりが定まるとき毛細管の大きさを支配するものであることがうかがわれる。図-13 の $e - k_h$ 及び $k_h - e/1 + e$ は、平均粒径が近似するとき粒度などによつて毛細管量の変化を生じ、その原因が透水係数を左右するということがらと粒径の大小が毛細管量を支配し、その量が管の寸法に関係をもち、透水係数がそれによつて変化するといったことを帰納的に表わしたものである。

液条件の定まつた試料の電気抵抗は毛細管の形状と量で定まることは (2) 式からも知られる。また透水係数は (1) 式から同じことがいえるから、両者は共に毛細管条件で定まるものとして、これらを関係づけたのが図-13

図-12 k_h 毛細管径函数及び平均粒径図-13 k_h と間げき函数及び全電気抵抗

様に謝意を述べる。

この一文を故卷内一夫先生の靈前にささげる。

参考文献その他

- 1) 電波科学 (雑誌) No. 11 (1956) pp. 96~99.
- 2) 武井武: 実験電気化学 pp. 144~146.
- 3), 4) 浅川: 日大工学研究所業報 No. 14 (1956) pp. 144~146.
- 5) 森麟: "土の電気伝導について" 土木学会誌 Vol. 37, No. 11 pp. 13~17 及び 2) の pp. 149~152 など
- 6) 当山道三: 土質力学 (教材用プリント) pp. 50~60
- 7) (i) 駒形作次: 界面電気化学概要 pp. 11~25, (ii) 最上武雄: 土質力学 pp. 13 及び pp. 65~66, 及び (iii) D.W. Taylor: "Fundamentals of Soil Mechanics" pp. 99~123
- 8) 例えば Debye の考え方
- 9) 栗津清藏: "河床物質の二三の性質とその応用" 土木学会論文集 No. 36 pp. 30~37
- 10) L.D. Baver: "Soil Physics" 土の構造に関する章全般

の $k_h - R_{0,1} N$ である。それによると両者は正相関関係を示し、抵抗は粒度特性をよく反映しているように思える。

V. 結 言

土の毛細管機構を知る手段として界面の電導性や透水性を応用し、色々な条件における土の毛細管特性を量的にも構造的にも知ることができた。ここで土と総称したが粒径範囲を一応砂の場合とし、土の構造及び実験的取扱いを単純化したもののみについて行つた。複雑な組織をもつと考えられる細粒土については後日述べるつもりである。

本研究は日本大学教授当山道三先生の御教示を得て行つたものでここに改めて深謝の意を表する。

実験及び装置などにつき御指導をあおいでいた日大榎本講師、同工業化学科黒柳研究室の皆様、及び実験に協力された西村文也 (福田組)、秦宏寿 (熊谷組) の皆