

II-28 土の収縮挙動と未飽和土の性質について

日本大学理工学部 正真 綾川美利

土の収縮に関する研究は古くから行われてきている。TerzaghiやFrühlichらは、仮想毛管からその収縮力や変形機構を提唱していき、R. Haefeliらは、含水減少—容積変化率の関係から土の収縮過程には二つの「態」があることを見出し、さらにその過程の理論的な考察を加えている。筆者は「土中水分の移動機構と水分移動にともなう土の二次的性質の変化」と題する一連の研究の中、本年は水分移動の原因として「蒸発、乾燥」の問題をとり上げ、次のような項目にういて検討してみることとした；

(1) 土の未飽和過程やその機構を適切に知ること。 (2) 未飽和過程における土の変形や強さの変化の状況を知ること。 (3) 土を変形せしめる力（例えば毛管圧力）を左右する土の界面性質を知ること。 (4) 毛管圧力を平衡張力の測定や圧密変形と対比して考察してみること。

1. 土の未飽和過程と収縮の動態

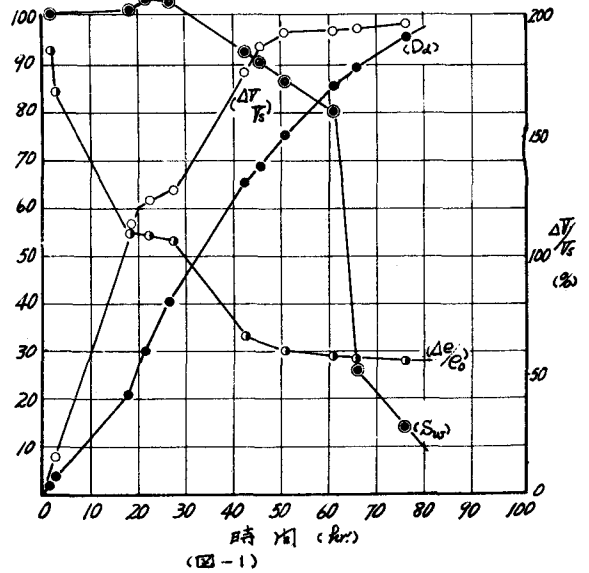
a) 未飽和の機構と過程： 未飽和過程とは、よに加っている外応力の変化なしに、土の組織を通して水分が散出していくことをいう。したがって、土の未飽和条件はある水分移動の原因が作用している下での水分の減少割合（例えば飽和度）で表わされ、その時間的变化を指すわけである。

水分移動を記させる原因として次のようなものがある； (1) 地表面から大気中に水と蒸気態として散出するが植物根の吸水による蒸発。 (2) 熱差浸透とか電気浸透のような浸透移動。 (3) 地下水降下に伴う水分移動。 よう未飽和の条件を与えないが、移動機構が類似するものとして圧密及び毛管張力によるものがある。ここでは(1)の原因による場合、について取り扱った。

b) 蒸発に伴う土の変形： 外気の温度と湿度を一樣に保った条件下で、飽和土から漸次水分を蒸発せしめていくと、図-1及び図-2に示すような過程で、土は乾燥され収縮していく。また土は、未飽和の状態が進捗していつて硬くなる。

図-1は、乾燥の状況、容積の変化および未飽和の度を Volumetricに表わしたものであり、図-2は収縮の状況、不規則性などを Geometricに表わしたものである。土の種類や外気の蒸発条件で、その過程は異なるが、傾向は図-1, 2で表わされるようである。

図に示した結果から考察されることは； (i) 飽和された軟い土の収縮過程は三態の変形よりなる。 (ii) 一般の乾燥過程では、脱水と収縮が等しく土は未飽和とならない。



第2過程では収縮と共に未飽和が進捗し、第3過程に入ると収縮はほとんど起さず、未飽和がきわめて急速に進捗していく。 (a) E_r/E_t が1となる附近(縦横の収縮度が等しくなる条件)から、土の中央部は膨張する傾向があり、それは粘土分の多いほど顕著らしい。

2. 毛管圧力とそれを支配する条件

毛管圧力に関する理論は、現在二つの仮説にもとづいて考えられている； (1) 土の毛管を理想的等強度毛管束と考え、個々の毛管上面の界面張力によって生ずる圧力(毛管束仮説)。 (2) 土を割断的な粒体の集合系として、個々の粒子間に形成される水膜の界面張力によって生ずる圧力(毛管ポテンシャル仮説で、同ゲキが飽和であればそれによる圧力は0となる)。

(1), (2)の仮説に対する理論式は；

$$P_c = 2T \cos \theta / R_1 \quad (\text{(1)の仮説に対して}) \quad (1)$$

$$P_c = T(1/R_2 + 1/R_3) \quad (\text{(2)の仮説に対して}) \quad (2)$$

また Leverett は、毛管圧力函数として、(2)の仮説に対し、飽和度と P_c の関係を次式で与えている；

$$f(S_w) = \frac{P_c}{T \cos \theta} \left(\sqrt{\frac{R_1}{R_2}} \right) \quad (3)$$

上式中、 T : 界面張力、 θ : 管壁と水との界面接触角、 R_1 : 毛管の半径。

R_2, R_3 : 粒子間に形成される水膜の内外曲率半径、 S_w : 土の透水係数

f : 同ゲキ率である。上式が一応正しいとして、土の性状と個々の函数を考えしてみると、境界の物理性質として T 、土の粒径、形状及び話まり方に関係あるものとして、 R_1, R_2, R_3, S_w および f があげうる。

P_c の支配因子を明らかにする意味で、土の種類、粒度および話め込みの条件を変え、さらに液の性質を変えた いろいろの実験を行った。

図-3 は界面活性剤を用いて、収縮状態の変化を比較したもので、液の性質による P_c の度を検討するつもりで行ったものである。

3. 毛管上昇度、毛管張力と等価毛管圧力

毛管上昇度や毛管張力をいろいろな土の条件や液条件と与えて実験し、また収縮(乾燥による)と圧密との変形を等価的に考え、それと生じせしめる圧縮力を考えてみる。

研究に当って種々御指導賜った日本大学 當山道三先生に深謝の意を表します。また実験には本学土木科学生 一色純夫、西之園高敬両君の協力を得た。

