

関西大学工学部 正員 西田 一孝
 知歌山工業高等専門学校 正員 〇佐々木清一

1) ま え が き

マサ土は、風化度に対応して土粒子自身の変質の程度も異なっている。物理的にみれば、土粒子形状の複雑さ、土粒子内空ゲキの多少、結晶構造の変化等があげられる。そして、著者らの一連の研究によれば、これらの物性は、水分と複雑なる相互関係を有すると推定される。とくに、透水性との関連において風化度により著しい差異が認められ、その要因として土粒子の凹凸や拘束水分と密接なる関係が存在する事実を間接的ではあるが明らかにした。そこで、現在までの表面特性の成果を不飽和透水性の問題に導入し検討を試みたものである。

2) 試料と実験の手法

Table 1
Specific Surface of Samples (m^2/g)

Grain size (mm)	2	0.84	0.42	0.25	0.105	Apparent specific gravity G_a	Ignition loss (%)
Sample	0.84	0.42	0.25	0.105			
River sand	0.20	0.50	1.88	2.23		2.61	2.13
Decomposed granite soil	1	0.40	0.76	1.90	2.28	2.31	2.58
	2	0.50	0.78	2.50	2.99	2.25	2.66
	3	1.50	2.50	3.18	4.00	2.08	3.00

使用した試料は、河川砂および風化度の異なる三種類のマサ土である。試料は、空気乾燥した後、過度に破砕しないように注意してときほぐし、フルイ分けしたものである。風化度の尺度として、かさ比重 G_a と I_g -loss を用いた。さらに、試料の全比表面積は、 N_2 吸着による BET 法で算出したものであり、Table-1 に諸量を示す。また、不飽和透水係数とサクシヨンとの関係は、Richards

の加圧型透水装置を用いた。そして、透水時のサクシヨンに対応する含水比は、加圧板法による別装置により測定し、上記の両試験は、同時に行った。ここに、不飽和透

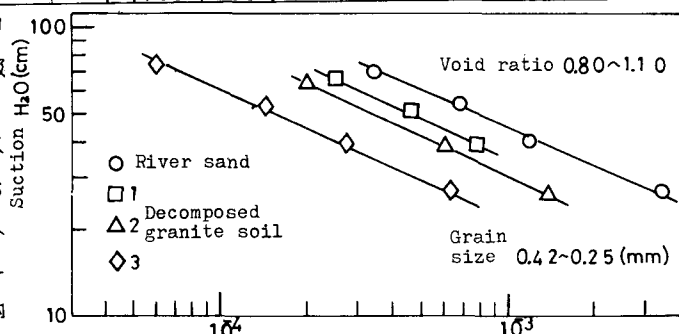


Fig.1 Coefficient of Unsaturated Permeability K_u (cm/s)

水係数 K_u は、動水勾配 20 (試料厚さ 3 cm) で (1) 式より計算した。 $K_u = \frac{Q \cdot l}{(P_b + l - P_a) \cdot t \cdot A}$ (1)

ただし、 Q ; 流量、 l ; テンシオメータ間の距離、 P_a , P_b ; a , b 点のサクシヨン、 t ; 時間、 A ; 断面積

3) 実験の結果とその解析

試料の不飽和透水係数とサクシヨンの関係に対し風化度の影響を示した結果が Fig. 1 (1) である。この図によると、 K_u は、各試料ともサクシヨンと密接な関係にありサクシヨンの増加により、一様に減少する傾向が著しい。とくに、この透水係数は、風化度に変配され、サクシヨン一定の下で、風化度の大きい (G_a の小さい) 試料ほど小さくなる現象を呈している。つまり、このような特性の要因の 1 つに、サクシヨン ($pF=1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow \dots$) の増加により土粒子凹凸面に拘束され、可動性の低い水分とつながりがあることを示唆するものである。

つぎに、透水係数による風化度の影響について、表面特性の要素である全比表面積 $S_{a\alpha}$ に立脚して検討する。Fig. 1 (2) は、サクシヨン 56 cm H_2O を例として表示したものである。この図より、粒径一定の条件でみると、風化度の増加に伴ない $S_{a\alpha}$ も増加し、この値に比例して K_u の値が、除々に低下していく様子が明らかである。この事實は、風化により土粒子表面に凹凸面が数多く出現し、これが一種の抵抗因子となる可能性が高い。

マサ土のごとく多孔隙材料の不飽和透水性を評価するに際し、透水性に関与しない死表面積および拘束水分の存在が重要な位置を占めることが予想される。そこで、まず、 S_d の算定のために Fig. 1 (1) の土粒子モデルを考え

ると、 $S_d = 2\pi r$ と $V_d = \pi r^2 l$ が得られ両者の関係は、(2)式となる。

$$S_d = \frac{2V_d}{r} = \frac{2\pi r^2 l}{r} \quad \text{--- (2)}$$

ここに、 V_d は、土粒子内空孔に凝縮した水蒸気の1gあたりの重量を水の密度で除したものであり、水分吸着実験で測定される飽和時吸着量 V_{sat} に相当する。平均空孔半径 r は、Kelvinの式(3)で、吸着量 V と空孔半径 r の関係を直交座標上にプロットした結果、その面積の図心で与えられる。

$$\ln \frac{P}{P_0} = \frac{-2\gamma V_L \cos \theta}{r R T} \quad \text{--- (3)}$$

ただし、 P_0 : 相対圧、 γ : 表面張力 (dyn/cm)、 V_L : H_2O の分子容 (cm^3/mol)、 θ : 接触角 (deg)、 r : 空孔半径 (cm)、 R : ガス定数 ($erg/deg \cdot mol$)、 T : 絶対温度 (deg)

しかるに、有効比表面積 S_{es} は、(4)式となる。

$$S_{es} = S_{Na} - S_d \quad \text{--- (4)}$$

この方法で算出した S_{es} の値をTable 2に示した。さらに、拘束水分の働

きは、有効面ゲキ比 e_e の(5)式で考

慮される。 $e_e = \frac{1 + e - (1 + p \text{ 値に対応する含水比 } \times G_s)}{1 + p \text{ 値に対応する含水比 } \times G_s} \quad \text{--- (5)}$ e : 面ゲキ比、 G_s 比重

K_u を評価するために、Carman-Cozeny式(6)で計算した結果をFig. 4

にプロットした。 $K_u = \frac{\gamma}{\eta} \times \frac{1}{Ko^2} \times \frac{e_e}{1 + e_e} \times Me^2 \quad \text{--- (6)}$ ただし、 γ : H_2O の

単位重量 (dyn/cm²)、 η : 粘性係数 (dyn/cm²sec)、 Ko^2 : 構造係数 (=5) Me :

有効動水半径 (= e_e / S_{es} , $S_{es} = S_{es} \times \gamma_d$) (cm)

Fig. 4によると、 K_u の計算値および測定値の関係は、密接なる状況を示していることから、(6)式に土粒子モデルによる S_{es} 、 e_e の導入の妥当性が示された。また、同図より、風化度が増加すると、 K_u の値が、 Me の減少とともに低下していく様子が明らかである。つまり、風化の進行による土粒子の凹凸面や拘束水分の働きを定量的に取り扱うことが可能である。

参考文献

- 1) 西田他, 「水蒸気吸着によるマサ土粒子の表面特性の検討」, 土質工学会論文集, Vol. 15, No. 2, pp 79~87 (1975)
- 2) 西田他, 「マサ土の透水性と有効比表面積の関連性」, 第32回年報, 第3部, pp. 20~21, (1977)

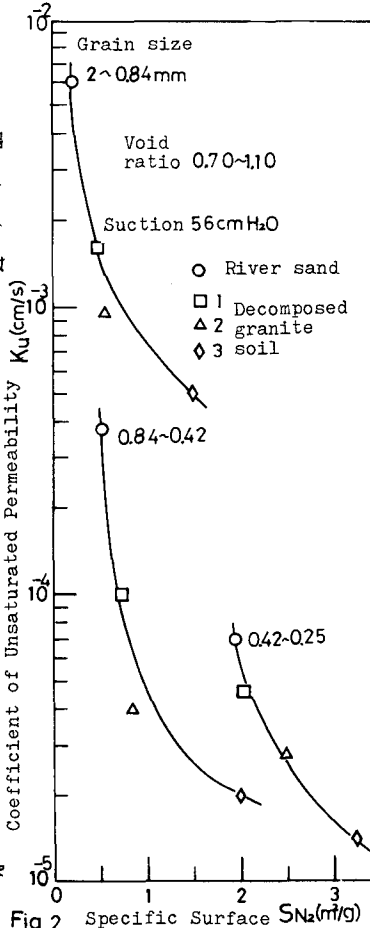


Fig. 2

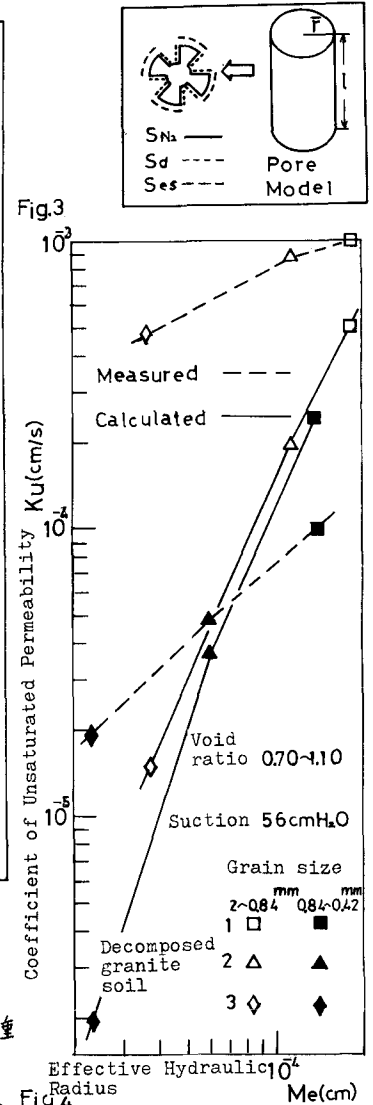


Fig. 3

Table 2
Effective Specific Surface
of Samples (m²/g)

Grain size	Sample 1	Sample 2	Sample 3
2. - 0.84	0.32	0.34	1.26
0.84- 0.42	0.66	0.61	2.24
0.42- 0.25	1.56	2.12	2.78
0.25- 0.105	1.85	2.45	3.22