

関西大学工学部 正員 西田一彦  
和歌山工業高等専門学校 正員・佐々木清一

## 1) まえがき

マサ土の透水係数に対する表面積の導入は、とくに、風化度による影響に重点を置くにあたり有力であることが判明した<sup>1)</sup>。ところで、N<sub>2</sub>吸着法による比表面積値を Carman-Cozeny 式に代入した計算値と実験値とを対比すると、透水係数に約100倍もの差が生じた。この理由は、実際に表面特性が大きく透水係数とマサのごとくポーラス粒子の場合に考慮すべき死表面積の存在等が主なものとして列挙される。そこで、透水係数の測定値は、定水位法で、計算値は、有効比表面積を求めとくに、風化度の影響に焦点をしぼり検討したものである。

## 2) 試料と実験方法

## 試料について

では、すでに発表済みであるので省略する<sup>2)</sup>。透水係数は、各粒径について、飽和状態とし、動水勾配 $\lambda = 0.5$ （試料厚さ6cm）における値である。さらに、有効比表面積の計算に必要な死容積は、水蒸気吸着法(40°C)により飽和時の吸着量とした。

全比表面積 S (m<sup>2</sup>/g)

	力	サ	比	重	G <sub>a</sub>
試料	2.31	2.25	2.08		
粒径 mm	1	2	3		
2.084	0.40	0.50	1.50		
0.84	0.76	0.78	2.50		
0.42	1.90	2.50	3.18		
0.25	2.28	2.99	4.00		
0.105					

表-1 試料の比表面積一覧表

	死比表面積 S <sub>d</sub> (m <sup>2</sup> /g)			有効比表面積 S <sub>es</sub> (m <sup>2</sup> /g)		
マサ土	1	2	3	マサ土	1	2
1	0.09	0.10	0.44	1	0.31	0.40
2	0.13	0.21	0.45	2	0.63	0.57
3	0.32	0.34	0.37	3	1.58	2.16
	0.37	0.52	0.47		1.91	2.47
						3.53

3) 有効比表面積の計算法

マサのごとくポーラスな粒子集合体の透水係数について、比表面積に立脚し評価するならば、空孔部分を占めている土粒子内部比表面積（死比表面積）の存在がかなり重要な位置を占めているものと考えられる。そこで、図-1のモデルで示される有効比表面積の算定を試みた。まず、全比表面積Sは、N<sub>2</sub>吸着による BET法で求め、死比表面積S<sub>d</sub>は、土粒子内空孔を円筒形と仮定し、この中に凝縮した水蒸気の体積V<sub>d</sub>を測定し、(1)式に求めた。

$$S_{es} = S - S_d \quad \text{---(1)} \quad \text{ただし、} S_{es}: \text{有効比表面積(m}^2/\text{g}), S: \text{全比表面積(m}^2/\text{g}), S_d: \text{死比表面積(m}^2/\text{g})$$

ところで、S<sub>d</sub>は、全死容積V<sub>d</sub> (1gあたりの死容積) で評価でき飽和時吸着量V<sub>sat</sub>であり(2)式で可能である。

$$S_d = 2\pi F l, V_d = \pi r^2 l \text{ から } S_d = \frac{2V_d}{Y} = \frac{2V_{sat}}{Y} \quad \text{---(2)} \quad \text{ただし、} F: \text{空孔平均径(m)}, l: \text{空孔長(m)}$$

ここで、Fは、kelvin の式(3)を使用して、吸着量ひと空孔径との関係を直交座標上にプロットし、その面積の重心である。 $\ln P/P_0 = -\frac{2rV_a \cos \theta}{rR T}$   $\text{---(3)}$  ただし、P/P<sub>0</sub>: 相対圧、 $\gamma$ : 表面張力(dyn/cm), V<sub>a</sub>: H<sub>2</sub>Oの分子容(cm<sup>3</sup>/mol), θ: 接触角(deg), r: 空孔半径(cm), R: ガス定数(cal/mol.deg), T: 絶対強度(deg)

## 4) 結果と考察

表-1は、3)に基づいて計算された表面積の結果の一覧表である。いま、粒径一定の条件でみると、マサ1→2→3と風化度が大きくなるに従がいS<sub>d</sub>が増加している傾向にある。つまり、この現象は、風化により土粒子内空孔が成長していく事実を示すものである。さらに、S<sub>es</sub>は、S<sub>d</sub>と対応して変化しており風化度の大なる試料ほど

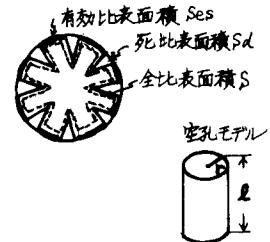


図-1 マサ土粒子の表面モデル

この  $S_{es}$  の増大が明らかである。

$K$  に及ぼす風化度の影響について、 $S_{es}$  との関係をプロットした結果が図-2 である。

この結果から、粒径一定の条件でみると、 $S_{es}$  の値が増大すると、これに比例して  $K$  の値が減少していく様子がうかがえる。つまり、風化により表面の凹凸面 ( $S_{es}$ )

が数多く出現し、これが一種の抵抗となる可能性を示唆するものである。つまり、上記の凹凸面上に拘束されていいる不動水分 ( $pH 4.2$ ) の役割を説明したもの

が図-3 である。まず、この図において、 $K$  の計算値は、Carman-Cozeny 式(4)で算定した。

$$K = \frac{\gamma}{\eta} \times \frac{1}{K_0 T^2} \times \frac{1}{S_{es}^{1/2}} \left( \frac{e^3}{1+e} \right) \quad (4)$$

ただし、 $\gamma$ ；水の単位重量 ( $dyn/cm^3$ )、 $\eta$ ；粘性係数 ( $dyn \cdot sec/cm^2$ )、 $K_0 T^2$ ；構造係数、 $S_{es}^*$  ( $= S_{es} \times \gamma_a$ )；単位体積あたりの表面積 ( $cm^2/cm^3$ )、 $e = \{1 + e - (1 + pH 4.2 \text{ の含水比} \times q_s)\} \times \frac{1}{1 + pH 4.2 \text{ の含水比} \times q_s}$ ；有効間隙比

半径は、(5)式で求めた。

$$M_e = \frac{e}{S_{es}^*} \quad (5)$$

図-3 は、風化度が増大すると、 $K$  の計算値および実験値とも  $M_e$  の値の減少と共に低下していく様子が明確である。また、両者の関係は、幾分ギャップはあるものの相関性は高いと判断できる。つまり、3)で定義した有効比表面積の妥当性が証明された。ここで、風化度を考慮した  $K$  の低下度は、 $M_e$  で整理すると両者の関係は、 $\log - \log$  紙上で直線となる。従って、(5)式で表現される  $M_e$  の概念が有効と思われる。これらの点について、さらにバックデータを集積していく予定である。

## 5) 参考文献

- 1), 2) 西田一彦・佐々木清一「マサ土の透水性に及ぼす表面特性」、第12回国土質工学会研究発表会、pp. 121~124、(1977)

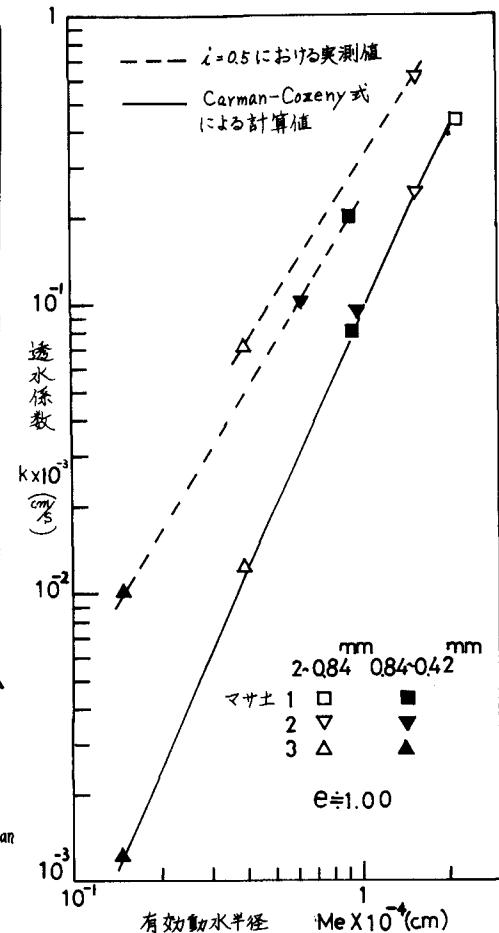
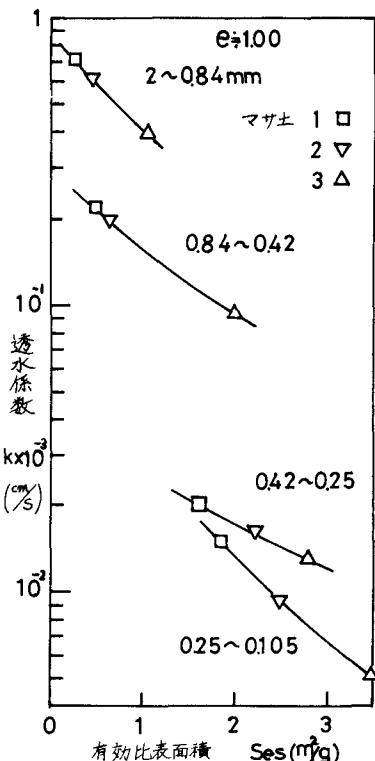


図-3 Carman-Cozeny 式に  $S_{es}$  を導入したときの計算値と実測値の比較