

# 砂の表面積と透水係数との関係について

正員 太田 誠 一 郎\*

## ON THE RELATION BETWEEN THE SURFACE AREA OF SAND AND ITS COEFFICIENT OF PERMEABILITY

(JSCE June 1951)

Seiichiro Ota, C.E. Member

**Synopsis** Hitherto, the coefficient of permeability in sand had been calculated from its size of the particle. But now, author measured the surface area of sand by the permeability method, and found a new method by which the coefficient of permeability could be obtained from its total surface area, and concerning them also made a chart that we could obtained the coefficient of permeability.

透水係数の  $K$  は 1856 年, Darcy が Dijon での実験の結果から  $K = \frac{v}{h}$  を与え, この  $v$  には Hazen が 1892 年に  $v = C d_e^2 \frac{h}{l}$  とし,  $K = C d_e^2$  の式を発表している。  $d_e$  は Hazen の与えた砂粒の有効直径, 又  $C$  は滲透に関するある定数である。

透水の問題についての研究にはかなり多くの人々<sup>1)</sup>がいるが, 結局はみな直径  $d$  に関係させて  $K$  を求めている。

著者は初めて砂の表面積から計算する式をつくつた。

$$K = \frac{835\rho^{0.78}}{A^{1.8}} \left\{ 0.644(1+0.0337T+0.00022T^2) \right\} \dots\dots\dots(1)$$

$$K = \frac{835\rho^{0.78}}{A^{1.8}} (0.55+0.03T) \dots\dots\dots(2)$$

$K$ : 透水係数 cm/sec

$A_0$ : 砂 1g 当りの表面積 ( $\rho=2.50$ )

$p = \frac{\varepsilon^3}{(1-\varepsilon)^2}$  ( $\varepsilon$  は砂の間隙率)

$T$  = 水温 °C (標準水温を 15°C とする)

$\rho$  = 砂の比重 (この場合は  $\rho=2.50$  で纏める)

### 1. 砂の表面積

著者<sup>2)</sup> は砂, 碎石等の骨材の表面積を研究して

$$A_0 = \frac{8}{\rho d_m} \dots\dots\dots(3)$$

$$d_m = \eta l_m, \quad \eta = \frac{1.025}{l_m^{1/3}}, \quad l_m = \frac{2l_1 l_2}{l_1 + l_2}$$

$l_1, l_2$  は相隣る篩目 (cm)

著者は研究の結果 (3) の式はよく実測値と合致すると結論した。

又, 表面積の測定の一方法として Carman<sup>3)</sup> の滲透法を用い, この際の  $K(T^\circ C)$  を 15°C 及び  $\varepsilon=0.40$  のものに換算統一してこれを  $K_0$  とした。又各間隙率との間で method of least square により実験式をつくり, さらに図表をも作製した。

Carman の式は

$$S_0 = 14 \sqrt{\frac{p}{K\nu} - \frac{2}{D(1-\varepsilon)}} \dots\dots\dots(4)$$

$$A_0 = \frac{S_0}{\rho}$$

$\nu$ : 水の動粘性係数 (stakes)

$D$ : 試験筒の直径 (cm)

滲透試験の時の篩は No. 8 から始まり, その半分の寸法で細くなる一連のものを用いて砂等を篩分けした。

表 - 1

篩 骨材種類	$A_0 = \frac{8}{\rho d_m}$ ( $\rho=2.50$ ) cm <sup>2</sup> /g	$A_0$ (Carman 法の実測値) cm <sup>2</sup> /g	$K_0$ cm/sec
No. 8~No. 16	20.78	24.00	0.898
No. 16~No. 30	38.55	48.12	0.245
No. 30~No. 50	71.11	82.50	0.087
No 50~No. 100	133.33	145.45	0.0286
小 高 標 準 砂	—	32.90	0.417
九味浦 (No. 50~100)	—	140.20	0.0251
浜 砂 ( " )	—	160.70	0.0224

以上の実測値は少くとも 50 回以上の平均値で, No. 8~No. 16 等の内容は名取川砂, 広瀬川砂篩屑等の各

種のものを含む。計算値と実測値との間には相当の差が認められるが, これは篩切れない細粉の混入のためである。

\* 室蘭工業大學教授

2. 透水係数に影響を及ぼす水温

Poiseuille によれば水の粘性係数  $\mu$  は

$$\mu = \frac{0.0001814}{1 + 0.0337T + 0.00022T^2} \dots\dots\dots(5)$$

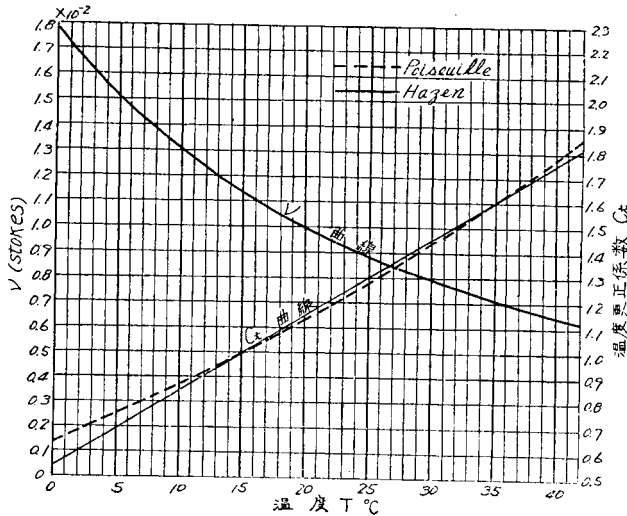
又その動粘性係数  $\nu$  は

$$\nu = \frac{0.01778}{1 + 0.0337T + 0.00022T^2} \dots\dots\dots(6)$$

図-1 は水温  $T$  と  $\nu$  及び  $15^\circ\text{C}$  の標準水温の  $K$  に換算する更正  $C_t$  の図表である。

$$\left. \begin{aligned} C_t &= 0.644(1 + 0.0337T + 0.00022T^2), & \text{Poiseuille 式} \\ C_t &= 0.55 + 0.03T & \text{Hazen 式} \end{aligned} \right\} (7)$$

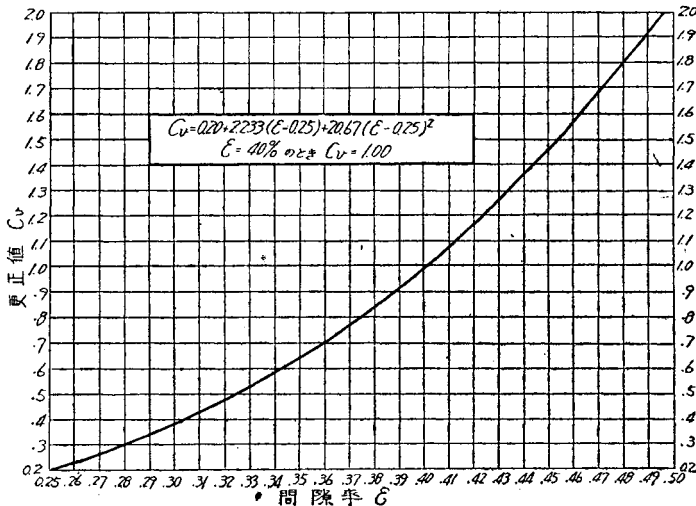
図-1 水温  $T$  から  $\nu$  と  $C_t$  を求める図



3. 透水係数に影響する砂の間隙率

これに関する研究は Slichter 及び Terzaghi<sup>4)</sup> が

図-2 透水度の間隙更生曲線



ある。図-2 は Slichter のもので図表中の式は吉田 彌七氏<sup>4)</sup>のつくつたものである。

4. K 式の誘導

実測値  $A_0$  と間隙率の  $\varepsilon=0.25, \varepsilon=0.30, \varepsilon=0.35, \varepsilon=0.40, \varepsilon=0.45, \varepsilon=0.50$  の時の  $K$  とから著者は method of least square により次の実験式をつくつた。

$\varepsilon=0.25$	$KA_0^{1.8}=46$
$\varepsilon=0.30$	$KA_0^{1.8}=95$
$\varepsilon=0.35$	$KA_0^{1.8}=145$
$\varepsilon=0.40$	$KA_0^{1.8}=229$
$\varepsilon=0.45$	$KA_0^{1.8}=339$
$\varepsilon=0.50$	$KA_0^{1.8}=447$

又これから図-3 を作った。水温、間隙率を合わせ考えた式としては 前述の (1), (2)式である。

5. 計算例

例(1) 名取川砂 (No.8-No. 100)  $P=2.50, A_0=92.5\text{cm}^2/\text{g}, \varepsilon=0.427$

この例は Carman 法による表面積測定 の資料の一部である。而し又砂を篩分けし て各篩間の表面積から最後に 1g 当りの比 表面積を求めても良い (図-4 参照)。 $\varepsilon$  の値は例(2) に示した方法その他の方法で 求められる。

図-3 から  $A_0=92.5\text{cm}^2/\text{g}$  を横軸上に 求め、この点から上に昇り、 $\varepsilon=0.40$  と  $\varepsilon=0.45$  との中間辺から左へ折れて縦軸に  $K=0.1120 \text{ cm/sec } (T=15^\circ\text{C})$  を求められる。

例(2) 土壌の透水係数

この砂の表面積と透水係数との 関係を土壌の範囲までのばし、次 の順序でその透水係数が求まる。

土壌はその試験法<sup>4)</sup>でそのまゝ の状態の乾燥土の間隙率  $\varepsilon$  がも とめられる。又表面積は乾燥土を 篩分けしてこれを%で表わす。各 篩間の表面積は前記の通りである から、この百分率に各表面積をか けてその合計をとり、100g 又は 100kg 当りの表面積を計算し、さ らに 1g 当りの表面積を出す。今 之を  $A_0=264.3\text{cm}^2/\text{g} (\rho=2.50)$  とする。而しこの土の比重が 2.60 であればその実表面積は、

図-3 透水性と表面積 ( $T=15^{\circ}\text{C}$ )

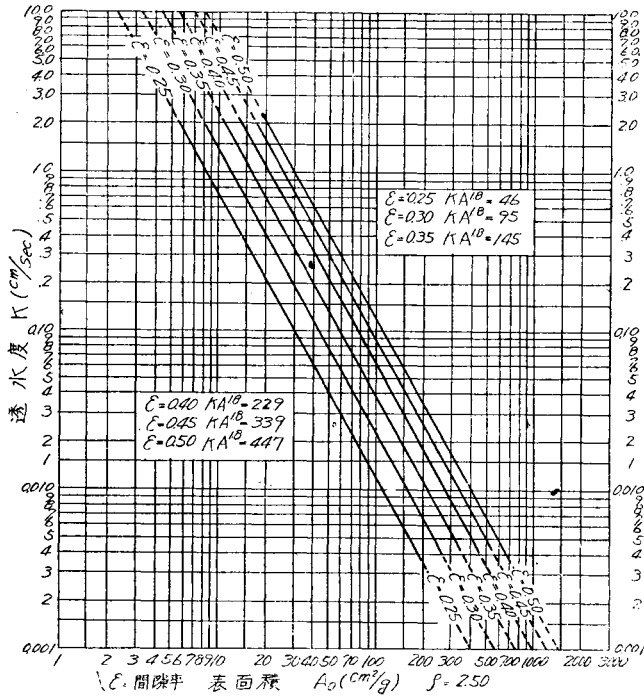
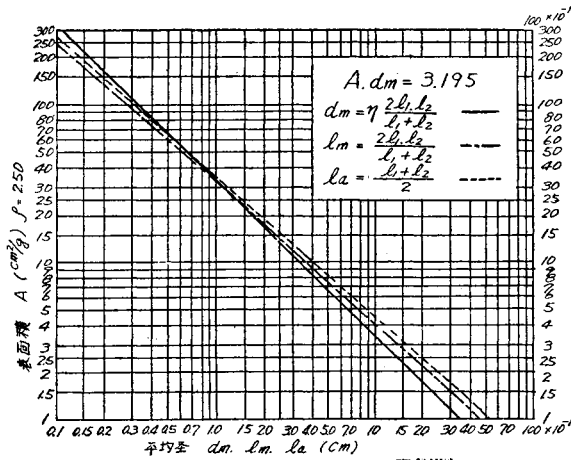


図-4 表面積と平均径との関係



$A_0 = 264.3 \times \frac{2.50}{2.60} = 254.1 \text{ cm}^2/\text{g}$  となる。この場合では図-3の表面積は2.50で示してこれに関する  $K$  値を出す様につくつたものであるから  $A_0 = 264.3 \text{ cm}^2/\text{g}$  で差支えない。今  $\varepsilon = 0.275$  とすると  $K = 0.0028 \text{ cm/sec}$  ( $T = 15^{\circ}\text{C}$ ) で、又他の水温のものは図-1から  $C_t$  を求めてこれを  $K$  にかけて求められる。

附記

本研究は文部省の科学研究費により、又東北大学理学部教授富永斎氏、同教授絹巻丞氏、東京大学工学部教授星埜和氏の御指導に依るものが多い。ここに深甚の感謝の意を表する。

参考文献

- 1) C.S. Slichter Annual Report of the U.S. Geological survey 19<sup>th</sup> 1899  
Karl Terzaghi Erdbaumechanik 1925
- 吉田彌七氏 土木学会誌 Vol.17 No.6 1931
- 3) 太田誠一郎 名古屋に於ける第5回年次大会発表 1949  
" 東京に於ける第6回年次大会 1950
- 3) P.C. Carman Journal of Soc. of Chem. Ind. 57, 58 1938, 1939
- 4) 最新土質工学 日本土質基礎工学委員会 土木学会発行

<p><b>最新土質工学</b></p> <p><b>土木工学の概観</b></p> <p><b>土木工学論文抄録第3集</b></p>	B 5 版	頒価 150 円
	118 頁	(〒 25 円)
	B 5 版	頒価 850 円
	527 頁	(送料 共)
	A 4 版	頒価 500 円
	200 頁	(〒 40~60)