

## (Ⅱ - 50) 室内実験による砂質土の不飽和透水特性に関する検討

法政大学大学院 学生員 河合水城

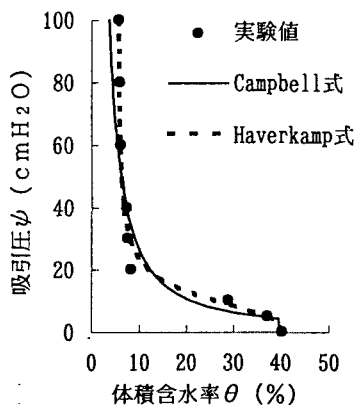
法政大学工学部 正 員 岡 泰道

### 1. はじめに

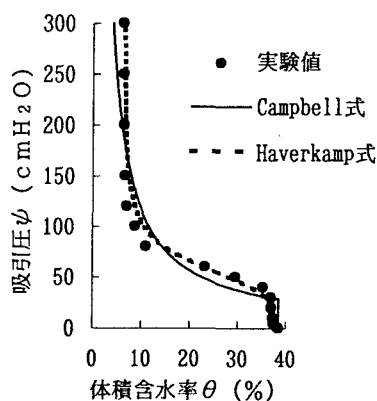
体積含水率と吸引圧の関係 ( $\theta - \phi$  関係)、不飽和透水特性 ( $K - \phi$  関係) はそれぞれ土壌水分特性試験、不飽和透水試験で実験的に求めることができるが、前者の実施が比較的容易であるのに対し、後者には特殊な装置と熟達した技術が必要とされており、これまでに測定された例も少ない。さらに、直接的な実験に代わる簡易な方法も従来よりいくつか研究されてきた<sup>1)</sup>。そこで、本研究では砂質土を対象として不飽和透水係数を測定するとともに、吸引試験法により求めた水分特性曲線を用いて、 $K - \phi$  関係を推定する手法の妥当性についても検討した。

### 2. 土壌水分特性試験

100cc 円筒管に詰めた標準砂と珪砂をサンプルとして用いた室内吸引試験によって  $\theta - \phi$  関係 (排水過程) を測定した。提案式として、よく数値解析に組み込まれている Campbell 式 (1) 及び砂質土によく適合すると言われている Haverkamp 式 (2) を採用し、最適パラメータを非線形最小自乗法により算定した。 $\theta - \phi$  関係の実験値と当てはめ曲線の一例を図-1に示す。標準砂については3つのサンプルの平均値を、珪砂については締め固めたサンプルによる結果を示している。図-1によれば、Haverkamp式の方がCampbell式よりわずかによい適合を示している。



(a) 標準砂



(b) 珪砂

図-1 砂質土の  $\theta - \phi$  関係の一例

### 3. 不飽和透水試験

不飽和透水係数は、定常法のうち吸引試験法に分類される方法により求めた。標準砂と珪砂をサンプルとして使用し、 $\phi$  値 (標準砂では、5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100 cmH<sub>2</sub>O, 珪砂では、10, 20, 30, 40, 60, 80, 100 cmH<sub>2</sub>O) に対応する透水係数を測定した。装置の概略を図-2に示す。この装置は標準的なものであるが、高低差をつけるために試料円筒と給水・脱水容器をそれぞれ移動できるようにした。また、試料円筒とテンシオメータとの接触部分にプラスチック管をつけ、テンシオメータの破損や、ずれを防ぐようにした。

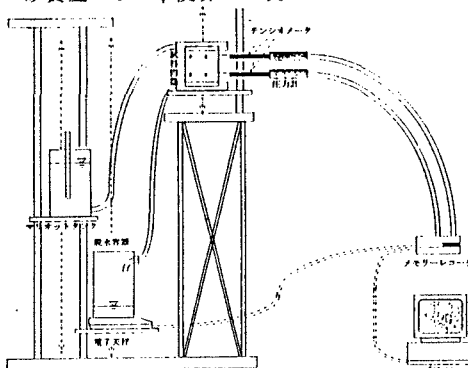


図-2 不飽和透水試験装置の概要図

#### 4. $\theta - \phi$ 関係を用いた $Kr - \phi$ 関係の推定式

ここでは不飽和透水特性として  $Kr$  (相対透水系数) を用いる。  $Kr$  と  $Se$  (有効飽和度) の関係を表す Mualem 式 (5) に、Haverkamp 式 (2) を代入した Haverkamp & Mualem 式 (6)、及び Campbell 式 (4) を推定式として用いる。2. で算定したパラメータを用いて (4)、(6) 式により計算した  $Kr - \phi$  関係の一例を図-3 に示す。ここで、 $Ks$  (飽和透水系数) としてそれぞれ  $2.00 \times 10^{-2} \text{cm/s}$  を標準砂に、 $4.51 \times 10^{-3} \text{cm/s}$  を珪砂に用いている。図-3 (a) によれば、実験値と  $\theta - \phi$  関係から推定した計算値は、ほぼ符合する結果を示しており、低吸引圧領域では両式とも  $Kr - \phi$  関係の推定に対し有効であると考えられる。しかし、高吸引圧領域については実験値がなく、体積含水率が急激に下がり、また試験も困難なため、この結果のみからは判断できない。珪砂に関しては、Campbell 式が吸引圧 ( $pF$  1.7~2) の間でわずかに適合しているものの、全体的には適合性はよくなく、 $pF$  1 前後での実験値にも問題が残っていると考えられる。

$$\frac{\theta}{\theta_s} = \left( \frac{\phi}{\phi_{cr}} \right)^{-1/b} \quad \text{-----} \quad (1)$$

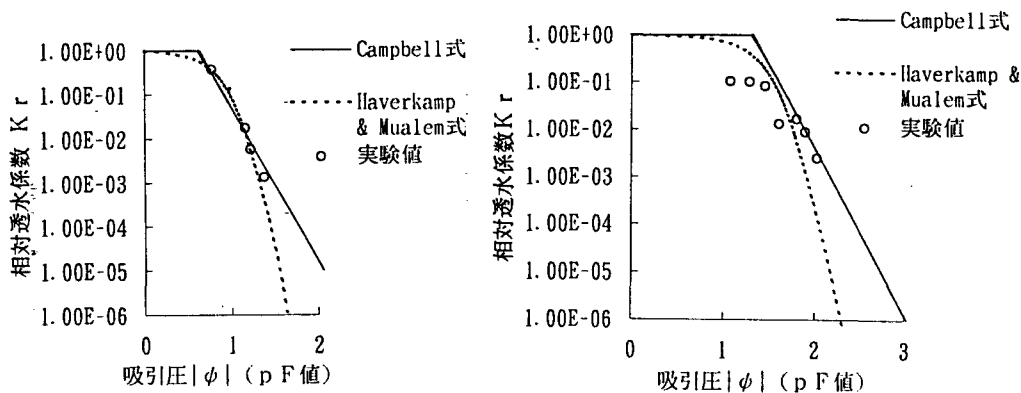
$$Se = \frac{a}{a + |\phi|^\lambda} \quad \text{-----} \quad (2), \quad Se = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \quad \text{-----} \quad (3)$$

$$Kr = \frac{K}{Ks} = \left( \frac{\phi_{cr}}{\phi} \right)^{2+2/b} \quad \text{-----} \quad (4)$$

$$Kr(Se) = Se^{1/2} \left\{ \int_0^{Se} \frac{1}{\phi(x)} dx \bigg/ \int_0^1 \frac{1}{\phi(x)} dx \right\}^2 \quad \text{-----} \quad (5)$$

$$Kr(Se) = Se^{1/2} \left\{ \int_0^{Se} \left( \frac{Se}{1-Se} \right)^{1/\lambda} dSe \bigg/ \int_0^1 \left( \frac{Se}{1-Se} \right)^{1/\lambda} dSe \right\}^2 \quad \text{--} \quad (6)$$

ここで、 $\theta_s$  : 飽和体積含水率、 $\theta_r$  : 残留体積含水率、 $\phi_{cr}$  : 空気侵入値、 $b, \lambda$  : 定数



(a) 標準砂

(b) 珪砂

図-3 砂質土の  $Kr - \phi$  関係の一例

#### 引用文献

例えば、1) 三森利昭、小池雅洋、弘中貞之、虫明功臣 (1991) : 土壌水分試験結果を用いた不飽和透水性の推定、生産研究、第43巻、第2号、pp. 110~113.