

I-24 浸透流の電気相似法について

— 電気容量法 —

徳島大学工学部 正員 瀬川, 浩司

流入面, 流出面を電極と考へて電気容量(C)を計算もしくは測定し, 流量(Q), 透水係数(k)などを求める式を導くことができる。

1 定水頭 h : 水頭, S : 流路断面積, l : 流路長さ

$$\text{とすると, 単位時間中の流量は } Q = -k h \frac{S}{l} \quad (1)$$

$$\text{となるが, } C \cdot \text{静電単位では } \frac{S}{l} = 4\pi C \text{ (真空中)} \quad (2)$$

$$\text{であるから (1), (2) より } Q = -k h \cdot 4\pi C \quad (1)'$$

$$= -h \cdot 4\pi (kC) \quad (1)''$$

$$\text{となり, } k \text{ は次式で与えられる。 } k = -Q / 4\pi C \cdot h \quad (3)$$

2 変水頭 図1において時間 t における水頭 h は

$$h = h_0 e^{-\frac{S}{a} \cdot \frac{k}{4\pi C} t} \quad (4)$$

$$\text{となり, (4)に(2)を代入すると } h = h_0 e^{-\frac{a \log(h_1/h_2)}{4\pi C k} t} \quad (5)$$

となる。(4)に(2)を代入すると, 次式を得る。

$$k = \frac{a \log(h_1/h_2)}{4\pi C (t_2 - t_1)} \quad (6)$$

3 成層透水層の電気容量

図2において k_n : n 層の透水係数

k_R : 成層に平行な平均透水係数

C_n : n 層の電気容量 (真空中)

C : 全電気容量 (真空中)

$$\text{とすると, 次式を得る。 } k_R C = \sum_{n=1}^n k_n C_n \quad (7)$$

図3において k_v : 成層に垂直な方向の平均透水係数

$$\text{とすると, 次式を得る。 } k_v C = 1 / \sum_{n=1}^n \frac{1}{k_n C_n} \quad (8)$$

4 適用例

1) 放射状透水

(a) 均質層 図4において定水頭のとこ。

$$\text{同軸円筒面間の電気容量は } C = m/2 \log(r_1/r_0) \quad (9)$$

$$\text{であるから } 4\pi C = 2\pi m / \log(r_1/r_0) \quad (10)$$

$$\text{となり, (1)'に(10)を代入して } Q = -k h \cdot 2\pi m / \log(r_1/r_0) \quad (11)$$

$$\text{となり, 次式を得る。 } k = -Q \log(r_1/r_0) / 2\pi m \cdot h \quad (12)$$

変水頭のときは, (5)に(10)を代入すると

$$h = h_0 e^{-\frac{2\pi m \cdot k}{a \log(r_1/r_0)} t} \quad (13)$$

となり, (6)に(10)を代入すると

$$k = \frac{a \log(r_1/r_0) \cdot \log(h_1/h_2)}{2\pi m (t_2 - t_1)} \quad (14)$$

を得る。

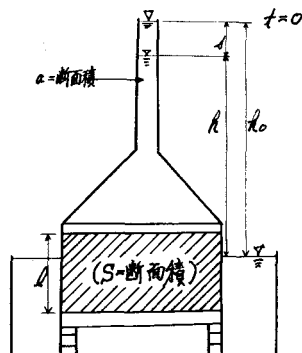


図1

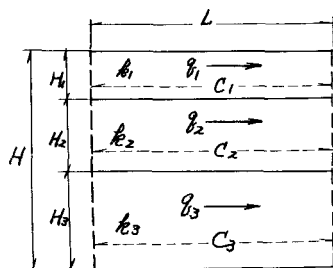


図2

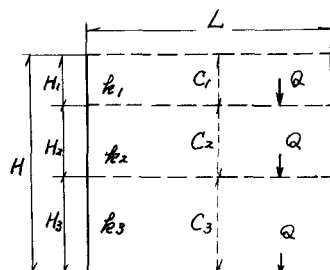


図3

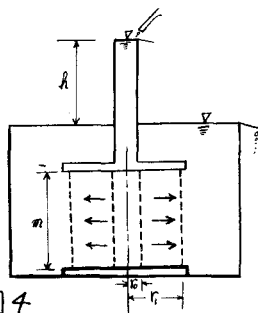


図4

(b) 透水係数が半径方向に不連続な層 (図5)

定水頭るとき (8), (9) より $k_r C = \frac{m}{2} d$ (15)

$C = m/2 \log(r_2/r_0)$ (16)

ここには $d \equiv 1 / \sum_{j=1}^n \frac{\log(r_n/r_{n-1})}{k_n}$ である。

(15), (16) より $k_r = \log(r_2/r_0) d$ (17)

となる。(15)を(1)''に入れて $Q = -h \cdot 4\pi k_r C$ (18)

$= -h \cdot 2\pi m d$ (19)

となり, (16), (18)よりCを消去し $k_r = \frac{-Q \log(r_2/r_0)}{2\pi m h}$ (20)
を得る。

変水頭るときは(15)を(5)に入れて次式を得る。

$h = h_0 e^{-\frac{2\pi m d t}{a}}$ (21)

また, (16)を(6)に入れて

$k_r = \frac{a \log(r_2/r_0) \log(h_1/h_2)}{2\pi m (t_2 - t_1)}$ (22)

を得る。

(c) 透水係数が連続であり, r の関数 $k(r)$ で表される層。

図6において

定水頭るとき。

$Q = -2\pi m h \beta$
 $k_r = \log(r_2/r_0) \beta$ } (23)

変水頭るとき。

$h = h_0 e^{-\frac{2\pi m \beta t}{a}}$

となる。ここには $\beta \equiv 1 / \int_{r_0}^{r_2} \frac{dr}{r \cdot k(r)}$ である。

2) 半球状流入面から半無限地盤への透水 (均質層)

図7において電気容量は $C = r_0/2$ であるから,

(1), (3), (5), (6) より

定水頭るとき, $Q = -2\pi r_0 k h$, $k = -Q / 2\pi r_0 h$ } (24)

変水頭るとき, $h = h_0 e^{-\frac{2\pi r_0 k t}{a}}$, $k = \frac{a \log(h_1/h_2)}{2\pi r_0 (t_2 - t_1)}$

を得る。

3) 円板状流入面から半無限地盤への透水 (均質層)

図8において電気容量は $C = r_0/\pi$ であるから,

(1), (3), (5), (6) に入れて

定水頭るとき,

$Q = -4\pi r_0 k h$, $k = -Q / 4\pi r_0 h$ } (25)

変水頭るとき,

$h = h_0 e^{-\frac{4\pi r_0 k t}{a}}$, $k = \frac{a \log(h_1/h_2)}{4\pi r_0 (t_2 - t_1)}$

を得る。

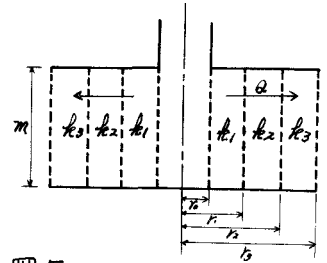


図5

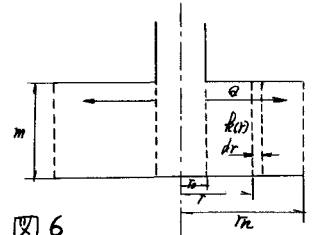


図6

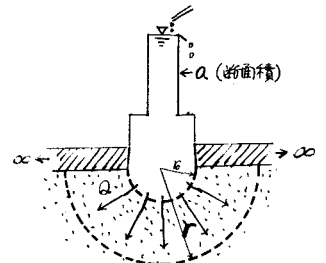


図7

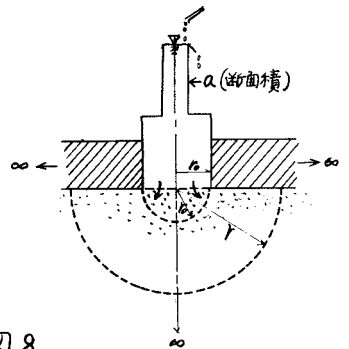


図8