

Ⅲ-A396

密度試験孔を利用した現場透水試験結果に関する考察

鹿島技術研究所 正会員 北本幸義

鹿島東北支店 正会員 笹倉 剛

1. はじめに

フィルダムなどの盛土では、地盤の透水性を評価するために、現場密度を測定した試験孔を利用する透水試験が一般に行われている。これは、清浄な礫で満たした試験孔中に注水を行い、注水量～水深～注水時間関係から透水係数を算定するもので、試験孔内の水位を一定に保つかどうかで定水位法と変水位法とに分けられる。当報文は、透水性の異なる盛土地盤で双方の現場透水試験を実施し、測定結果や各算定式の比較検討によってそれらの適用性を考察したものである。

2. 透水係数の算定式

現場密度測定孔を利用する場合の透水試験は一般に定水位法(図-1参照)によって行われるが、算定方法としておもに2とおりの考え方¹⁾がある。注水量が水深に比例すると考える手法によれば、定水位法による透水係数 k_c (cm/s)は(1a)式で評価される。

$$k_c = \frac{Q}{2\pi H^3} \left\{ H \sinh^{-1} \left(\frac{H}{r} \right) - \sqrt{r^2 + H^2} + r \right\}$$

$$= \frac{Q}{2\pi H^3} \left[H \ln \left\{ \frac{H}{r} + \sqrt{1 + \left(\frac{H}{r} \right)^2} \right\} - \sqrt{r^2 + H^2} + r \right] \quad \cdots(1a)$$

ここに、 Q :単位時間当たりの注水量(cm^3/s)、 H :試験孔内水深(cm)、 r :試験孔半径(cm)である。一方、パッカーを用いたボーリング孔における算定手法を準用する考えでは、(1b)式が得られる。

$$k_c = \frac{Q}{\pi H^2} \sinh^{-1} \frac{H}{2r} = \frac{Q}{\pi H^2} \ln \left\{ \frac{H}{2r} + \sqrt{1 + \left(\frac{H}{2r} \right)^2} \right\} \quad \cdots(1b)$$

また、変水位法については、(1a)、(1b)式の微積分操作によってそれぞれ(2a)、(2b)式が導かれる²⁾。

$$k_f = \frac{\ln(H_s/H_o)}{Mt} \quad M = \frac{2(H_m/r)^3/H_m}{(H_m/r) \ln \{ (H_m/r) + \sqrt{1 + (H_m/r)^2} \} - \sqrt{1 + (H_m/r)^2} + 1} \quad \cdots(2a)$$

$$k_f = \frac{r^2}{t} \left\{ \left(\frac{1}{H_o} \sinh^{-1} \frac{H_o}{2r} - \frac{1}{H_s} \sinh^{-1} \frac{H_s}{2r} \right) + \frac{1}{2r} \left(\sinh^{-1} \frac{2r}{H_o} - \sinh^{-1} \frac{2r}{H_s} \right) \right\} \quad \cdots(2b)$$

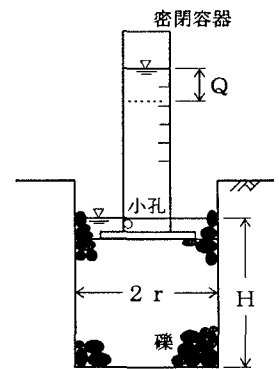
ここに、 k_f :変水位法による透水係数(cm/s)、 H_s :測定開始時の水深(cm)、 H_o :測定終了時の水深(cm)、 t :測定時間(s)、 H_m :測定中の中間水深(cm) ($= (H_s + H_o)/2$) である。

3. 透水係数の比較

透水性の異なる3種類の盛土地盤において、直径30cmの試験孔を掘削し同一孔で定水位、変水位法による現場透水試験を実施した。前記の4式を用いて透水係数を算定した結果を図-2に示す。a系に対しb系の透水係数が大きく、定水位法に比べて変水位法のほうが透水係数を大きく評価する傾向にあるといえる。

チャート: 現場透水試験 定水位法 変水位法 密度試験孔

連絡先: 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 TEL 0424-89-7067 FAX 0424-89-7034



小孔よりも水位が下がると容器内の水が供給され、試験孔の水位は一定に保たれる

図-1 定水位法の例

なお、難透水性盛土における変水位法では、測定時間内での水位低下量が微小であり正確な測定が困難であったことから、定水位法での注水量を流出量とみなし水位低下量を逆算している。すなわち、同系統の算定式による透水係数は、定水位、変水位法によらず一致させている。変水位法では図-1に示すような試験装置を必要としないが、精度的な面から比較的透水性のよい地盤の場合に限って採用されているのが現状である。

ここで、算定式についての考察を行う。まず、定水位法に関する図-3から、b系ではa系よりも k_c が2倍程度大きく評価されることがわかる。また、 H の減少に伴って、透水面積が小さく Q も小さくなることから k_c/Q は大きくなっている。次に、変水位法の場合を図-4に示す。定水位法の場合と同様にb系の k_f はa系よりも2倍程度大きい、 H_s が小さいほど、同じ水位低下量($\Delta H = H_s - H_e$)に達するには長時間を要するので、 $k_f t$ としては大きくなる。さらに、 H_s が同じであれば($H_s - H_e$)の増加とともにやはり t が大きくなるため、 $k_f t$ は大きくなっている。

さて、変水位法において($H_s - H_e$)の水位低下に要する時間内で定水位法によって注水される水量 $Q t$ は、(1a)あるいは(1b)式による $Q = k_c / f(H)$ ならびに(2a)あるいは(2b)式による $t = g(H_s, H_e) / k_f$ を用いて(3)式で表される。

$$k_f / k_c = g(H_s, H_e) / \{ f(H) Q t \} \quad \cdots (3)$$

今、 $H = H_m$ の場合を想定すれば、 $Q t = \pi r^2 (H_s - H_e)$ が近似的にいえるので $k_f = k_c$ が得られる。

一方、 $H \neq H_m$ の場合、点湧源からの放射流として浸透現象をとらえている以上 $k_f = k_c$ であるように $Q t$ が変化するものと考えられるが、実際には透水性の深度的な不均一さなどに起因して $k_f \neq k_c$ になるとみなすのが妥当であろう。図-2に示した結果についても、試験状況として $H < H_m$ であり、孔内水深の差異が変水位法による透水係数を過大に評価する結果の一因になったと考えられる。

4. おわりに

現場密度測定孔を利用する透水試験では、浸透現象を点湧源からの放射流と仮定して透水係数を評価するため、試験孔径は元来水深に比較して十分小さくなければならない。

したがって、一般的な試験状況から得られる透水係数は概略値であると解釈するのが妥当と認識されている

³⁾ が、試験方法や算定方法によっても結果に差異が生ずることに留意する必要がある。

参考文献 1) 山口柏樹, 大根義男: フィルダムの設計および施工, pp.261~263, 技法堂出版, 1973.

2) 中村義文: レキを含む盛土の施工管理について, 農業土木学会誌, Vol.46, No.2, pp.10~16, 1978.

3) 地盤工学会編: フィルダムの調査・設計から施工まで, 土と基礎シリーズ7, pp.315~316, 1983.

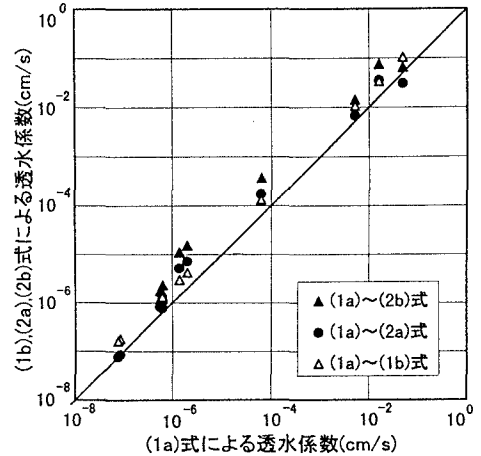


図-2 透水係数の比較

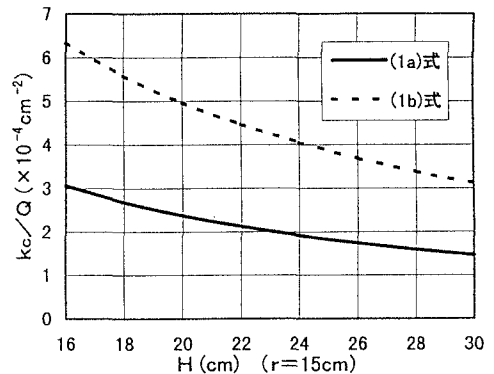


図-3 定水位法における比較

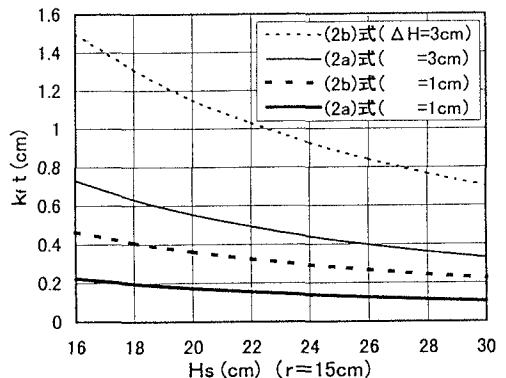


図-4 変水位法における比較($\Delta H = H_s - H_e$)