

浅層地盤を対象とした簡易で精度の良い原位置透水試験方法の提案

(株)四電技術コンサルタント 正会員 ○能野一美 非会員 古川修三 正会員 久保慶徳
香川高等専門学校専攻科 正会員 向谷光彦

1. はじめに

締め固めた地盤の透水試験方法¹⁾は、地盤工学会基準(JGS 1316-2003)(以下、基準と略記する)に示されている、深さ 0.3m 程度の試験孔が標準の表層地盤を対象とした原位置試験法である。

著者らは、既報²⁾にて、基準に示されているマリオットサイフォンを用いた透水試験装置を改良して、構成が簡易で測定が容易であり、透水性の低い地盤から高い地盤まで幅広く適用できる汎用性の高い原位置透水試験装置を開発し(写真-1)、その実用性について検証した結果を報告している。また、専用の装置を付加することで(図-1)、従来の装置では適用出来ない、試験孔の深さが 2.0m 程度の地盤(以下、浅層地盤と呼ぶ)を対象に試験が行える事例を示すとともに、浅層地盤の試験区間に対応する透水係数算定式を誘導したことを述べた。

本稿では、浅層地盤における透水係数算定式の誘導過程を詳しく示すとともに、算定式を現場試験で検証した結果を報告する。

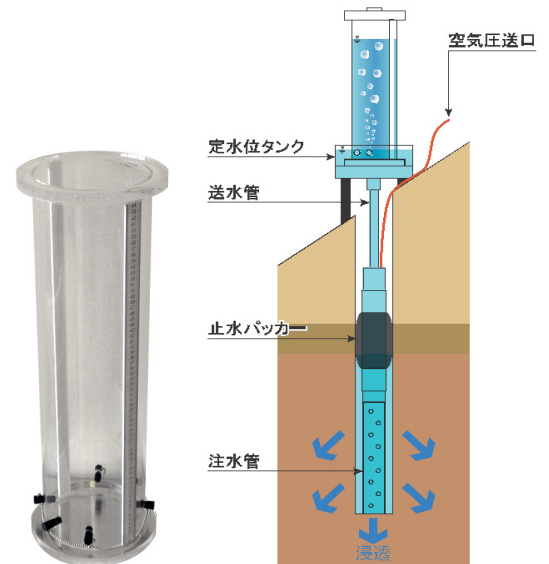


写真-1 表層地盤対象 図-1 浅層地盤対象

2. 浅層地盤における透水係数の誘導

基準では、表層地盤を対象とした図-2 に示す境界条件において透水係数算定式の誘導過程が示されている。

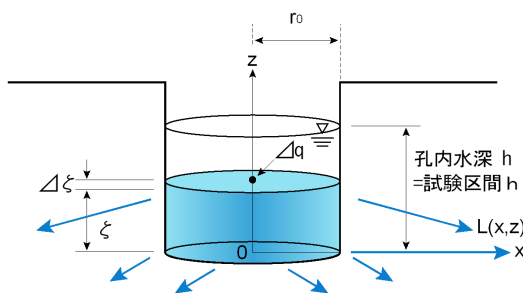


図-2 表層地盤における点源注水試験

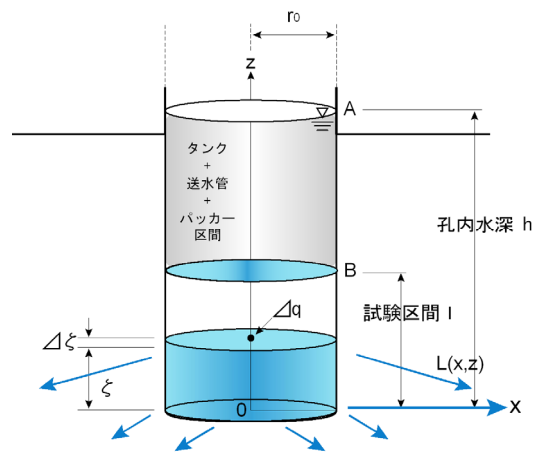


図-3 浅層地盤における点源注水試験

浅層地盤を対象とする場合でも、基準に示されている誘導方法に倣い、図-3 に示す境界条件(孔内水深 h 、試験区間 l)に対して、透水係数算定式を以下の要領で誘導することができる。

まず、試験孔からの浸透が、中心軸上の点源から放射状であり、かつ、点源の強さが水深に比例すると仮定する。図-3 の $z = \zeta$ 、 $x = 0$ に点源 Δq を考えると、 Δq は、孔内の水深 $(h - \zeta)$ に比例することから、試験区間 l からの全注水量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$ は、次のように表される。

$$Q = \int_0^l \Delta q d\zeta$$

$$\text{ここに、} \Delta q = a(h - \zeta) \Delta \zeta \text{ (} a: \text{比例定数)であるから、} Q = \int_0^l a(h - \zeta) d\zeta = a \left(hl - \frac{1}{2} l^2 \right)$$

したがって、

$$\frac{\Delta q}{Q} = \frac{(h - \zeta) \Delta \zeta}{hl - \frac{1}{2} l^2} \quad (1)$$

次に、この点源 Δq によって点 (x, z) に生じる水頭増加 ΔH は、Darcy(ダルシー)の法則に従うと次式になる。

$$\Delta q = k \cdot \frac{\Delta H}{L} \cdot 4\pi L^2 = 4\pi k L \Delta H \quad (2)$$

ここで、 L は点源から点 (x, z) までの距離であり、 $L = \{x^2 + (z - \zeta)^2\}^{1/2}$ (3)

したがって、式(1)、式(2)、式(3)より、 ΔH について整理すると、

$$\Delta H = \frac{1}{4\pi k L} \cdot \frac{Q(h - \zeta) \Delta \zeta}{hl - \frac{1}{2} l^2} = \frac{Q}{4\pi k \left(hl - \frac{1}{2} l^2 \right)} \cdot \frac{(h - \zeta) \Delta \zeta}{\{x^2 + (z - \zeta)^2\}^{1/2}} \quad (4)$$

この式(4)を試験区間で積分($\zeta = 0 \sim l$)すると、

$$\Delta H = \frac{Q}{4\pi k \left(hl - \frac{1}{2} l^2 \right)} \left[(h - z) \left\{ \sinh^{-1} \left(\frac{l - z}{x} \right) - \sinh^{-1} \left(\frac{-z}{x} \right) \right\} - \{x^2 + (z - l)^2\}^{1/2} + \{x^2 + z^2\}^{1/2} \right] \quad (5)$$

ここで、 $z = 0$ 、 $x = r_0$ で $\Delta H = h$ であるため、式(5)は以下のようにになる。

$$h = \frac{Q}{4\pi k \left(hl - \frac{1}{2} l^2 \right)} \left\{ h \sinh^{-1} \left(\frac{l}{r_0} \right) - (r_0^2 + l^2)^{1/2} + r_0 \right\}$$

これより、透水係数は次式により求められる。

$$k = \frac{Q}{4\pi h \left(hl - \frac{1}{2} l^2 \right)} \left\{ h \sinh^{-1} \left(\frac{l}{r_0} \right) - (r_0^2 + l^2)^{1/2} + r_0 \right\} \quad (6)$$

3. 現場検証試験

誘導した透水係数算定式の妥当性を検証するために、香川県内の造成地(盛土地盤)で浅層地盤の原位置試験を行った。ただし、現地の浸透現象は地下水位の影響を受けているため、基準に示されている水位の影響を考慮した低減式(経験式：表層地盤で地下水面が孔底に近い場合と孔底より高い場合)を拠り所として、既報²⁾にて導出している、浅層地盤で地下水位の影響がある場合に適用する低減式を用いて透水係数を算定した。

その結果、透水係数は $k = 1.3 \times 10^{-6} (\text{m/s})$ と算定された。試験区間の土質は、砂-シルト混合土であったことから、地盤工学会が示す「透水性と土質区分³⁾(紙面の都合で省略)」と整合しており、算定された透水係数は、オーダー的に妥当であることが確認された。

4. 終わりに

本稿では、締め固めた地盤の透水試験方法を浅層地盤にまで拡張適用するために、新たな透水係数算定式(算定方法)を誘導する過程を示した。提案式を現場試験で検証した結果、得られた透水係数の値は地盤工学会基準に示されている「透水性と土質区分」のものとオーダー的に整合していることが確認された。今後は、特に浅層地盤の試験について、室内試験との比較や現場適用事例を積み重ねデータの有用性を検証していきたい。

参考文献

- 1) 地盤工学会編(2004)：地盤調査の方法と解説，pp.413～437.
- 2) 能野一美・古川修三・久保慶徳・向谷光彦・乃村智子：締め固めた地盤の透水係数算定式に関する一考察，第57回地盤工学シンポジウム，平成24年度論文集，地盤工学会，pp.175～180.
- 3) 地盤工学会編(2009)：地盤材料試験の方法と解説，p.450.