

岡山大学工学部

正会員 西垣 誠

瞬センチュリリサーチセンタ 正会員○榊原辰雄

1. はじめに

地盤内の透水係数を求める際に一般に良く用いられる方法として単孔式原位置透水試験法がある。この試験法は、試験孔の形態によりオーガー孔法、ピエゾメーター法、チューブ法そしてパッカー法にわけられる。また、試験方法によっても、この試験は定流量や定水位で行う定常法と孔内の水位変動を測定する非定常法とも分類できる。著者らはこの単孔式原位置透水試験法により異方性の透水係数を求める一連の研究を行っているが本報告では地盤の深い所や岩盤内の透水係数を求めるために用いられる多重パッカー法により、異方性の透水係数を求める方法について論述する。

2. パッカー法による異方性の透水係数の求め方

図-1に示すパッカー法より透水係数を求める解析式として次式が Hvorslev によって提案されている。³⁾

$$k = \frac{Q}{2\pi H_p L} \sinh^{-1} \left(\frac{L}{2r_0} \right) = \frac{Q}{2\pi H_p L} \ln \left[\frac{L}{2r_0} + \sqrt{1 + \left(\frac{L}{2r_0} \right)^2} \right] \quad \dots\dots\dots (1)$$

また、異方性地盤におけるパッカー法の試験より水平方向の透水係数を求める式として次式がやはり Hvorslev によって提案されている。³⁾

$$k_h = \frac{Q_p}{2\pi H_p L} \sinh^{-1} \left(\frac{mL}{2r_0} \right) \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 $m = \sqrt{k_h/k_v}$ である。しかし、(2)式を用いて k_h の値を求めるには鉛直方向の透水係数 k_v が既知量でなければならない。また、(2)式において逆に水平方向の透水係数が既知量であると、鉛直方向の透水係数が求められる。したがって、なんらかの方法により水平方向の透水係数を求めると良いことになる。

岩盤内の水平方向の透水性を求める方法として図-2に示す多重パッカー法が Louis⁴⁾らによって提案されている。この方法は3つの独立した試験区間を有し、それぞれに等しい圧力を作用させて定常透水試験を実施する。この方法によると、中央のストレー

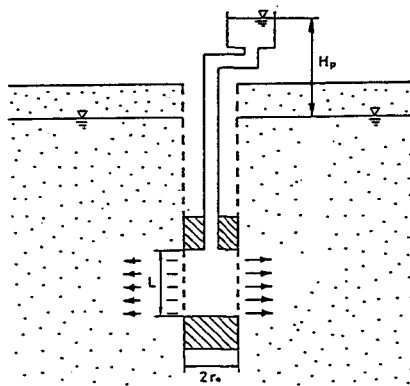


Fig.1 Geometry and symbols for packer method.

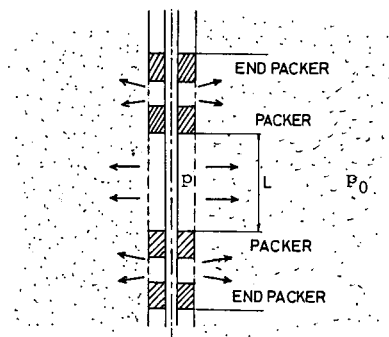


Fig.2 Geometry and symbols for multiple packer method.

ナを流出する水は上下の浸透流によって沿直方向への流れが制御されて水平方向の流れになる。Louisはこの方法により透水係数を求める次の式を提案している。しかし、この式は地盤の異方性を考慮していない。

$$k = \frac{Q}{2\pi L(p-p_0)} \left\{ \ln \left(\frac{L}{r_0} \right) + \frac{1}{2} \right\} \quad \dots (3) \quad \text{ここで、 } p: \text{孔内に作用する水頭圧}$$

p_0 : 無限遠における水頭圧

(3)式のこの難点を改良するために、多重パッカー法より求められる透水係数は水平方向の透水係数に近い値であるが、異方性の透水係数の比の値に依存する関数によって支配されると仮定して、実際に有限要素法による数値解析を用いて図-3に示すような異方性の透水係数の比を変化させた解析を実施して次式を得た。

$$k_h = \frac{Q_L}{2\pi L(p-p_0)} \ln\left(\frac{2Lm^{0.5}}{r_0}\right) \dots\dots\dots (4)$$

ここで Q_L :多重パーカー法の中央のセルからの流出流量。

一方、多重パーカー法で中央のセルだけを用いて原位置透水試験を実施すると図-4に示すように普通のパーカー法の試験となる。この場合の水平方向の解析式は(2)式であり、(2)式と(4)式より m を消去すると、次の関係を得る。

$$k_h = \frac{Q_p Q_L}{2\pi L(p-p_0)(2Q_p-Q_L)} \ln\left(\frac{4L}{r_0}\right) \dots\dots\dots (5)$$

すなわち、多重パーカー法と通常のパーカー法を併用して、 Q_L と Q_p の値を求め、それらを(5)式に代入すると、水平方向の透水係数の値が求められる。

また、(2)式と(4)式から k_h を消去すると、次式となる。

$$m = \sqrt{k_h/k_v} = \exp\left[\frac{2}{(2Q_p-Q_L)}\left\{Q_p \ln\frac{L}{r_0} - Q_L \ln\frac{2L}{r_0}\right\}\right] \dots\dots\dots (6)$$

(6)式と先に得た k_h より k_v の値が定められることになる。

3. 異方性の透水係数の算定例

ここで提案した方法により、数値解析により得たデータをもとに異方性の透水係数を求めた例を図-5に示す。図中の鉛直透水係数は(5)、(6)式より求められた値である。この場合、得られた値は、入力データに良く一致している。図-6は試験孔の径を $r_0=4.3$ cm について解析した例を示す。この場合には、 k_h/k_v の値が100近くになると誤差が大きくなっている。

参考文献

- 1)河野, 西垣: 原位置透水試験法の解析手法に関する研究, 土質工学会論文報告集, Vol.23, No.4, pp.157-170, 1983.
- 2)西垣, 榊原: 単孔式透水試験法による異方性透水係数の評価, 第19回土質工学研究発表会, 1984.
- 3)Hvorslev, M.J.: Time lag and soil permeability in ground water observations, U.S. Army, 1951.
- 4)Louis, C.: Rock Hydraulics, B.G.R.M. Report, Orleans, 1974.

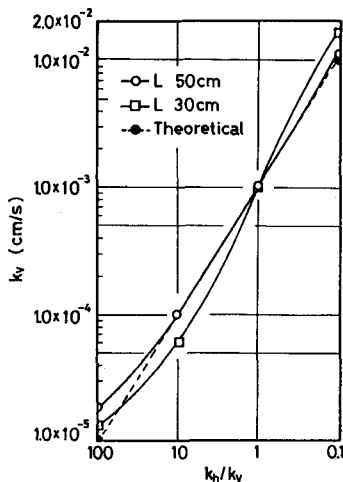


Fig.5
Example of calculation of vertical permeabilities ($r_0=3.3$ cm).

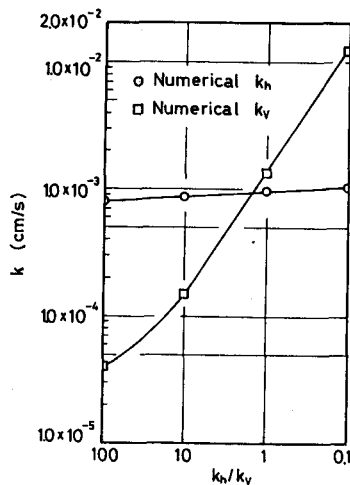


Fig.6
Example of calculation of anisotropic aquifers ($r_0=4.3$ cm, $L=50$ cm).

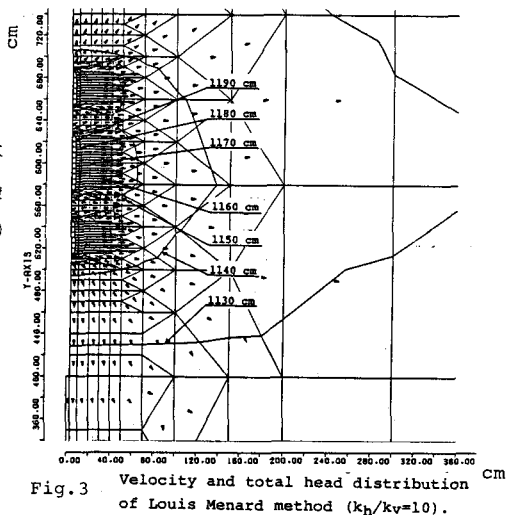


Fig.3
Velocity and total head distribution of Louis Menard method ($k_h/k_v=10$).

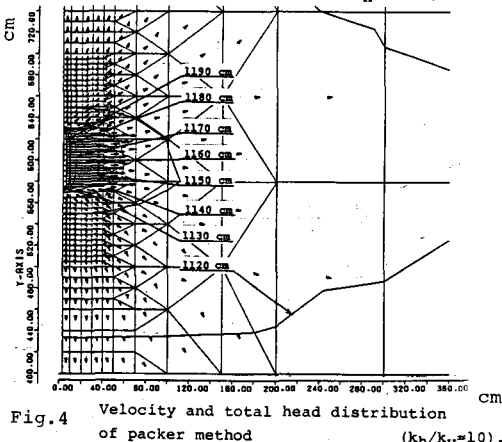


Fig.4
Velocity and total head distribution of packer method ($k_h/k_v=10$).