

2A**MEDIDA DE PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS****1. INTRODUCCIÓN**

Henry Darcy, en el año 1856, encontró experimentalmente la ley que lleva su nombre:

$$Q = K \frac{h_3 - h_4}{L} S = K i S$$

donde:

Q = Caudal

K = Coeficiente de permeabilidad Darcy

h_3 = Altura, sobre el plano de referencia, que alcanza el agua en un tubo colocado a la entrada de la capa filtrante.

h_4 = Altura, sobre el plano de referencia, que alcanza el agua en un tubo colocado a la salida de la capa filtrante.

L = Longitud de la muestra.

S = Área total interior de la sección transversal del recipiente que contiene la muestra.

$i = \frac{h_3 - h_4}{L}$, gradiente hidráulico

La permeabilidad de un suelo puede medirse en el laboratorio o en el terreno; las determinaciones de laboratorio son mucho más fáciles de hacer que las determinaciones “in situ”. Debido a que la permeabilidad depende mucho de la estructura del suelo (tanto la microestructura o disposición de las partículas como la macroestructura: estratificación, etc.) y debido a la dificultad de obtener muestras de suelo representativas, serían necesarias determinaciones “in situ” de la permeabilidad media. Sin embargo, las pruebas de laboratorio permiten estudiar la relación entre la permeabilidad y la relación de huecos, por lo cual se suelen realizar habitualmente.

Entre los métodos utilizados en laboratorio para la determinación de la permeabilidad están:

1. El permeámetro de carga variable.
2. El permeámetro de carga constante

3. La medida directa o indirecta mediante una prueba edométrica.
4. La medida de permeabilidad en probeta cilíndrica en el interior de una célula triaxial.

En esta práctica se realizan ensayos con el permeámetro de carga constante y con el de carga variable.

En aquellos casos en que se precisa el coeficiente de permeabilidad del suelo saturado, hay que evitar la presencia de aire en el suelo. Para ello, la primera precaución es eliminar el aire que el agua común lleva en disolución, lo cual puede hacerse, bien por ebullición o bien por la acción del vacío.

En suelos impermeables, para saturar la muestra de suelo hay que aumentar la presión del agua intersticial mediante una contrapresión. El ensayo se realiza entonces en el aparato triaxial.

La temperatura tiene, a través de la viscosidad, una influencia importante en el coeficiente de permeabilidad. Por ello, la temperatura del agua debe controlarse durante el ensayo. Si el ensayo se realizó a una temperatura t_1 , y se quiere conocer el coeficiente de permeabilidad a una temperatura t_2 , se emplea la relación:

$$K_2 = k_1 \frac{\eta_1}{\eta_2}$$

siendo η_1 y η_2 los coeficientes de viscosidad a estas temperaturas.

2. PERMEÁMETRO DE CARGA CONSTANTE

La muestra de suelo se coloca en el interior de una “célula” cuya entrada comunica con un “depósito de nivel constante”. El nivel de agua (desaireada) en dicho depósito se mantiene fijo gracias al suministro continuo desde otro depósito que compensa con algo de exceso el agua que circula a través de la célula, y a la existencia en su interior de un “tubo vertical” por cuya parte superior abandona el depósito el agua sobrante.

El volumen de agua que abandona la célula en un tiempo determinado se mide con precisión mediante una bureta cuando el suelo es relativamente impermeable, o con una probeta si se trata de un suelo muy permeable.

Las alturas piezométricas en el interior del suelo se miden mediante piezómetros. De esta manera se evita el tener que considerar las pérdidas en las conexiones que en suelos muy permeables no son despreciables.

Según la ley de Darcy, el coeficiente de permeabilidad viene dado por la formula:

$$K = \frac{v}{i} = \frac{V H}{S t \Delta h}$$

siendo: V = volumen de agua que atraviesa el suelo en el tiempo t

H = distancia entre piezómetros externos

S = área de la sección de la muestra

t = tiempo

Δh = diferencia de nivel del agua en los piezómetros externos.

Si el suelo es homogéneo, el agua debe subir en el piezómetro central a una altura media entre la de los extremos; así pues, el piezómetro central permite comprobar este aspecto.

El depósito de nivel constante se puede elevar o bajar mediante una guía y una manivela, lo que permite realizar ensayos bajo distintos gradientes.

3. PERMEÁMETRO DE CARGA VARIABLE

El permeámetro de carga variable se emplea solo para ensayos en suelos relativamente impermeables.

Durante el ensayo, la célula que contiene el suelo “a”, se conecta con uno de los tubos “b” o “c”; la llave A permanece cerrada y las llaves B y C del tubo correspondiente abiertas.

En este aparato, en un intervalo de tiempo dt , el agua desciende por la parte superior del tubo delgado una longitud dh , y ha de ser igual a la que atraviesa una sección cualquiera de la muestra. Por lo tanto:

$$- s dh = K \frac{h + H}{H} S dt$$

donde s es la sección del tubo de alimentación, h la diferencia de cota entre el nivel del agua en el tubo de alimentación, H es la longitud o altura del permeámetro y S es el área de la sección horizontal de la muestra.

Integrando entre 0 y t_1 y sus valores correspondientes de h , h_0 y h_1 , resulta:

$$\frac{K}{H} \cdot \frac{S}{s} t_1 = \text{Ln} \left(\frac{h_0 + H}{h_1 + H} \right)$$

de donde despejando t_1 :

$$t_1 = \frac{s \cdot H}{S \cdot K} \text{Ln} \frac{H_0}{H_1}$$

siendo en general $H_i = h_i + H$

Se hacen varias medidas a distintos tiempos y posteriormente se representan en un gráfico semilogarítmico, donde el tiempo está en escala natural, y la relación altura inicial-altura en escala logarítmica.

Ajustando los puntos obtenidos a una recta, ésta dará la permeabilidad.

4. SIFONAMIENTO

Una vez efectuados los ensayos de permeabilidad del suelo y mediante la elevación de la cota de alimentación en el permeámetro de carga constante, el suelo contenido en la célula del mismo se lleva hasta su sifonamiento. En ese momento son conocidos los potenciales de entrada y salida del permeámetro con lo cual es posible determinar el gradiente hidráulico crítico. Dicho gradiente se comparará con el teórico obtenido de la expresión: $i_{crit.} = \gamma_{sum}$