

Ensayo Lefranc

Este ensayo se utiliza para medir el coeficiente de permeabilidad en suelos permeables o semipermeables, de tipo granular, situados por debajo del nivel freático, y en rocas muy fracturadas. El ensayo se efectúa en el interior de sondeos y puede realizarse durante la ejecución de la perforación o una vez finalizada ésta.

El procedimiento consiste en rellenar de agua el sondeo y medir el caudal necesario para mantener el nivel constante (ensayo a régimen permanente) o bien medir la velocidad de descenso del nivel de agua (ensayo a régimen variable). La medida del caudal de admisión debe realizarse cada 5 minutos, manteniendo el nivel constante en la boca del sondeo durante 45 minutos. Si la admisión es muy alta, debe medirse cada minuto durante los 20 primeros y después cada 5 minutos hasta llegar a los 45 minutos.

La realización del ensayo requiere que, antes de medir tiempos y caudales, se llene el sondeo de agua, observando que el aire es expulsado y que se estabiliza el nivel y la velocidad de descenso, lo que indica que se ha alcanzado el régimen permanente. Para los cálculos posteriores es necesario determinar la cota del nivel freático.

En la Figura 6.84 se muestra un esquema de la realización del ensayo y los factores a considerar para la obtención del coeficiente de permeabilidad k , definido por la expresión:

$$k = Q/(C\Delta h)$$

donde Q es el caudal admitido (m^3/s), Δh es la altura en metros del agua sobre el nivel piezométrico inicial y C es el coeficiente de forma del sondeo, definido por la expresión:

$$C = 4\pi / [(2/L) \log(L/r) - (1/2H)]$$

donde L es la longitud del tramo ensayado (m), r es el radio del sondeo (m) y H es la distancia del punto medio de la zona ensayada al nivel freático (m).

La longitud del tramo de sondeo a ensayar queda siempre definida entre el final de la tubería de revestimiento del sondeo y el fondo del mismo.

Ensayo de Gilg-Gavard

Se realiza en el interior de sondeos para obtener la permeabilidad de suelos de permeabilidad media a baja. Este ensayo se puede realizar a nivel constante o a nivel variable. En el primer caso se introduce un caudal continuo de agua en el sondeo, de forma que el nivel del agua se mantenga constante. El coeficiente

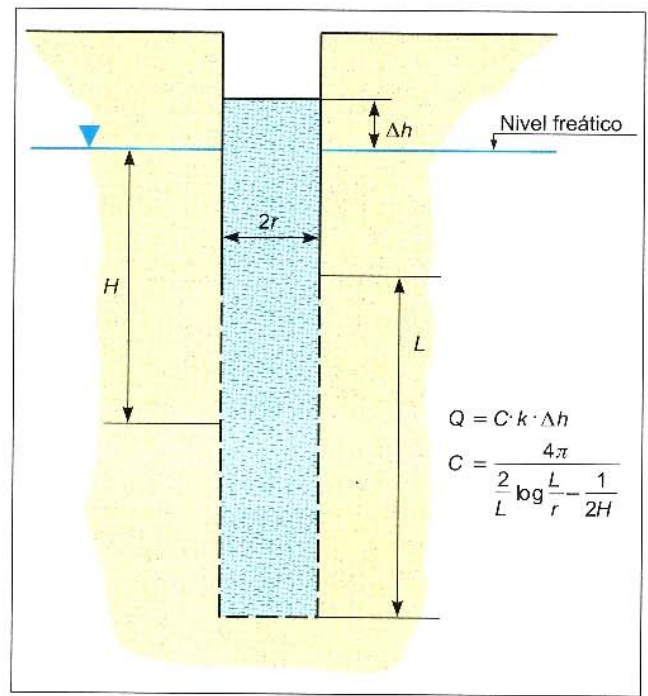


Figura 6.84 Ensayo Lefranc a nivel constante. Hipótesis de cilindro alargado (en Olalla y Sopeña, 1991).

de permeabilidad k se obtiene mediante las siguientes expresiones:

$$k = Q/(\pi d h) \quad \text{para sondeos geotécnicos}$$

$$k = Q/(600 A h) \quad \text{para pozos.}$$

En la segunda fórmula, k se mide en cm/s , Q es el caudal admitido ($1/\text{min}$), d es el diámetro del sondeo (m), h es la altura constante del agua por encima del nivel piezométrico (m) y A es un coeficiente que depende de la longitud y diámetro de la tubería:

$$A = a(1,032\lambda + 30d)$$

siendo λ la longitud de la zona filtrante (m) y d el diámetro del tubo ranurado (m). El valor de a es el siguiente:

$$a = 1 \quad (\text{para } \lambda \geq 6 \text{ m})$$

$$a = 0,481 + 0,178\lambda - 0,014\lambda^2 \quad (\text{para } \lambda \leq 6 \text{ m})$$

Si el ensayo se realiza a nivel variable hay que introducir un pequeño volumen de agua en el sondeo hasta una altura conocida y posteriormente medir la posición de éste en tiempos sucesivos. La permeabilidad se determina mediante la expresión:

$$k = (1,308 d^2 \Delta h)/(A h_m \Delta t)$$

donde k se mide en cm/s, d es el diámetro del sondeo, Δh es el descenso del nivel de agua (m) para el intervalo Δt (minutos) y h_m es la altura media del nivel de agua en el intervalo Δt (m).

Ensayo de Matsuo

Este ensayo se realiza en el interior de excavaciones en suelos secos o semisaturados. El coeficiente de permeabilidad se determina a partir del caudal infiltrado en una excavación con forma de canaleta (Figura 6.85). La longitud de la excavación debe ser mucho mayor que su anchura, de forma que a efectos de cálculo pueda considerarse indefinida. El análisis de la permeabilidad se considera bidimensional en función de la sección del canal.

Las expresiones para el cálculo del coeficiente de permeabilidad son:

- $k = Q/(B + 2H)$ cuando existe un nivel impermeable muy alejado de la superficie del terreno.
- $k = Q/(B - 2H)$ cuando el nivel impermeable se encuentra a escasa profundidad.

siendo Q el caudal necesario para mantener el nivel constante en la canaleta por unidad de longitud, B el

ancho de la canaleta y H el espesor de la lámina de agua estabilizada desde el fondo de la canaleta hasta la superficie.

Ensayo de Haefeli

Se conoce habitualmente como el método de la artesa, y se realiza en el interior de una excavación de forma tronco-piramidal con la base cuadrada (Figura 6.86). Las dimensiones habituales de la artesa son de $1,5 \times 1,5$ m en la superficie del terreno, $0,5 \times 0,5$ m en su base y 0,5 m de profundidad. Una vez realizada la excavación, se llena de agua y se espera a que se infiltre, de manera que durante la realización del ensayo las condiciones sean próximas a un régimen permanente.

Para la realización del ensayo debe fijarse una escala vertical en el fondo de la artesa, la cual se llena de agua hasta una altura determinada. Se mantiene el nivel de agua constante y se mide el caudal de agua necesario para ello.

El coeficiente de permeabilidad k se calcula según la siguiente expresión:

$$k = \frac{Q}{b^2} \frac{1}{\left(27 \frac{h}{b} + \alpha\right)}$$

donde Q es el caudal en cm^3/s , b es la anchura de la base inferior, h es el nivel de agua sobre la base inferior y α es el coeficiente de capilaridad, del orden de 3.

Ensayos en macizos rocosos

La permeabilidad constituye una de las propiedades de los macizos que presentan mayor variación dentro de una misma formación rocosa. Por ello, cuando se cuantifica la permeabilidad de un macizo rocoso es más propio hablar de un orden de magnitud (exponente en una base 10) que de valores precisos. En macizos rocosos sanos, la permeabilidad puede ser muy baja, del orden de 10^{-8} - 10^{-10} cm/s, aunque si el macizo rocoso está formado por matriz rocosa porosa y permeable, arenisca por ejemplo, sus valores pueden alcanzar hasta 10^{-3} cm/s. La permeabilidad de un macizo rocoso diaclasado puede llegar a 10^{-2} y 10^{-3} cm/s.

El ensayo más extendido para determinar la permeabilidad de un macizo es el ensayo Lugeon.

Ensayo Lugeon

Este ensayo se realiza en el interior de sondeos y permite calcular semicuantitativamente la permeabilidad

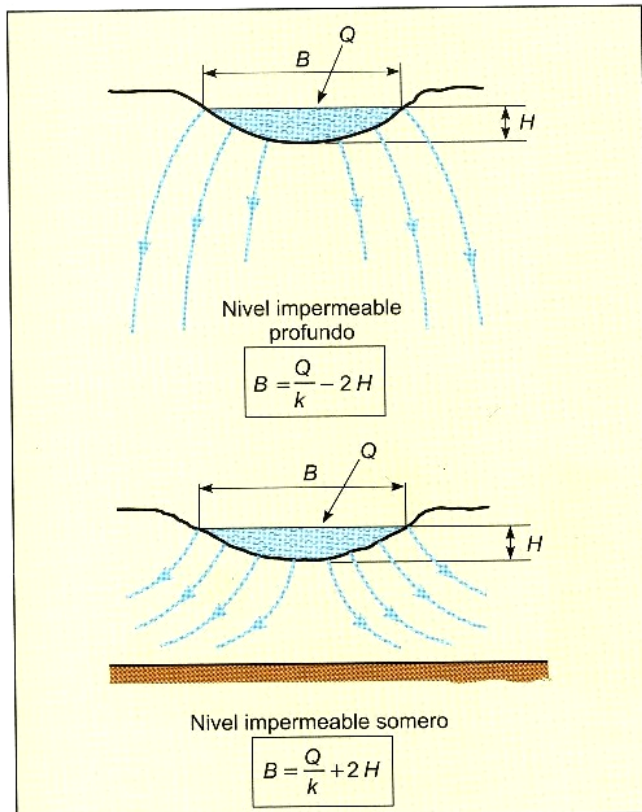


Figura 6.85 Ensayo de permeabilidad. Método de Matsuo (en Olalla y Sopena, 1991).