

## ANEXO A

# PROCEDIMIENTO DE ENSAYOS EDOMÉTRICOS CON CONTROL DE SUCCIÓN

### A.1 Introducción

La nueva célula edométrica con control de succión fue diseñada y construida en los laboratorios de Geotecnia de la U.P.C. (Universidad Politécnica de Cataluña). Las principales características de la nueva célula edométrica son descritas en la sección 3.5 del Capítulo 3, en la Fig. 3.7 se presentan las partes principales que componen la célula edométrica y en la Fig. 3.10 el esquema general de la célula edométrica.

### A.2 Equipo e instrumentación

#### *Equipos complementarios*

- Célula triaxial convencional para el proceso de fabricación de las muestras (Fig. A.2).
- Anillo cortador del diámetro de la probeta (Fig. A.3).
- Herramientas: espátula, cuchillo, Allen y cortador de alambre.
- Plataforma giratoria.
- Agua destilada u otro de composición definida.
- Cronómetro.
- Balanza, de capacidad superior a 500 g de resolución  $\pm 0.01$  g.
- Horno de capacidad a 110 °C y recipientes para secado en estufa.

### A.3 Metodología

#### A.3.1 Pasos previos

- Saturación del disco cerámico (AVEA) mediante la aplicación de una presión de agua  $u_w$  durante un periodo de tiempo de 2 a 3 días (Bishop & Henkel, 1957).

- Determinación de la permeabilidad al agua del disco cerámico. Permeabilidad inicial de  $6.7 \times 10^{-11}$  m/s (Fig. 3.13, capítulo 3).
- Desairado del agua desmineralizada del sistema de presión de agua.
- Llenado con agua desairada el medidor de cambio de volumen de agua y los interceptores de burbujas de aire (IBA) (Fig. 3.9).
- El disco cerámico es cubierto con una fina capa de agua destilada para evitar la desaturación del disco cerámico durante el proceso de fabricación de la muestra.
- Circular agua desaira por la línea de drenaje del agua intersticial para el desalojo de aire.

### A.3.2 Preparación de la muestra

El procedimiento de compactación es realizado en una cámara triaxial convencional, compactando la muestra en condiciones isotrópicas (Fig. A.2), en el Capítulo 4 se explica con detalle el procedimiento de compactación (tensión controlada).

- La probeta compactada se coloca sobre un dispositivo giratorio para su labrado.
- Las probetas de suelo de 50 mm de diámetro y 20 mm de altura son extraídas de la zona central de las probetas cilíndricas (70 mm de diámetro y 40 mm de altura) (Fig. A.1) compactadas en condiciones isotrópicas (Fig. A.2).
- La probeta compactada se coloca sobre el dispositivo giratorio para su tallado con un anillo cortador ( $\phi=50$  mm,  $h=20$  mm) y con la ayuda de un cuchillo o cortador de alambre. Procurando no modificar sus condiciones iniciales de humedad y densidad. Al mismo tiempo del labrado, forzar ligeramente el anillo cortador para que penetre en la muestra (Fig. A.3).
- Cuando el suelo llena por completo el anillo cortador, se enrasan las caras de la probeta cortando el material sobrante con el alambre acerado.
- Tomar material sobrante del tallado para determinar su contenido de humedad inicial, posteriormente se pesa la muestra y se miden sus dimensiones.
- La probeta se extrae del anillo cortador y se introduce en el anillo del edómetro (No. 4 de la Fig. 3.10) (Fig. A.3), para su posterior ensayo.

### A.3.3 Montaje

- Tan pronto como la probeta entra en contacto con el disco cerámico (AVEA) se abre el sistema de presión de agua a una presión atmosférica, para que la probeta absorba agua por capilaridad para recuperar el equilibrio de su succión inicial.
- Los cuatro cuerpos que componen el edómetro, se ajustan con 8 tornillos de denominación M10x30 (Fig. 3.7).
- Las conexiones de los sistemas para imponer la de presión de poros ( $u_a$ ,  $u_w$ ) y la presión vertical ( $\sigma_v$ ) se conectan (Fig. A.4).
- El marco de acero inoxidable, unido a la base del edómetro donde está colocado el micrómetro mecánico (resolución de 2  $\mu\text{m}$ ) es centrado y se posiciona con un nivelador (Fig. A.4).

### A.3.4 Desarrollo del ensayo

- Se impone una baja presión vertical sobre la muestra de 25 kPa, para el ajuste del mecanismo de transmisión de presiones.
- La presión de aire ( $u_a$ ) y la presión vertical ( $\sigma_v$ ), se incrementan simultáneamente con una diferencia de 25 kPa hasta alcanzar la presión vertical neta inicial de ensayo ( $\sigma_v - u_a$ ).
- La succión matricial se aplica simultáneamente empleando la técnica de traslación de ejes, manteniendo la presión de aire constante y controlando la presión de agua hasta alcanzar una diferencia igual a la succión deseada ( $u_a - u_w$ ).
- Con las etapas anteriores se establece en la probeta la succión tras la compactación isótropa, bajo una tensión vertical neta de 0.025 MPa.
- Estas condiciones iniciales de tensión y succión se mantienen como mínimo durante dos días, para garantizar las condiciones iniciales del ensayo. Registrando los sistemas de medida.
- Cada etapa de carga se mantiene como mínimo dos días bajo succión constante. Para evitar cambios de succión (disminución) se realizaron incrementos pequeños de la carga vertical.
- En trayectorias mojado–secado se varía la succión matricial en la muestra, manteniendo la presión de aire constante y controlando la presión de agua hasta alcanzar una diferencia igual a la succión deseada ( $u_a - u_w$ ), bajo una presión neta vertical constante ( $\sigma_v - u_a$ ). Se registran los cambios del volumen de agua y los cambios volumétricos del suelo.
- El procedimiento de descarga, se realiza tomando las mismas consideraciones al procedimiento de carga, hasta llegar a una carga neta vertical ( $\sigma_v - u_a$ ) de acuerdo al programa de ensayo.

### A.3.5 Desmontaje

- Se reduce a cero la presión de agua ( $u_w = 0.0$  MPa). Se cancela el sistema de presión de agua ( $u_w$ ) para evitar su pérdida de la muestra durante el proceso de descarga.
- Se reduce simultáneamente la presión de aire y la presión de cámara con una diferencia de presión vertical neta sobre la muestra de 20 kPa hasta obtener una presión nula sobre la probeta.
- Desconectar los sistemas de presión de aire y agua, retirar el micrómetro mecánico para separar las piezas que componen la célula edométrica, posteriormente extraer la muestra.
- Pesar el anillo mas muestra húmeda, medir con precisión el cambio de altura de la probeta para corroborar con las lecturas tomadas del micrómetro y anotar el valor en la hoja de registro.
- Pasar la probeta del anillo a una cápsula numerada y tarada, procurando no perder material e introducirla en el horno a 110 °C durante 18 horas como mínimo para su secado.

### A.4 Observaciones

- Durante el ensayo es extremadamente importante el control de la temperatura del laboratorio, con una variación de  $\pm 1$  °C, para obtener lecturas fiables en los cambios de volumen de agua.
- Realizar constantemente un flujo a presión en el sistema de presión de agua ( $u_a$ ) para eliminar el aire disuelto a través del disco cerámico.
- Se registran suficientes lecturas de tiempo–deformación y tiempo–cambio de agua.
- Limpiar el equipo y dejar el disco cerámico saturando para posteriores ensayos

### A.5 Formato y hoja de registro

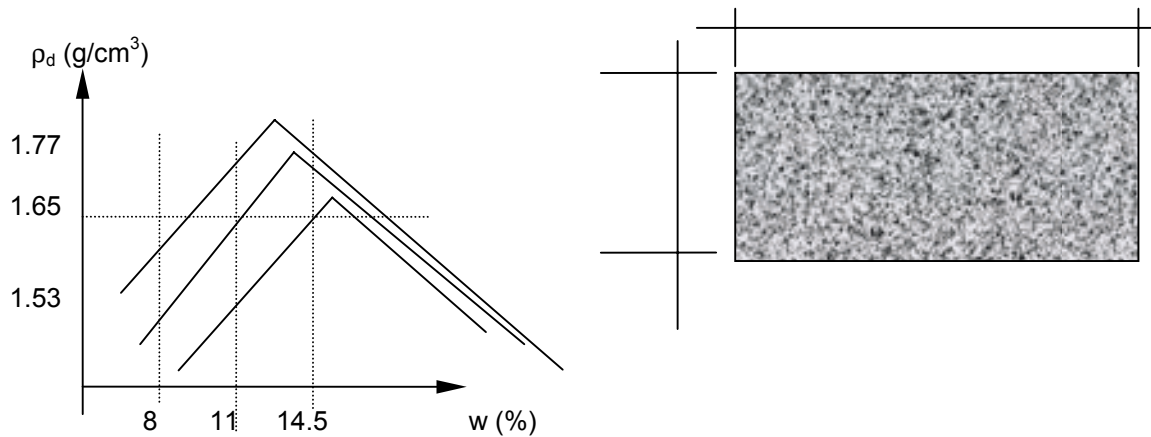
● ● ●  
● ● ●  
● ● ●

**U P C**

**NUEVA CELULA EDOMETRICA  
con control de la succión**

Fecha: \_\_\_\_\_

No. de Ensayo: \_\_\_\_\_



$e_0 =$  \_\_\_\_\_       $S_r (\%) =$  \_\_\_\_\_      Succión inicial (MPa) = \_\_\_\_\_  
 $(\sigma_m - u_a)_0$  (MPa): \_\_\_\_\_       $\rho_{d0}$  (g/cm<sup>3</sup>) = \_\_\_\_\_       $w_0$  (%) = \_\_\_\_\_  
 $W_{\text{anillo}} (g) =$  \_\_\_\_\_       $W_{(\text{anillo} + \text{probeta})_0} (g) =$  \_\_\_\_\_       $W_{p\text{-inicial}} (g) =$  \_\_\_\_\_  
 $W_{(\text{anillo} + \text{probeta})_f} (g) =$  \_\_\_\_\_       $W_{p\text{-final}} (g) =$  \_\_\_\_\_  
 $\theta_i$  (mm): \_\_\_\_\_       $h_i$  (mm): \_\_\_\_\_       $A$  (mm<sup>2</sup>) \_\_\_\_\_       $V$  (mm<sup>3</sup>): \_\_\_\_\_

*Testigos de humedad inicial*

No. de tara	$W_t$ (g)	$W_{sh+t}$ (g)	$W_{ss+t}$ (g)	$W_w$ (g)	$W_s$ (g)	$w$ (%)

*Testigos de humedad final de la probeta*

No. de tara	$W_t$ (g)	$W_{sh+t}$ (g)	$W_{ss+t}$ (g)	$W_w$ (g)	$W_s$ (g)	$w$ (%)

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

