

Máster Universitario
en Túneles
y Obras Subterráneas



ÁREA: A
MÓDULO: MECÁNICA DEL SUELO
PRÁCTICAS DE LABORATORIO

ENSAYOS DE CORTE DIRECTO

Ponente: Jesús González.
UPM.
Día: 06/02/07
Hora: 18:15 a 20:15

Master de túneles y obras subterráneas

Módulo: Mecánica del suelo

Practicas de laboratorio: ensayo de corte directo

ENSAYO CORTE DIRECTO (UNE 103-401-98)

OBJETO

Determinación de los parámetros resistentes de una muestra de suelo sometida a esfuerzo cortante (cohesión y ángulo de rozamiento)

Se aplica a suelos de pequeño tamaño (arenas, limos y arcillas)

MATERIAL NECESARIO

- Aparato de corte directo
 - Caja de corte directo (60 mm x 60 mm x 47 mm)
 - Carro deslizante
 - Placas porosas
 - Placas ranuradas
 - Pistón de carga
 - Yugo de aplicación de cargas
 - Sistema de aplicación del esfuerzo horizontal
 - Medidor de fuerza
 - Medidores de desplazamiento vertical y horizontal

MATERIAL AUXILIAR

- Balanza
- Elementos para determinar la humedad
- Cronómetro
- Extractor de muestras/ Tallador de muestras
- Elementos necesarios para la compactación de probetas

PREPARACIÓN DE LA PROBETA

- Arena seca floja
- Arena seca densa
- Suelo cohesivo inalterado
- Suelo cohesivo remodelado

En el laboratorio se realizará el ensayo con arena seca floja y con arena seca densa.

PROCEDIMIENTO OPERATIVO

Se ensayarán dos muestras de suelo (una de arena suelta y la otra de arena densa) en un aparato de corte directo, consistente en un molde metálico de 6 x 6 cm² de sección transversal y 4.2 cm de altura.

La preparación y la realización del ensayo de cada una de las muestras se llevarán a cabo según las siguientes indicaciones:

1. Se tomará aproximadamente 200 gr. de arena seca y se pesará exactamente.
2. Se inmovilizará la Caja del aparato de corte con 2 tornillos.
- 3a) La muestra de arena suelta se preparará vertiéndola, con la ayuda de un embudo, en la caja del aparato de corte directo, distribuida lo más uniformemente posible, hasta quedar a unos 5 mm del borde superior de la caja. Se enrasará convenientemente y se colocarán las placas metálicas de reparto con ayuda de 2 tornillos.
- 3b) La muestra de arena densa se verterá en la caja y se enrasará a unos 2 mm del borde superior. Se colocará la placa de reparto (no la de transmisión) y se compactará vibrándola durante 1 minuto bajo la acción de la carga vertical aplicada por la aguja de compactación de Harvard. Terminada la compactación se rehará el enrase si fuera necesario.
4. Se medirá la profundidad de enrase de la que se deducirá la altura de la muestra.
5. Se pesará el sobrante de arena y se calculará el peso de la arena en la caja de corte.
6. Se determinará el peso específico seco de cada una de las muestras a ensayar.
7. Se colocará la esfera de acero sobre la placa de reparto y se situará sobre ella el yugo de aplicación de la carga vertical. Se bajará dicho yugo, con ayuda del tornillo de seguridad de la palanca de carga.
8. Se colocarán las pesas en la palanca para dar la presión vertical prevista. Se aplicará la carga sobre la muestra.
9. Sobre el yugo, se colocará el extremo móvil de un comparador para medir los corrimientos verticales de la caja durante el corte.

10. Muévase el volante del aparato hasta que el pistón toque la caja.
11. Póngase a cero el comparador de desplazamiento vertical y el del anillo.
12. Quítense los tornillos de la caja.
13. Se comienza el corte con una velocidad equivalente a una vuelta del volante del gato mecánico por segundo (0,02 mm/seg).
14. Se toman lecturas del Comparador de corrimientos verticales y del anillo cada 25 vueltas (25 segundos).
15. El corte se continúa hasta separar las dos unidades de la caja 6 mm. (300 vueltas). Después se descarga el aparato accionando el volante en sentido contrario. Se quita el comparador de corrimiento vertical. Se quita la carga del yugo y se desmonta la caja de corte.
16. Las cargas en el plano de corte pueden conocerse mediante el diagrama de tarado del anillo.

Estas operaciones se repetirán para realizar los dos ensayos especificados uno con la arena suelta y otro con la arena densa.

OBTENCIÓN Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS

- Se calcula la densidad de la probeta
- Curva tensión tangencial-deformación horizontal
- Curva deformación vertical-deformación horizontal
- Líneas de resistencia intrínseca del suelo en la hipótesis de suelo perfectamente incoherente, determinando el ángulo de rozamiento interno de la arena para cada una de las densidades ensayadas.

ENSAYO CORTE DIRECTO (UNE 103-401-98)

TOMA DE DATOS

Descripción del suelo:

Presión vertical aplicada: 1Kg/cm²

Dimensiones de la muestra: Lado = 6cm x 6cm

Altura = cm

Vol = cm³

Peso arena = gr.

Velocidad de deformación: 0.02 mm/sg.

Densidad = gr/cm³

Constante del anillo K = Kg/div.

| Vuel- tas Nº | Tiem- po en Segun- dos | Desplaza- miento Horiz 0.02mm | Lectura del Anillo div. | Tens. Tang. (Kp/cm ²) | Lect .Comparador Vertical (1 div. =0.01mm) | Desplazamiento Vertical (1 div. = 0,01 mm) |
|--------------------|------------------------------------|--|----------------------------------|---|--|---|
| 0 | 0 | 0 | | | | |
| 25 | 25 | 0.50 | | | | |
| 50 | 50 | 1.00 | | | | |
| 75 | 75 | 1.50 | | | | |
| 100 | 100 | 2.00 | | | | |
| 125 | 125 | 2.50 | | | | |
| 150 | 150 | 3.00 | | | | |
| 175 | 175 | 3.50 | | | | |
| 200 | 200 | 4.00 | | | | |
| 225 | 225 | 4.50 | | | | |
| 250 | 250 | 5.00 | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Master de túneles y obras subterráneas

Módulo: Mecánica del suelo

Practicas de laboratorio: ensayo de compresión simple

ENSAYO RESISTENCIA COMPRESIÓN SIMPLE
(UNE 103-400-93)

OBJETO

Determinación de la resistencia a compresión simple de los suelos que tengan cohesión.

MATERIAL NECESARIO

- Prensa para rotura

MATERIAL AUXILIAR

- Balanza
- Elementos para determinar la humedad
- Cronómetro
- Extractor de muestras/ Tallador de muestras
- Elementos necesarios para la compactación de probetas

PREPARACIÓN DE LA PROBETA

El diámetro mínimo de la misma será de 35 mm ($H/\phi > 2$). En el laboratorio la probeta tendrá un diámetro de 1,5" y 3" de altura.

- Por extrusión de una muestra inalterada
- Por tallado de una muestra inalterada en bloque
- Por remoldeo. En el laboratorio la preparación de la probeta para el ensayo se realizará tal como se describe a continuación:

1. Se tomarán 200 gr. de suelo previamente tamizado.
2. Se añadirá agua, en la proporción que se indique en clase, amasando perfectamente.
3. En el molde de "Harvard miniatura", con el collar y collarín atornillados, se colocará una cantidad de suelo amasado que ocupe aproximadamente la mitad del volumen del molde. Previamente se engrasará el molde.
4. Introducir el compactador en el molde hasta ponerlo en contacto con la superficie del suelo y apretar firmemente hasta desplazar el muelle. Soltar y cambiar el com-

- compactador a una nueva posición. Los cuatro primeros pinchazos deberán aplicarse en los extremos de dos diámetros perpendiculares y el quinto en el centro. Los siguientes se aplicarán en los extremos de diámetros que formen 45°, con los iniciales, dando un décimo pinchazo en el centro. Repetir ésta operación hasta aplicar 50 pinchazos.
5. Verter nuevamente suelo en el molde -la misma cantidad de volumen aproximadamente- y repetir las mismas operaciones con el compactador.
 6. Verter una tercera tongada y compactar.
 7. Quitar el collarín superior y enrasar.
 8. Quitar el collar exterior y desmoldar, ayudándose de la base de plástico de diámetro igual que el de la probeta.

PROCEDIMIENTO OPERATIVO

- Se mide la probeta y se pesa
- Colocación de la probeta entre los cabezales de la prensa
- El ensayo se realizará a velocidad de deformación constante (2% de la altura de la probeta en cada minuto). Para controlar esta velocidad se empleará un comparador con base en un elemento inmóvil durante el ensayo, el cual deberá moverse 38×10^{-2} mm cada 15 segundos (ó 15×10^{-3} pulgadas). Antes de iniciar el ensayo se pondrá a cero dicho comparador, así como el del anillo.
- Colocada la probeta haciendo contacto con las dos bases y puestos a cero los dos comparadores, se accionará el volante de la prensa de manera que se aproximen sus bases y se comprima la probeta, comprobando que cada 15 segundos el acortamiento es el indicado anteriormente. En estos intervalos (o sea, cada 15 segundos) se leerá el cuadrante del anillo.
- El ensayo, se prolonga hasta que las lecturas del cuadrante del anillo hayan descendido al 50% del máximo valor alcanzado (el cuál se anotará, así como el tiempo en el que se alcanza), o bien una vez pasado un acortamiento igual al de deformación axial 15%
- Descargar hasta cero en el anillo.

OBTENCIÓN Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS

- Se calcula la densidad de la probeta
- Curva tensión-deformación.
- Determinar la carga de rotura. Para ello se utilizará el sistema de coordenadas deformado que se adjunta, gracias al cual puede tenerse en cuenta el aumento de la sección de la probeta producido por efecto Poisson durante el ensayo
- Esquema de la forma de rotura

Máster Universitario
en Túneles
y Obras Subterráneas



ÁREA: A
MÓDULO: MECÁNICA DEL SUELO
PRÁCTICAS DE LABORATORIO

ENSAYOS DE EDMÉTRICO

Ponente: Jesús González.
UPM.

Día: 06/02/07

Hora: 16:00 a 18:00

Master de túneles y obras subterráneas

Módulo: Mecánica del suelo

Practicas de laboratorio: ensayo edométrico

ENSAYO EDOMÉTRICO (UNE 103-405-94)

OBJEIO

Se utiliza para determinar las características de consolidación de los suelos.

Se aplica a suelos homogéneos (habitualmente saturados)

Se utiliza para determinar la fase de consolidación primaria del suelo.

MATERIAL NECESARIO

- Célula edométrica
 - Base metálica
 - Elemento de fijación del anillo portaprobeta
 - Cuerpo lateral de cierre estanco
 - Anillo donde se aloja la probeta del suelo
(ϕ min >45 mm, h min > 12 mm). En el laboratorio la probeta tendrá un diámetro de 70 mm y una altura de 20 mm.
 - Placas porosas
 - Pistón de carga
- Medidor de deformaciones
- Bancada

MATERIAL AUXILIAR

- Balanza
- Elementos para determinar la humedad
- Cronómetro
- Extractor de muestras
- Elementos necesarios para la compactación de probetas

PREPARACIÓN DE LA PROBETA

- Por extrusión de una muestra inalterada
- Por tallado de una muestra inalterada en bloque
- Por remoldeo. Este será el ensayo a realizar en el laboratorio.

PROCEDIMIENTO OPERATIVO

- Montaje de la célula (ya realizado)
- Montaje en la bancada y preparación del ensayo. (ya realizado)
- Realización del ensayo
 - Proceso de carga
0.05; 0.1; 0.2; 0.4; 0.8; 1.5; 3.0; 6.0; 10.0; 15.0 kp/cm^2
En el laboratorio se llevará a cabo un escalón de carga entre 6 kp/cm^2 y 12 kp/cm^2
 - Medidas de la curva de consolidación
10, 15, 30, 45 seg
1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 30, 45 min
1, 2, 3, 5, 7, 24 h
En el laboratorio sólo se medirá la primera media hora.
 - Proceso de descarga

OBTENCIÓN Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS

- Se calcula la densidad y humedad de la probeta
- Curva carga-deformación (Curva edométrica)
- Curva tiempo-deformación (Curva consolidación)
- Determinar el coeficiente de compresión
- Estimar, si los datos lo permitiera, el coeficiente de consolidación vertical.

ENSAYO EDOMÉTRICO (UNE 103-405-94)

CURVA EDOMETRICA

Indice de poros inicial $e_0 = \frac{G}{\gamma_d} - 1$

Altura de sólido $H_s = \frac{H_0}{1+e_0}$

$H_0 = 20 \text{ mm}$

G peso específico de las partículas = 265

$\gamma_d = 140$

| Carga Kg | Presión Kg/cm ² | LECTURAS 0,01mm | | H = H ₀ - ΔH | H _s = determinar ----- $e_f = \frac{H - H_s}{H_s}$ |
|-------------|-------------------------------|---|---------------------------------------|-------------------------|---|
| | | Lectura Inicial (L _i) | Lectura Final (L _f) | | |
| 0,5 | 0,1 | 0 | 78 | | |
| 1,0 | 0,2 | 78 | 162 | | |
| 2,0 | 0,4 | 162 | 266 | | |
| 4,0 | 0,8 | 266 | 368 | | |
| 7,5 | 1,5 | 368 | 465 | | |
| 15,0 | 3,0 | 465 | 560 | | |
| 30,0 | 6,0 | 560 | 641 | | |
| 60,0 | 12,0 | | | | |
| 15,0 | 3,0 | | | | |
| 4,0 | 0,8 | | | | |
| 0,5 | 0,1 | | | | |

ENSAYO EDOMÉTRICO (UNE 103-405-94)

CURVA DE CONSOLIDACIÓN

| CELULA B ESCALON DE ... 6,0 ... kp/cm ² a ... 12 ... kp/cm ² ALTURA INICIAL, 2 Ho (cm) ... 2 ... PESO ESPECIFICO DE LAS PARTICULAS gr/cm ³ ... 2,65 ... HUMEDAD INICIAL (%) ... 40 ... LECTURA INICIAL DEL CUADRANTE, Lo ... 0 ... LECTURA DEL CUADRANTE AL FINAL DEL ESCALON ANTERIOR <i>642</i> ... LECTURA DEL CUADRANTE AL COMIENZO DEL NUEVO ESCALON <i>645</i> ... | | |
|---|------------|---------------|
| LECTURAS EN EL EDOMETRO | | |
| TIEMPO | LECTURA | OBSERVACIONES |
| 15" | <i>647</i> | |
| 30" | <i>648</i> | |
| 1' | <i>650</i> | |
| 2' | <i>652</i> | |
| 3' | <i>653</i> | |
| 5' | <i>656</i> | |
| 7' | <i>658</i> | |
| 10' | <i>661</i> | |
| 15' | <i>664</i> | |
| 20' | <i>667</i> | |
| 30' | | |
| | | |
| | | |
| | | |