

INFORME

CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL

LUISA GISELLE CORREA BELLO
MIGUEL ANGEL PÁJARO MEJÍA
SERGIO DAVID RÍOS GALVÁN
NICOLL DAJHANY ROMERO SOLAR

ING. JORGE EDUARDO UPARELA OLIVERA
GEOTECNIA I

UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ING. CIVIL
SINCELEJO – SUCRE
2021

CONTENIDO

INTRODUCCION.....	3
OBJETIVOS	4
OBJETIVO GENERAL	4
OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
JUSTIFICACIÓN	5
MARCO TEÓRICO	6
Consolidación	6
Consolidación unidimensional	6
Ensayo de consolidación	7
Edómetro o consolidómetro	7
Asiento o asentamiento	7
Cálculo de asentamientos	8
Métodos de Casagrande de determinación de C_v	8
EQUIPOS Y MATERIALES	10
CALCULOS	13
ANALISIS DE RESULTADOS	17
CONCLUSIONES	18
CUESTIONARIO	19
BIBLIOGRAFÍA	21

INTRODUCCION

Para una correcta funcionalidad de los suelos es necesario someterlos a distintos procesos, donde estos adquieran características necesarias para nuestro objetivo como ingeniero civil, por estas razones a dicho suelo se le hacen distintos ensayos para reconocer las propiedades que los identifiquen, en este caso el ensayo consta de someter a la muestra de suelo a cargas de presión conocida como consolidación con el objetivo de determinar ciertos parámetros que se utilizan para predecir la velocidad y la magnitud del asentamiento de estructuras y además para saber las distintas presiones a las que ha sido sometido el suelo a estudiar en la historia.

Cuando se somete un suelo a un incremento en la carga de presión, en este ocurren distintos reajustes de su estructura, correspondiente a una reducción de los espacios vacíos, así como también puede producirse una cierta cantidad de deformación elástica, pero considerando las cargas y la elasticidad del suelo, esta es despreciable.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar el índice de compresión (C_c), el índice de expansión (C_s) y el esfuerzo de pre consolidación (σ_p') de la muestra de suelo ensayada e inalterada.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✚ Aprender y comprender los principios de consolidación unidimensional de los suelos.
- ✚ Determinar el índice de compresión, expansión, consolidación primaria, etc., de la muestra ensayada.
- ✚ Analizar las gráficas obtenidas a partir de los resultados obtenidos en laboratorio.

JUSTIFICACIÓN

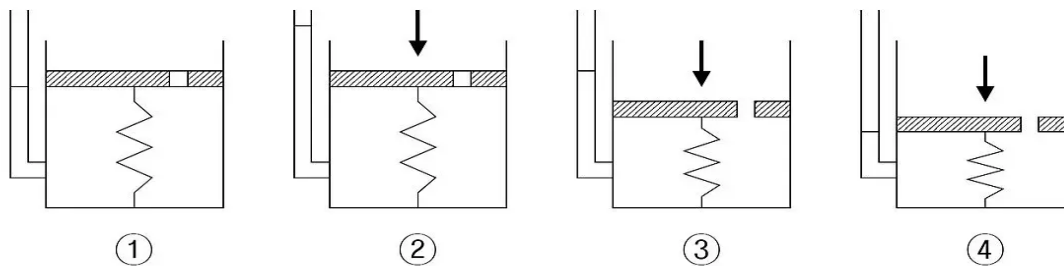
En la ingeniería el estudio de los suelos es muy importante para la elaboración y diseño de obras, ya que este se encuentra expuesto a diversos fenómenos que hacen obligatorio el conocimiento de sus afectaciones. La consolidación de un suelo es un proceso de reducción de volumen de los suelos, provocado por la actuación de cargas sobre su masa, y que ocurre en el transcurso de un tiempo generalmente largo. En suelos con una baja permeabilidad, el incremento de carga instantáneo hace que se transmita directamente al agua intersticial sin variar las tensiones efectivas. Posteriormente, se va produciendo el drenaje de la muestra a través de las pastillas porosas y por tanto reduciéndose la presión de los poros lo que hace que el suelo se comprima y, por tanto, consolide.

El ensayo de consolidación unidimensional simula, por tanto, la compresión de un terreno blando entre dos estratos permeables, además, al ser efectuado en suelos totalmente saturados, no se puede en terrenos con grado de saturación menor a 1, debido a que, si es así, se aplicaría compactación. La información obtenida en este ensayo es fundamental para la prevención de catástrofes en las construcciones, debido a que se llegaría a conocer los asentamientos presentes en el suelo.

MARCO TEÓRICO

Consolidación: La compresión gradual de un suelo por efecto de los esfuerzos originados por la presión que ejercen las estructuras superpuestas, recibe el nombre de consolidación. Esta, en un principio, es soportada en su totalidad por el exceso de presión que se origina en el agua, pero con el paso del tiempo como el agua es expulsada de los vacíos del suelo permitiendo que se lleva a cabo una transferencia gradual de carga del fluido a las partículas sólidas del terreno. Este desalojo de agua viene acompañado con un asentamiento, el cual termina cuando toda la carga es soportada por el esqueleto del suelo.

Consolidación unidimensional: Si la reducción del volumen se produce sólo en dirección vertical se dice que se ha presentado consolidación unidimensional de la cual se desarrollará en este informe. Puede considerarse que este fenómeno ocurre en la naturaleza cuando el estrato compresible en dimensión horizontal es mucho mayor que la de su espesor.



La consolidación proceso que tiene dos consecuencias

- Reducción del volumen de poros a vacíos por lo tanto reducción del volumen total produciéndose un asentamiento.
- Durante la disipación del exceso de presión intersticial, la presión efectiva aumenta y en consecuencia se incrementa la resistencia del suelo.

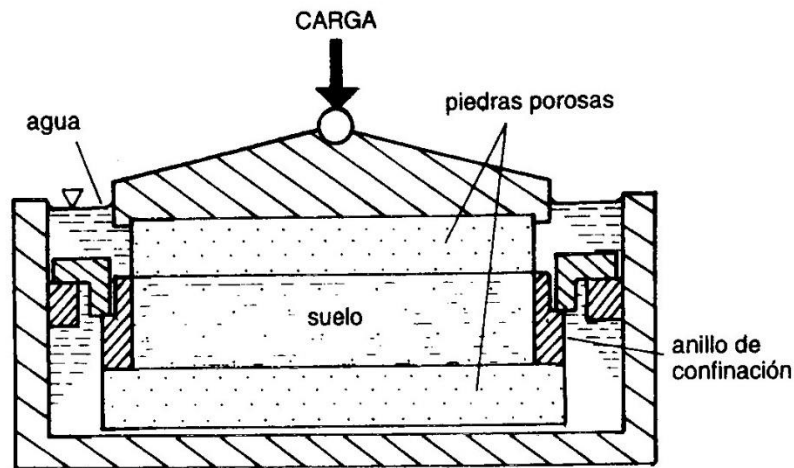
Por lo tanto, cuando un solo se consolida ante la aplicación de una carga, se produce la disminución de la relación de vacíos y un incremento del esfuerzo efectivo.

El proceso de consolidación se aplica a todos los suelos, pero es más importante estudiarlos en aquellos donde la permeabilidad es baja. Es necesario predecir:

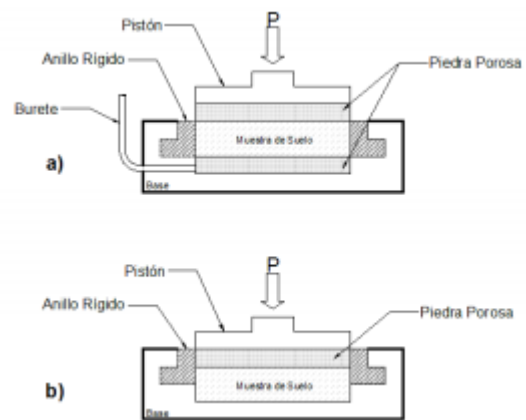
- El asentamiento total de la estructura.
- El tiempo o velocidad a la cual se produce dicho asentamiento.

Ensayo de consolidación

En una situación real, donde es preciso resolver un problema de consolidación de suelos, es necesario determinar no sólo el tiempo en el cual se produce la consolidación sino también la magnitud del asentamiento que tendrá lugar debido a la deformación del suelo. Para esto se realiza la prueba de consolidación, o también llamada prueba de compresión confinada, la cual consiste en someter a un esfuerzo de compresión axial a una muestra inalterada de suelo en un estudio.

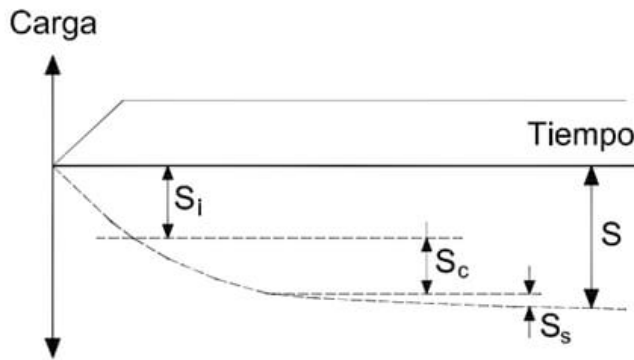


Edómetro o consolidómetro: Es un aparato de laboratorio útil para conocer la compresibilidad de un suelo que va a ser objeto de un proceso de consolidación. La muestra inalterada es un suelo tomado en campo y cortado con cuidado para obtener una probeta, que quede ajustada al diámetro del anillo interior, y con altura de una pulgada. Es por eso que el ensayo se realiza en condiciones de compresión confinada, con una muestra saturada.



Al aplicar la carga, el agua se evacúa por dos piedras porosas: una superior y otra inferior. La carga aplicada en el ensayo es incremental. En el ensayo se realiza el registro de las deformaciones (en el extensómetro) contra el tiempo. Otros valores que se registran y se calculan en el ensayo son la carga y la relación de vacíos.

Asiento o asentamiento: es un movimiento descendente vertical del terreno (subsistencia) debido a la aplicación de cargas. El asiento total debido a la aplicación de una carga es la suma de tres tipos de asiento: $S_t = S_i + S_c + S_s$



✓ Instantáneo (S_i): se produce simultáneamente a la carga por un aumento de las tensiones totales en el suelo. Ocurre por el peso de la estructura, sin que tenga que ver nada con el desplazamiento del agua (sin drenaje). Domina en suelos granulares

✓ Consolidación primaria (S_c): asentamiento diferido en el tiempo

causado por el drenaje de la humedad del suelo lo que produce cambios en las tensiones efectivas. La expulsión de humedad del suelo generalmente es un proceso a largo plazo que puede llevar de semanas a años.

✓ Fluencia o asiento de compresión secundaria (S_s): asiento elástico que se activa después de que toda el agua drenable haya sido expulsada del suelo. Ocurre con el tiempo a una tensión efectiva constante

Cálculo de asentamientos

El proceso de consolidación se traduce en una disminución de volumen a medida que se aplica una carga. Teniendo en cuenta las hipótesis realizadas dicha reducción de volumen es debido a la expulsión del agua que se encuentran los poros del suelo y, por lo tanto, en una reducción de altura lo que implica el asentamiento del estrato. El ensayo de consolidación brinda la información suficiente para poder calcular la magnitud de dicho asentamiento mediante la curva de compresibilidad que se puede dibujar mediante diferentes relaciones, aunque en general se expresa como la relación de vacíos en escala natural vs carga en escala logarítmica.

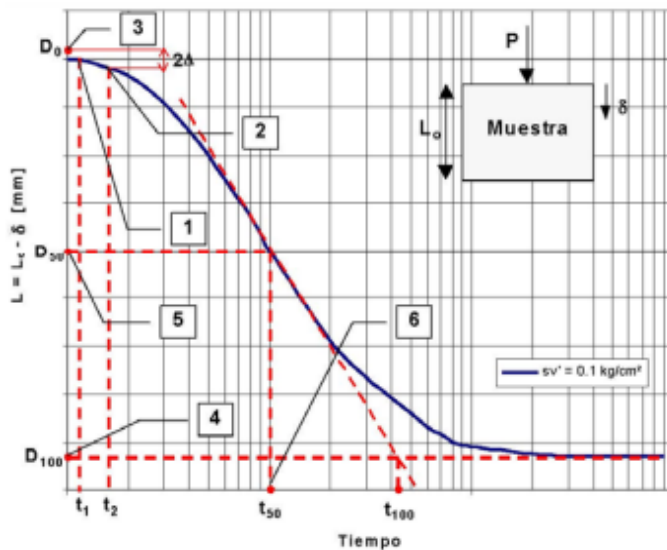
Se hace aquí necesario definir los siguientes conceptos:

- ✓ Carga de preconsolidación: máxima carga o presión efectiva la cual ha sido sometido un suelo durante su historia geológica.
- ✓ Suelo normalmente consolidado: es aquel cuya cargado presión efectiva actual es igual a la carga de preconsolidación.
- ✓ Suelo preconsolidado: es aquel cuya carga o presión efectiva actual es menor que la carga de preconsolidación.

Métodos de Casagrande de determinación de C_v

En el gráfico deformación v/s $\log(t)$:

Gráfico Deformación - Log(tiempo)



✓ En la parte inicial parabólica de la curva marcar t_1 (si la parte inicial no es parabólica, utilizar D_0 asociado a $t = 0$ y seguir en el paso 4.

✓ Marcar $t_2 = 4 t_1$. Definidos t_1 y t_2 , ellos determinan sobre la curva la distancia vertical Δ .

✓ Dibujar la distancia 2Δ , y encontrar D_0 en el eje de las ordenadas.

✓ Dibujar la proyección horizontal del final de la curva de deformación e .

✓ intersecarla con el eje de las ordenadas, punto que define

D_{100} .

✓ Encontrar D_{50} , como la distancia promedio entre D_0 y D_{100} en el eje de las ordenadas.

✓ Proyectar D_{50} en la curva de deformación y encontrar t_{50} en el eje de las abscisas.

✓ Calcular C_v como:

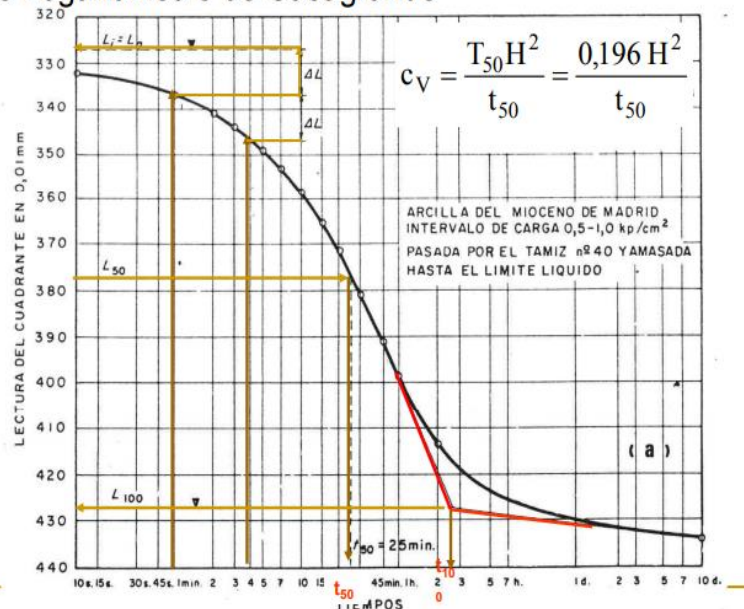
$$C_v = \frac{T_v (U = 50\%) \cdot H^2}{t_{50}}$$

Donde:

T_v (factor tiempo) para $(U = 50\%) = 0.196$

$H = \frac{1}{2}$ de la altura inicial de la muestra (doble drenaje)

Método Logarítmico o de Casagrande

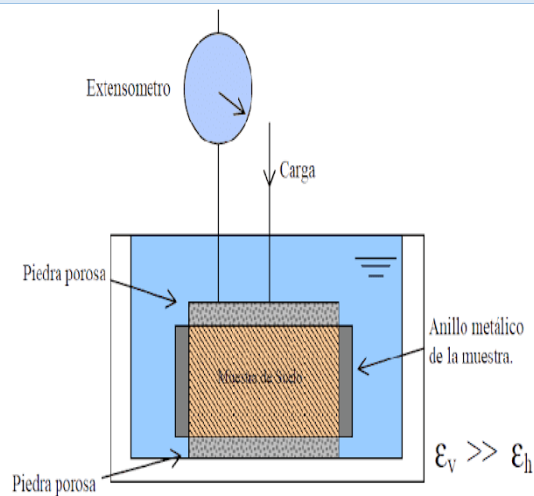


EQUIPOS Y MATERIALES

- Consolidómetro
- Deformímetro de carátula con lectura de 0.01mm de precisión (ó 0.0001")
- Equipo de cargas
- Cronómetro
- Equipo necesario o disponible para moldeo o corte de la muestra
- Horno
- Balanza de sensibilidad 0.1 g
- Recipientes para el contenido de humedad

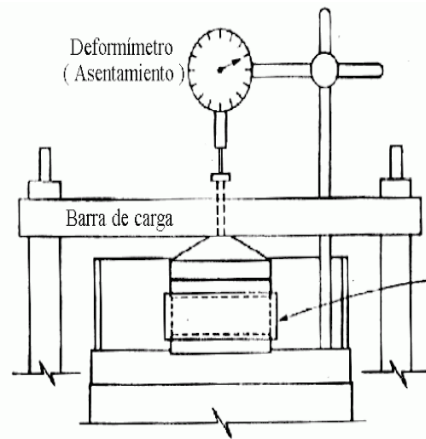
MATERIALES

CONSOLIDÓMETRO



CONSOLIDOMETRO.

DEFORMÍMETRO



EQUIPO DE CARGAS



CRONOMETRO



EQUIPO DE MOLDEO

HORNO

BALANZA 0.1G

RECIPIENTES PARA W(%)



PROCEDIMIENTO

Antes de comenzar el respectivo ensayo, se debe trabajar en un espacio adecuado y ordenar los materiales requeridos. La muestra con que se trabajara debe estar previamente humectada y homogenizada. Ahora bien, los pasos a seguir del ensayo son:

1. Se debe determinar la masa, el diámetro interno y altura del anillo de consolidación. También se arma el equipo de consolidación.
2. Se moldea con cuidado la muestra a ensayar dentro del anillo de consolidación. Se halla la masa de anillo + la muestra de suelo húmeda.
3. Después, se instala la muestra dentro del consolidómetro con una piedra porosa saturada colocada sobre cada cara. Se asegura que las piedras porosas entren en el anillo de forma que el ensayo ocurra satisfactoriamente.
4. Se coloca el Consolidómetro en el aparato de carga y se ajusta el deformímetro de carátula. Se debe realizar una posible compresión de la muestra de 4-12 mm.
5. Si la muestra de suelo escogida no está saturada, se debe dejar la muestra sumergida en agua durante un día.
6. Se aplica el primer incremento de carga (2 kg) y paralelamente se deben tomar lecturas de deformación en distintos tiempos transcurridos (0.25, 0.50, 1, 2, 4, 8, 15, 30, 1 hora, 2, 4, 8, 16, horas, etc).
7. Después de las 24 horas transcurridas o cuando la diferencia de dos lecturas contiguas en el deformímetro sea suficientemente pequeña, se debe cambiar la carga al doble (la carga será siempre el doble de la anterior) y nuevamente tomar lecturas a los intervalos de tiempo especificados en el paso anterior.
8. Se siguen cambiando las cargas y así, ir tomando lecturas de deformación contra tiempo discurrido a través de todo el rango de cargas del consolidómetro (o hasta que arbitrariamente se determine).
9. Al final del ensayo, se ubica la muestra (incluyendo todas las partículas que se hayan exprimido fuera del anillo) en el horno para hallar la masa de anillo + la muestra de suelo seca.

CALCULOS

Datos

Datos de la muestra		
Diam anillo	5,136	cm
Altura anillo, H_0	1,953	cm
W_A	45,43	g
W_{A+MH}	122,71	g
W_{A+MS}	103,69	g
G_s	2,75	Adim

Datos ensayo consolidación	
Carga (kg)	Deform (mm)
5,18	0,11
10,36	0,20
20,72	1,28
41,44	3,77
10,36	3,00
20,72	3,00
41,44	3,77
82,87	5,22
165,74	7,04
331,48	8,38

Utilizando la expresión $H_s = \frac{W_s}{AG_s\gamma_w}$ calculamos la altura de los sólidos, donde:

H_s = Altura de los solidos

W_s = Masa de los solidos

G_s = Gravedad especifica

γ = Gamma del agua

A = Área transversal

- Calculamos el área de la siguiente forma $A = \frac{\pi(d^2)}{4}$

$$A = 20,718 \text{ cm}^2 = 0,002072 \text{ m}^2$$

- Hallamos de igual forma la masa de los solidos

$$W_s = W_{A+MS} - W_A$$

$$W_s = 103,69\text{g} - 45,43\text{g} = 58,26\text{g}$$

Ahora si procedemos a hallar la altura de los solidos $H_s = \frac{W_s}{AG_s\gamma_w}$

$$H_s = 1,0226$$

- Hallamos la altura de vacíos inicial

$$H_v = H - H_s$$

$$H_v = 1,953 - 1,0226 = 0,9304$$

- Hallamos la relación de vacíos inicial:

$$e_0 = \frac{H_v}{H_s} = 0,9099$$

- Haciendo las respectivas conversiones y hallando los Δh de cada prueba tenemos:

Deform (mm)	Deform (cm)	Δh (cm)
0,11	0,011	0,011
0,20	0,020	0,009
1,28	0,128	0,108
3,77	0,377	0,249
3,00	0,300	-0,077
3,00	0,300	0,000
3,77	0,377	0,077
5,22	0,522	0,145
7,04	0,704	0,182
8,38	0,838	0,134

- Hallamos los Δe para cada prueba, pasando los H a cm

$$\Delta e_1 = \Delta H_1 / H_s$$

Nos queda:

$$\Delta e_1 = 0,011 / 1,0226$$

$$\Delta e_2 = 0,009 / 1,0226$$

Δe
0,01076
0,00914
0,10573
0,24304
-0,07529
0,00000
0,07529
0,14227
0,17784
0,13113

- Hallamos la relación de vacíos de cada prueba de la siguiente forma: $e - \Delta e$

$$e_1 = 0,9099 - 0,01076 = 0,8992$$

$$e_2 = 0,8992 - 0,00914 = 0,8900$$

e
0,8992
0,8900
0,7843
0,5412
0,6165
0,6165
0,5412
0,3990
0,2211
0,0900

- Calculamos la relación de vacíos en estado inicial y también las producidas por cada carga:

$$\sigma = \frac{W * 9,81}{A}$$

Para la carga 1

$$\sigma = \frac{5.18 * 9,81}{1000 * (20,72 \times 10^{-4})}$$

$$\sigma_1 = 24,5246$$

$$\sigma_2 = 49,0491$$

$$\sigma_3 = 98,0982$$

$$\sigma_4 = 196,1964$$

$$\sigma_5 = 49,0491$$

$$\sigma_6 = 98,0982$$

$$\sigma_7 = 196,1964$$

$$\sigma_8 = 392,3905$$

$$\sigma_9 = 784,7857$$

σ
24,5246
49,0491
98,0982
196,1964
49,0491
98,0982
196,1964
392,3905
784,7857
1569,5714

$$\sigma_{10} = 1569,5714$$

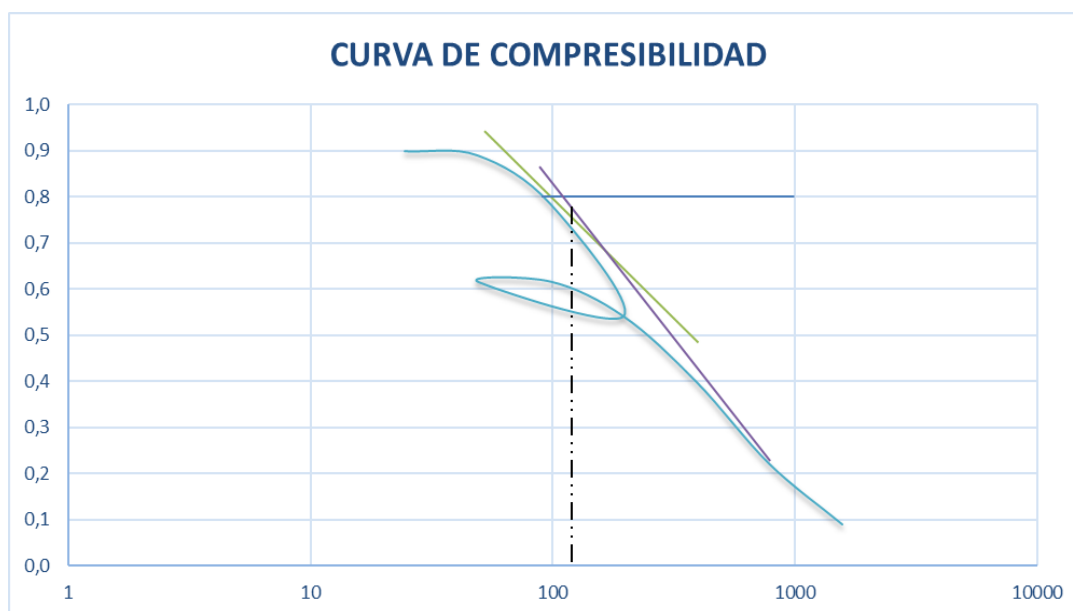
Carga (kg)	Deform (mm)	Deform (cm)	$\Delta h(\text{cm})$	Δe	e	σ
5,18	0,11	0,011	0,011	0,01076	0,8992	24,5246
10,36	0,20	0,020	0,009	0,00914	0,8900	49,0491
20,72	1,28	0,128	0,108	0,10573	0,7843	98,0982
41,44	3,77	0,377	0,249	0,24304	0,5412	196,1964
10,36	3,00	0,300	-0,077	-0,07529	0,6165	49,0491
20,72	3,00	0,300	0,000	0,00000	0,6165	98,0982
41,44	3,77	0,377	0,077	0,07529	0,5412	196,1964
82,87	5,22	0,522	0,145	0,14227	0,3990	392,3905
165,74	7,04	0,704	0,182	0,17784	0,2211	784,7857
331,48	8,38	0,838	0,134	0,13113	0,0900	1569,5714

Y como paso final, nuestro deber es obtener para la muestra ensayada los valores correspondientes al índice de compresión (C_c), el índice de expansión (C_s) y el esfuerzo de pre-consolidación (σ'_p)

$$C_c = \frac{e_{165,74} - e_{331,48}}{\log \left[\left(\frac{\sigma_{331,48}}{\sigma_{165,74}} \right) \right]} = 0,4355$$

$$C_s = \frac{e_{10,36} - e_{41,44}}{\log \left[\left(\frac{\sigma_{41,44}}{\sigma_{10,36}} \right) \right]} = 0,1251$$

$$\sigma'_p = 135 \text{ kN/m}^2$$



ANALISIS DE RESULTADOS

Al realizar la consolidación teniendo en cuenta todas las características del suelo como la expansividad que tiene para experimentar cambios volumétricos o de presión, de acuerdo a las modificaciones de humedad que se presenten. Principalmente en las arcillas o suelos limosos, todo esto provocado por cargas que puedan presentarse en el transcurso de un tiempo determinado, generalmente largo.

Debido a esto el suelo puede presentar distintas fases como la de compresión y expansión, siendo estos índices calculados:

Índice de compresión (C_c): 0,4355

Índice de expansión (C_s): 0,1251

De acuerdo a las características del ensayo realizado, se observa en la gráfica de (Esfuerzo total vs relación de vacíos) que el mayor esfuerzo que ha experimentado el suelo es aproximadamente de 135 KNm².

CONCLUSIONES

Para los suelos el volumen de vacíos depende de la carga aplicada, ya que debido a esta presión las partículas de agua salen arrastrando a las de aire, despejando el suelo, este proceso de ensayo y los cálculos, es importante realizarlo previamente para la construcción de cualquier estructura, ya que de acuerdo a estas características descubriremos la efectividad del mismo.

Para la ingeniería es de vital importancia, sobre todo en suelos la capacidad de deformación ante cargas de compresión que generan las estructuras, cambios en el nivel freático, entre otros. estudiar el fenómeno de consolidación, para evitar daños a largo plazo de las estructuras. El suelo escogido para este ensayo tuvo una gran capacidad para deformarse, debido a los altos diferentes niveles de carga realizados en el laboratorio.

Finalmente, es posible afirmar, que todo estudio de ingeniería que implique cargar el suelo y modificar sus estados de carga naturales, debe ser analizado con mucho cuidado y con los debidos ensayos realizados en laboratorio, para evitar asentamientos diferenciales.

CUESTIONARIO

¿Cuáles propiedades del suelo que pueden ser determinadas a partir del ensayo de consolidación?

La compresibilidad de los suelos determinada mediante esta práctica, es una de las propiedades más útiles que pueden obtenerse a partir de ensayos de laboratorio. Los datos que resultan del ensayo de consolidación pueden usarse para hacer un estimativo tanto de la rata, como de la magnitud del asentamiento diferencial y/o total, de una estructura o de un relleno. Estas apreciaciones suelen tener una importancia decisiva para elegir el tipo de fundación y evaluar su conveniencia.

¿Qué es la presión de pre consolidación y la relación de sobre consolidación de un suelo?

El esfuerzo de pre-consolidación, es conocido en geotecnia como el esfuerzo máximo al que ha sido sometido un suelo particular a lo largo de su historia geológica. Desde el punto de vista geotécnico, el esfuerzo de pre consolidación tiene una gran importancia porque separa deformaciones elásticas y reversibles de deformaciones inelásticas y sólo parcialmente irreversibles y marca el punto de partida de una alta compresibilidad. Por otro lado, La relación de sobre consolidación es una característica de las muestras y no de un depósito dado a que el esfuerzo a que se encuentra sometido el suelo es función de la profundidad.

Defina ¿qué es la Línea virgen de consolidación?

Con base a la curva e-log P desarrollada en laboratorio La porción casi recta de la curva se denomina línea de consolidación virgen o rama virgen, el cual tendrá como pendiente el C_c (índice de compresión).

¿Qué son arcillas normalmente consolidadas y sobreconsolidadas?

Arcilla normalmente consolidada: Es aquella que nunca en su historia geológica ha soportado las cargas actuales. Esta es más compresible. Arcilla pre consolidada: Es aquella que recibe hoy cargas menores de las que en su historia Geológica ha tenido. Esta arcilla es más dura.

¿Cuál es la relación entre el coeficiente de consolidación y la permeabilidad de los suelos?

Existen dos relaciones fundamentales entre la consolidación y la permeabilidad, $K = C_v m_v \gamma_w$, Donde se expresa la permeabilidad en función del coeficiente de consolidación y del coeficiente de compresibilidad volumétrica, evidencias de que la deformación se puede evaluar por el volumen de agua drenada en el tiempo. Y $K = \frac{Mv \cdot H^2}{t} (\gamma_w)$, donde la permeabilidad se expresa en función del coeficiente de deformación volumétrica m_v , del tiempo de consolidación t y del espesor H de la capa drenante. El tiempo necesario para la consolidación completa del suelo es directamente proporcional a $H^2 m_v$, e inversamente proporcional a la permeabilidad K . Entre dos suelos, las mayores diferencias de consolidación se explican por diferencias en el espesor del suelo y la permeabilidad.

¿Porque se mide la altura de la muestra después del ensayo de Consolidación?

Se mide la altura inicial y la altura final luego de realizar el ensayo para estimar la deformación vertical de la muestra debido a que luego de someterla a las cargas se obtendrá una reducción en dicha altura por la disipación de la humedad contenida en la muestra, así mismo la diferencia entre la altura inicial y la final será el asentamiento que se generó en el suelo a causa de los esfuerzos.

BIBLIOGRAFÍA

- Fundamentos de Ingeniería Geotécnica - Braja M. Das.
- https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiygeotecnia/Consolidacion%20unidim%20de%20suelos_2011s2.pdf
- <https://www.cartagena99.com/recursos/alumnos/apuntes/1.%20Tema%201%20Consolidacion.pdf>
- <https://www.slideshare.net/diegoupt/asentamiento-y-consolidacin-de-suelos>
- <https://ingeniero-de-caminos.com/asentamientos-en-suelos/>
- <https://www.diccionario.geotecnia.online/palabra/consolidacion-primaria/>
- <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/4184/Capitulo1.pdf>
- https://repositorio.upct.es/xmlui/bitstream/handle/10317/7865/tfg_rak_ana.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Guías de laboratorio de geotecnia I (Unisucre).