



UNIVERSIDAD DE CHILE

Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas

Instituto de Investigaciones y Ensayos de Materiales



IDIEM

GEOTECNIA (CI-44A)

CONTROL N° 3

15 / Noviembre / 2001

Prof.: Claudio Foncea

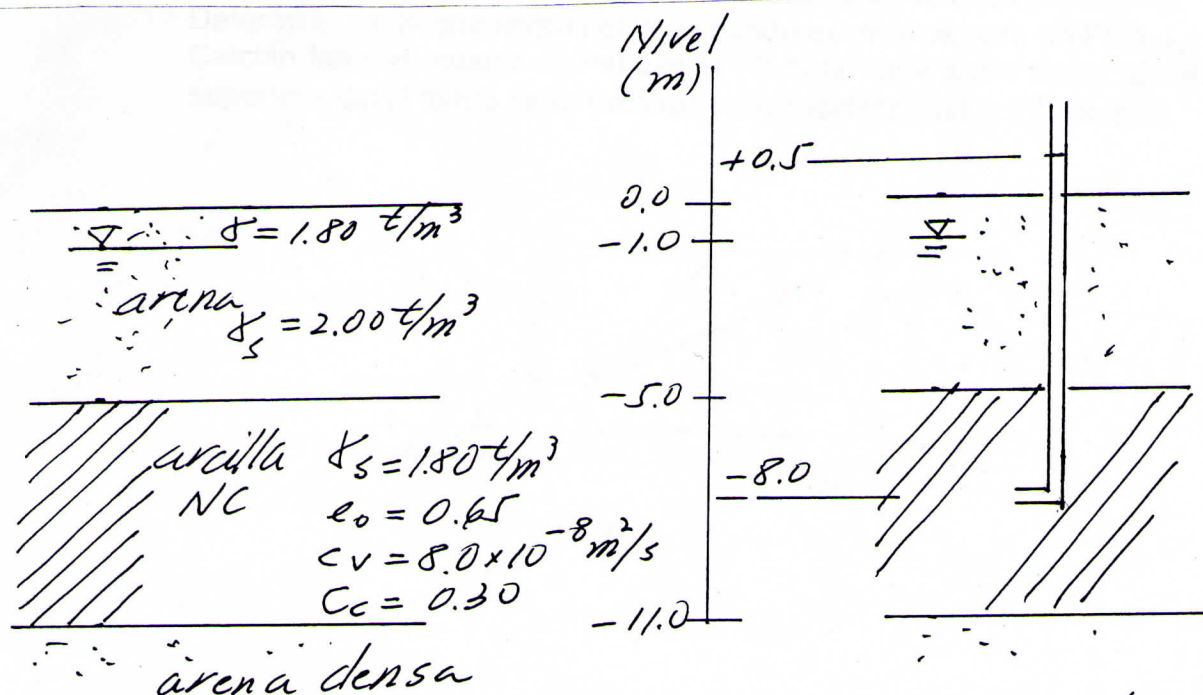
Se tiene el perfil geotécnico de la figura (a). Originalmente, la superficie del estrato de arcilla se encontraba en el fondo de una entrada de mar. Se procedió a colocar un relleno de arena el que aparece en la figura (a), a fin de utilizar esta área para fines constructivos.

Se pide:

P1. Determinar el asentamiento total que sufrirá este estrato de arcilla, la curva de asentamiento vs tiempo y el tiempo necesario para alcanzar $U = 90\%$ (Grado de Consolidación global del estrato)

P2. Dudando de la representatividad del valor de c_v (obtenido en laboratorio) para toda la masa de arcilla, se han colocado piezómetros en el centro de este estrato, como se indica en la figura (b). Su lectura a 1 año proporciona una altura piezométrica que en promedio alcanza el nivel +0.50 metros. Corregir los resultados obtenidos en el Problema 1 para estas condiciones más realistas.

P3. Considerando que el proceso de consolidación primaria se ha completado, se aplica una sobrecarga de dimensiones en planta de 10×20 m sobre la superficie del relleno. Determinar la carga unitaria uniformemente distribuida tal que no se sobrepase un asentamiento máximo tolerable de 10 cm (asuma que el asentamiento en la arena es muy pequeño y por lo tanto, despreciable lo que no es necesariamente realista). Determine igualmente el asentamiento diferencial máximo en la estructura.



(a) Perfil geotécnico

(b) Ubicación y lectura de piezómetro

Jaime Acuña.

U44A : Geotecnia

Prof. Claudio Fonseca

Tiempo de Consolidación

$$T_v = \frac{C_v \cdot t}{H^2}$$

#2

$$\frac{T_v}{t} = \frac{C_v}{H^2} = \text{cte}$$

$$T_v = 0.48$$

$$U = 1 - \frac{\Delta u}{\Delta u_i}$$

$$\Delta u_i = \Delta \sigma$$

$$t=0 \quad \Delta u = \Delta u_i \rightarrow U=0$$

$$t \rightarrow \infty \quad \Delta u = 0 \rightarrow U=100\%$$

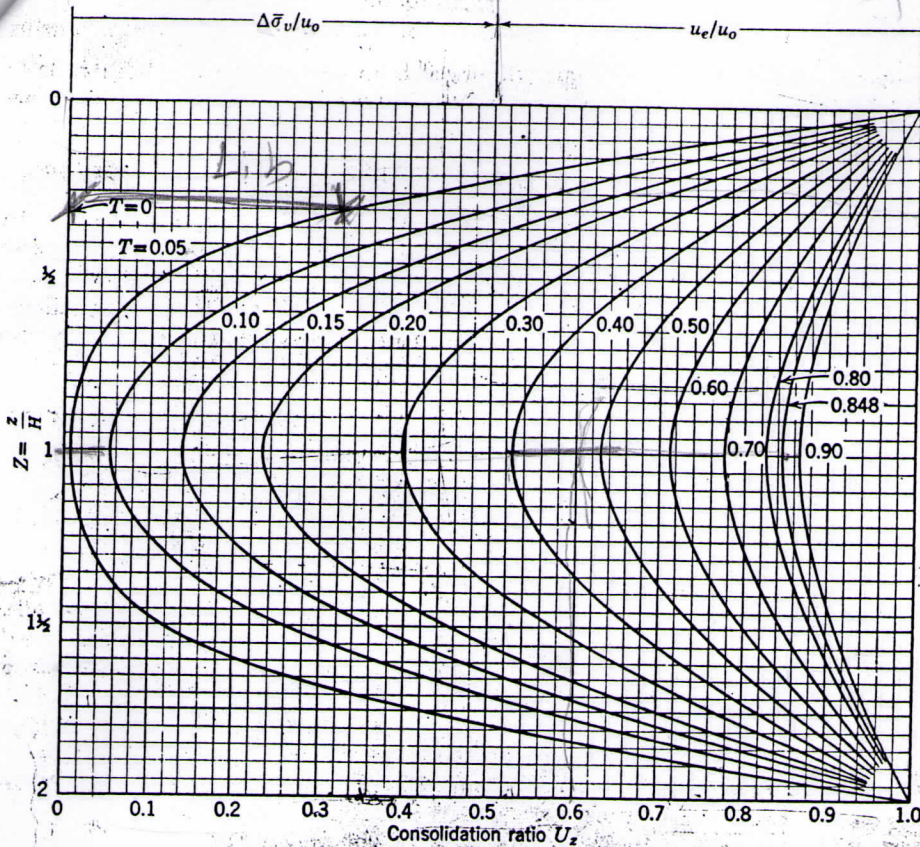


Fig. 27.2. Expresión del grado de consolidación en función de la profundidad y del factor de tiempo: sobrepresión intersticial uniforme en el instante inicial.

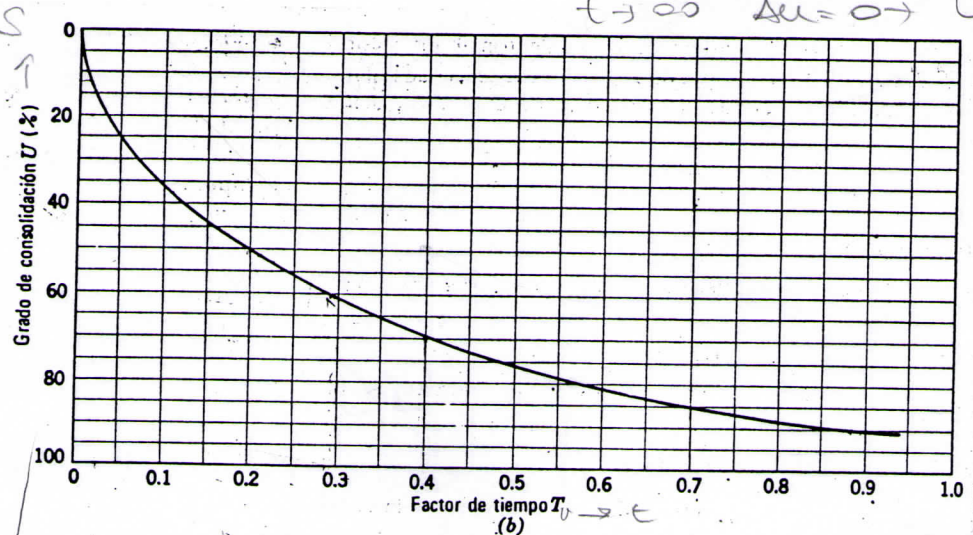
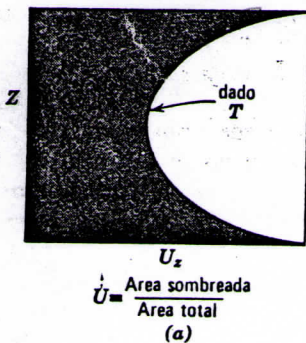


Fig. 27.3. Grado de consolidación medio: Sobrepresión intersticial lineal en el instante inicial. (a) Interpretación gráfica del grado de consolidación medio. (b) Curva $U - T_v$.

TABLE 9-1

U_{avg}	T_v
0.1	0.008
0.2	0.031
0.3	0.071
0.4	0.126
0.5	0.197
0.6	0.287
0.7	0.403
0.8	0.567
0.9	0.848
0.95	1.163
1.0	∞

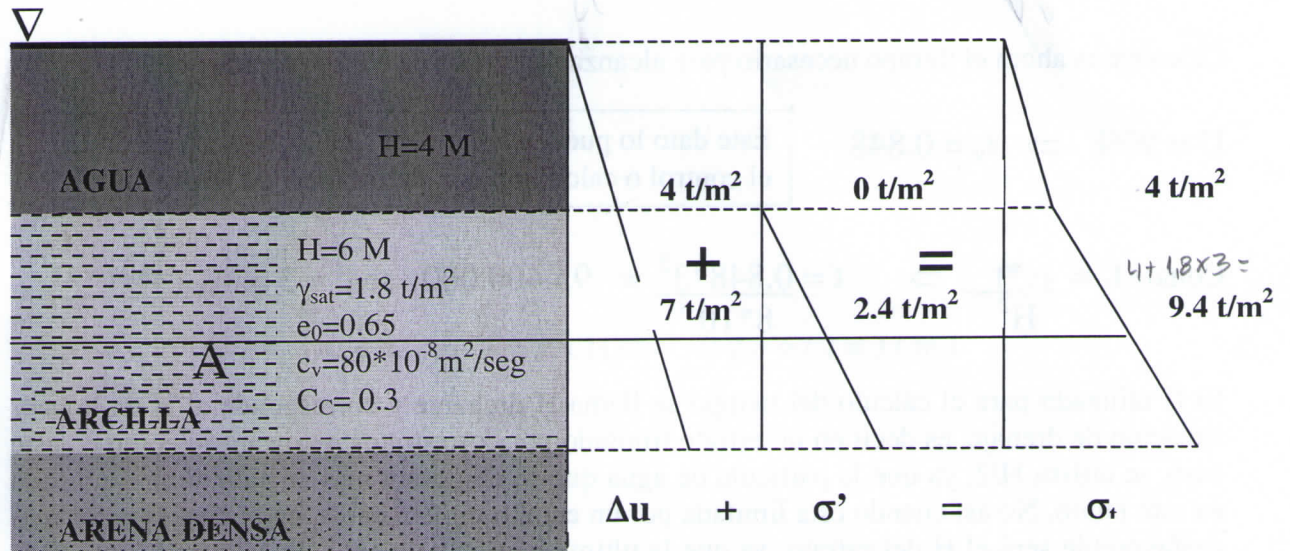
$$T_v = \frac{\pi}{4} U^2 \quad ; \quad U \leq 60\%$$

$$T_v = -0.0851 - 0.9332 \log(1-U) \quad ; \quad U > 60\%$$

Referencia: Mecánica de Suelos
Lambe y Whitman

Pauta pregunta 1, Control 3 de Geotecnia – CI44A

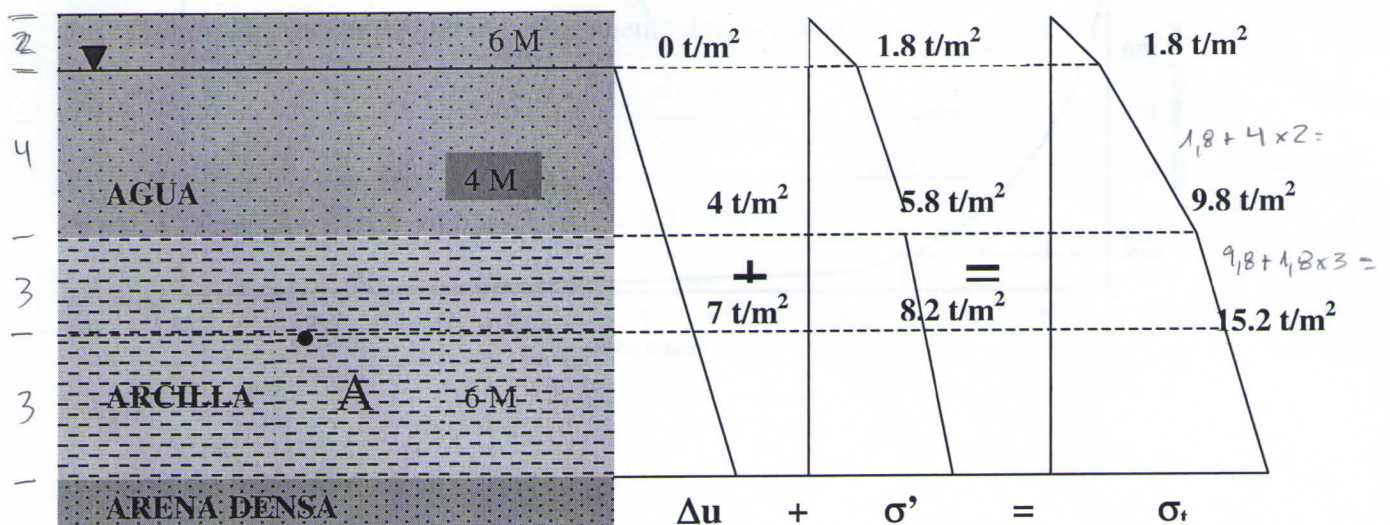
SITUACIÓN ANTES DEL RELLENO



$$\sigma'_A = 3 (\gamma_{\text{sat-arcilla}} - 1) = 3 * 0.8 = 2.4 \text{ t/m}^2$$

No hay que considerar la columna de agua en el inicio del estrato de arcilla, para el cálculo de tensiones efectivas, como se observa en la figura, pero sí para el cálculo de tensiones totales.

SITUACIÓN DESPUES DEL RELLENO



$$\sigma'_A = 1 * \gamma_t + 4 * (\gamma_{\text{sat-arena}} - 1) + 3 * (\gamma_{\text{sat-arcilla}} - 1) = 1 * 1.8 + 4 * 1 + 3 * 0.8 = 8.2 \text{ t/m}^2$$

$$N.C \quad S = \frac{De H_0}{1+e_0} = \frac{H_0}{1+e_0} \cdot C_c \log \frac{\sigma'_2}{\sigma'_1}$$

$$C_c \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta \sigma'}{\sigma'_{v0}}$$

Conociendo las tensiones inicial y final , calculamos el asentamiento:

$$S = \frac{600 * 0.3}{1+0.65} * \log (8.2/2.4) = 0.582 \text{ m} = 58.2 \text{ cm}$$

Calculemos ahora el tiempo necesario para alcanzar un grado de consolidación del 90% :

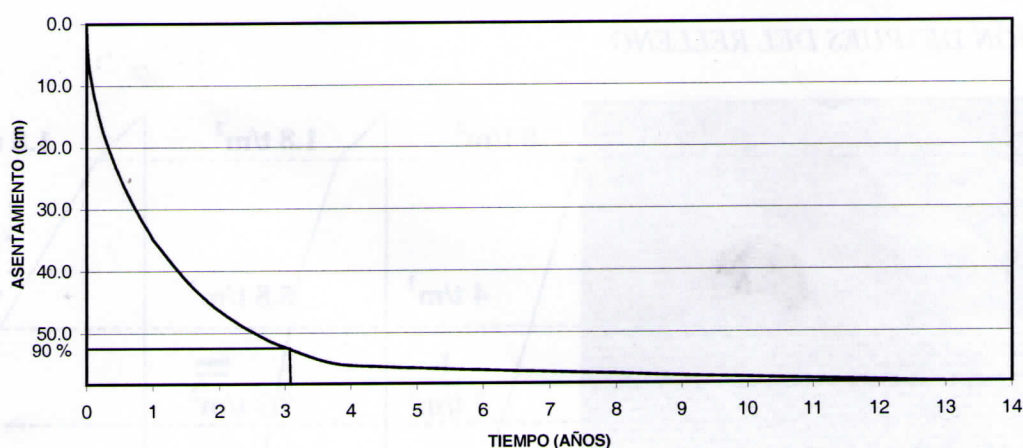
$$U = 90\% \Rightarrow t_v = 0.848$$

Este dato lo pueden sacar de las tabla 9-1, entregada en el control o calcularlo con la formula de t_v para $U > 60\%$.

$$\text{Como } t_v = \frac{c_v * t}{H^2} \Rightarrow t = \frac{0.848 * 3^2}{8 * 10^{-8}} = 95.400.000 \text{ seg} \approx 3 \text{ años}$$

El H utilizado para el cálculo del tiempo se llama H drenante y corresponde al H en la peor situación de drenaje, es decir en un estrato limitado por dos estratos permeables, como en este caso, se utiliza $H/2$, ya que la partícula de agua que se demorara más en salir será la ubicada en este punto. No así cuando esta limitada por un estrato impermeable, en el cual el valor más desfavorable será el H del estrato, ya que la ultima partícula de agua en salir será la ubicada en el borde contrario del estrato drenante.

CURVA DE ASENTAMIENTO VS TIEMPO



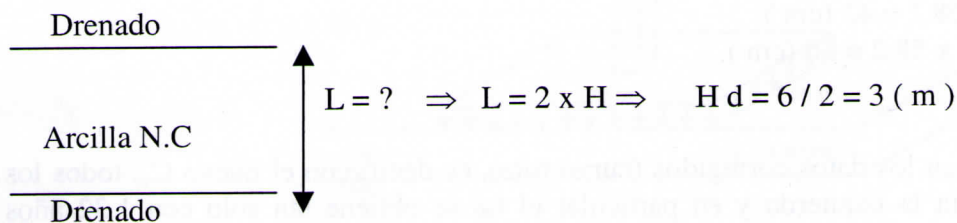
Pauta pregunta 2, Control 3 de Geotecnia – CI44A

Cálculo de C_v :

Sabemos que :

$$T_v = (C_v \times t) / H^2 \Rightarrow C_v = (T_v \times H^2) / t$$

a -) Cálculo de H :



b -) Cálculo de t : Del enunciado sabemos que $t = 1$ año.

c -) Cálculo de T_v : Sabemos que:

$$U(z, t) = 1 - \Delta u_e / \Delta u_i$$

Δu_e : Exceso de presión de poros a 1 año : $\gamma_w \times \Delta h = 1 \times 1.5 = 1.5 \text{ T/m}^2$.

Δu_i : Exceso de presión inicial, inmediatamente después de aplicada la carga.

$$\Delta u_i = \Delta \sigma :$$

$$\sigma_i = (1.8 - 1) \times 3 = 2.4 \text{ T/m}^2.$$

$$\sigma_f = (1.8 \times 1) + (2 - 1) \times 4 + (1.8 - 1) \times 3 = 8.2 \text{ T/m}^2.$$

$$\Delta u_i = \Delta \sigma = 5.8 \text{ T/m}^2.$$

Luego:

$$U = 1 - 1.5 / 5.8 = 0.74.$$

Del gráfico, en el centro del estrato ($z = 3 \text{ (m)}$), obtenemos que:

$$T_v = 0.64.$$

$$\text{Finalmente: } C_v = (0.64 \times 3^2) / 1 = 5.76 \text{ m}^2 / \text{año}$$

Corrección de los datos:

- S total = 58.2 (cm), queda igual que en la pregunta anterior.
- Con $U = 90\% \Rightarrow T_v = 0.848$.

Luego : $t_{90} = (0.848 \times 9) / 5.76 = 1.32$ años.

- Curva:

$$S(1.32 \text{ años}) = 0.9 \times 58.2 = 52.38 \text{ (cm)}.$$

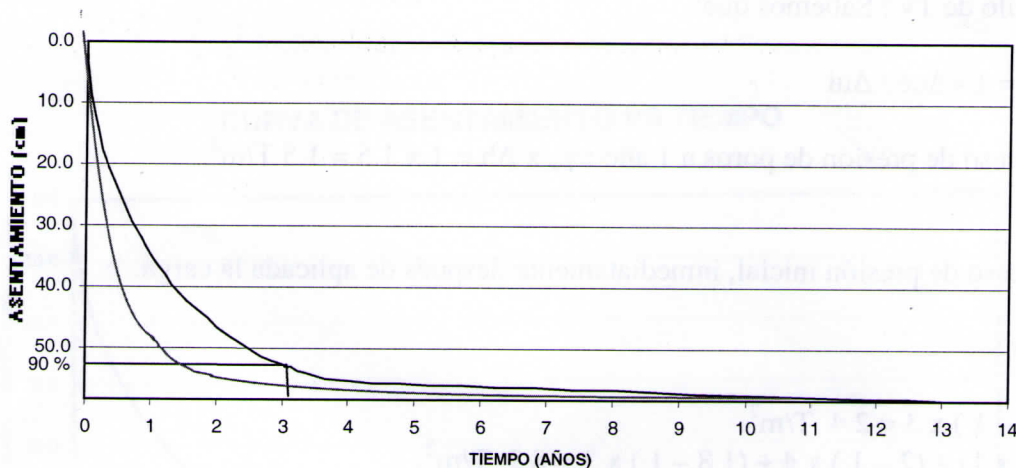
$$S(1.2 \text{ años}) = 0.87 \times 58.2 = 50.63 \text{ (cm)}.$$

$$S(1 \text{ año}) = 0.74 \times 58.2 = 43 \text{ (cm)}.$$

$$S(0.5 \text{ años}) = 0.62 \times 58.2 = 36 \text{ (cm)}.$$

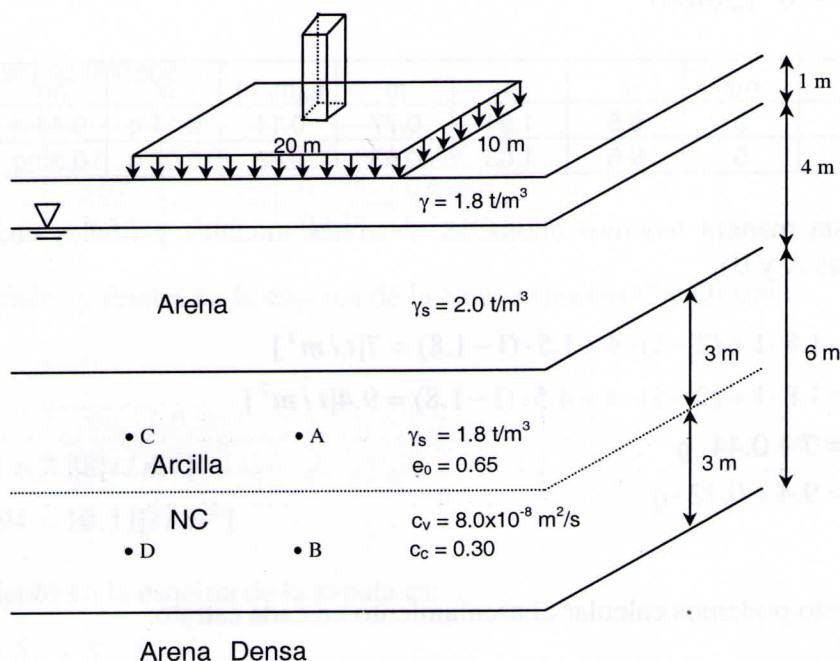
Cabe destacar que con los datos corregidos (curva roja), es decir, con el nuevo C_v , todos los datos se corren hacia la izquierda y en particular el t_{90} se obtiene tan solo con 1,32 años mientras que con los datos originales se obtiene con 3 años aprox. (curva azul).

CURVA DE ASENTAMIENTO VS TIEMPO



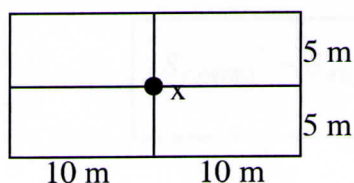
Pauta pregunta 3, Control 3 de Geotecnia – CI44A

Considerando que el proceso de consolidación primaria se ha completado, se aplica una sobrecarga de dimensiones de planta 10x20 m sobre la superficie del relleno. Determinar la carga unitaria uniformemente distribuida tal que no se sobrepase un asentamiento máximo tolerable de 10 cm (asuma que el asentamiento en la arena es muy pequeño y por tanto, despreciable lo que no es necesariamente realista). Determine igualmente el asentamiento diferencial máximo en la estructura.



Debido a que el estrato de arcilla es mayor a 3 m y la carga no es uniformemente distribuida, empezaremos dividiéndolo en 2 capas de 3 m c/u y tomaremos el punto central de c/u de estas (puntos A y B) para calcular la tensión promedio de cada sub-estrato a través del ábaco de Westergaard.

Para esto dado que el asentamiento máximo se produce en el centro de la zapata, debemos usar el ábaco de Westergaard para calcular las tensiones a las profundidades de 6.5 y 9.5 m (puntos A y B respectivamente) en la esquina de una zapata de 10x5 m y luego multiplicarla por cuatro para obtener el asentamiento en el punto x. Así se obtiene:



$$\Delta e = C_c \log \frac{\sigma'_2}{\sigma'_1}$$

Se tiene la siguiente fórmula para calcular asentamiento:

$$S = \frac{C_c \cdot H}{1 + e_0} \cdot \log \left(\frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma'}{\sigma'_0} \right)$$

con:

$$\sigma' = q \cdot f_w(n, m)$$

$$\Delta \sigma' = 4 \cdot q \cdot f_w(n, m)$$

nz	mz	z	n	m	$f_w(m, n)$	σ'	$\Delta \sigma'$
10	5	6.5	1.54	0.77	0.11	$0.11 \cdot q$	$0.44 \cdot q$
10	5	9.5	1.05	0.53	0.08	$0.08 \cdot q$	$0.32 \cdot q$

De esta manera tenemos ahora las tensiones iniciales y finales en el centro de la zapata (puntos A y B):

$$\sigma'_{A0} = 1.8 \cdot 1 + (2 - 1) \cdot 4 + 1.5 \cdot (1 - 1.8) = 7[t/m^2]$$

$$\sigma'_{B0} = 1.8 \cdot 1 + (2 - 1) \cdot 4 + 4.5 \cdot (1 - 1.8) = 9.4[t/m^2]$$

$$\sigma'_{AF} = 7 + 0.44 \cdot q$$

$$\sigma'_{BF} = 9.4 + 0.32 \cdot q$$

Con esto podemos calcular el asentamiento en cada estrato:

$$S_{TOT} = S_A + S_B$$

$$S_A = \frac{0.3 \cdot 3}{1 + 0.65} + \log \left(1 + \frac{0.44 \cdot q}{7} \right)$$

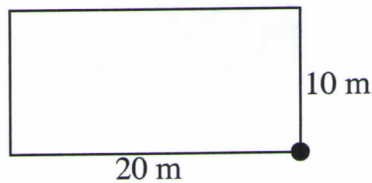
$$S_B = \frac{0.3 \cdot 3}{1 + 0.65} + \log \left(1 + \frac{0.32 \cdot q}{9.4} \right)$$

$$\therefore S_{TOT} = 0.10 = \frac{0.3 \cdot 3}{1 + 0.65} + \log \left(1 + \frac{0.44 \cdot q}{7} \right) + \frac{0.3 \cdot 3}{1 + 0.65} + \log \left(1 + \frac{0.32 \cdot q}{9.4} \right)$$

$$\Rightarrow 0.141 \cdot q^2 + 6.36 \cdot q - 34.87 = 0$$

$$\Rightarrow \boxed{q_w = 4.94[t/m^2]}$$

Ahora que tenemos la carga máxima aplicable tal que no se sobrepase el asentamiento máximo admisible de 10 cm, podemos calcular el asentamiento en la esquina para conocer el asentamiento diferencial que se produce. En este caso se toma como una zapata de 20x10 m:



Del ábaco de Westergaard se obtiene:

nz	mz	z	n	m	$f_w(m, n)$	$\Delta\sigma'$
20	10	6.5	3.07	1.54	0.179	$0.179 \cdot q$
20	10	9.5	2.1	1.05	0.144	$0.144 \cdot q$

Ahora las tensiones iniciales y finales en la esquina de la zapata (puntos C y D) son:

$$\sigma'_{C0} = 7[t/m^2]$$

$$\sigma'_{D0} = 9.4[t/m^2]$$

$$\sigma'_{CF} = 7 + 0.179 \cdot 4.94 = 7.88[t/m^2]$$

$$\sigma'_{DF} = 9.4 + 0.144 \cdot 4.94 = 10.11[t/m^2]$$

Por lo tanto el asentamiento en la esquina de la zapata es:

$$S_{ESQUINA} = S_C + S_D$$

$$S_C = \frac{0.3 \cdot 3}{1 + 0.65} + \log\left(\frac{7.88}{7}\right) = 0.028[m] = 2.8[cm]$$

$$S_D = \frac{0.3 \cdot 3}{1 + 0.65} + \log\left(\frac{10.11}{9.4}\right) = 0.017[m] = 1.7[cm]$$

$$\therefore S_{ESQUINA} = 4.5[cm]$$

Finalmente el asentamiento diferencial máximo en la estructura es:

$$S_{CENTRO} - S_{ESQUINA} = 10 - 4.5 = 5.5[cm]$$