



Unach

FACULTAD DE CIENCIAS
DE LA EDUCACIÓN,
HUMANAS Y TECNOLOGÍAS

Libres por la Ciencia y el Saber

Unach
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

CARRERA DE
INGENIERÍA CIVIL

Asignatura: Obras Civiles.

Unidad 2:

Diseño Geotécnico de zapatas aisladas.

Curso:

Octavo Semestre.

Profesor Asignado:

Andrés Marcillo Zapata.

Periodo académico de ejecución:

2024-2s.

Índice

1. Problema del asentamiento.

1.1 Asentamientos inmediatos y por consolidación

2. Asentamiento en suelos arenosos

3. Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de la ecuación de consolidación primaria para asentamientos en suelos cohesivos

4 Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión Portante

4.2 Retroalimentación

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

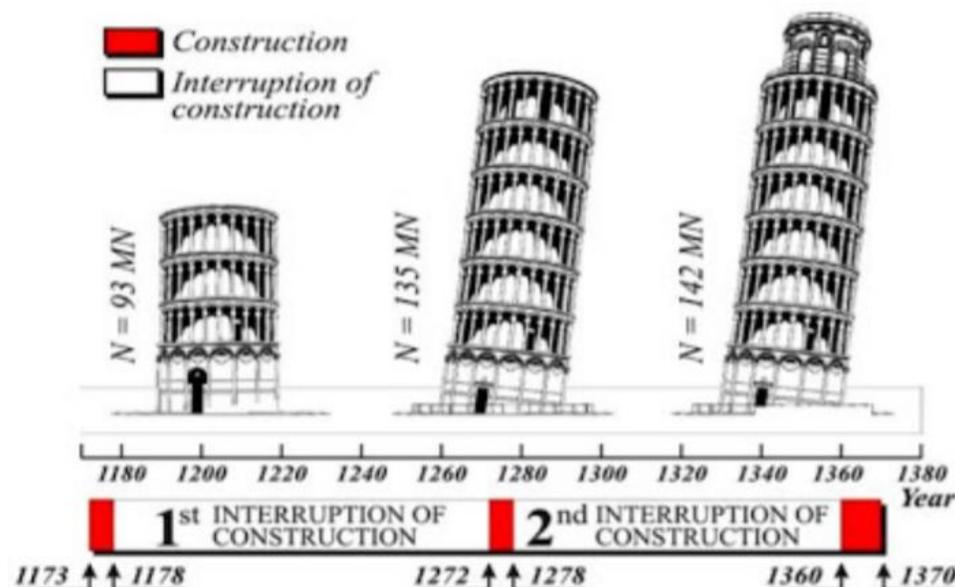
4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

1.1 El problema del asentamiento

Ejemplos de deformación por consolidación (deformaciones diferidas)

La Torre Pisa



Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

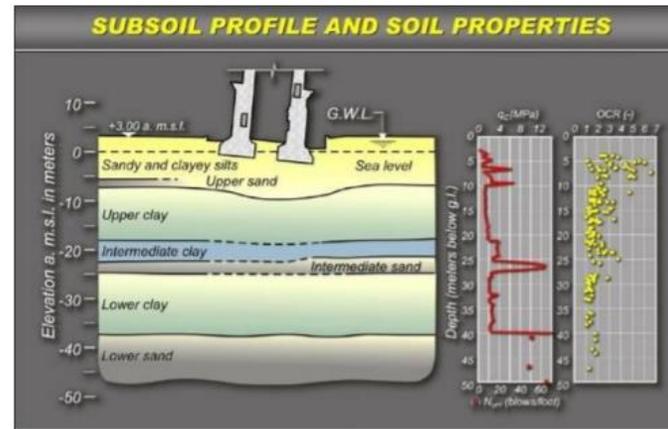
4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

1.1 El problema del asentamiento

Ejemplos de deformación por consolidación (deformaciones diferidas)
La Torre Pisa



Estratos de suelo de fundación de las Torre de Pisa.
Limos arenosos y arcillosos.
Arena superior
Arcilla superior
Arcilla intermedia
Arena intermedia
Arcilla inferior
Arena inferior.

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

1.1 Causas de los asentamientos

A continuación, se realiza la clasificación general de las causas de los asentamientos totales y diferenciales según Delgado:

- Cargas
 - Estáticas
 - Permanentes
 - Transitorias
 - Dinámicas
 - Vibraciones
 - Choque o impacto
- Cambios en las características del suelo de fundación.
 - Acción del frío intenso
 - Acción del calor
 - Cambio de unidad del suelo
 - Descenso del nivel freático
- Causas accidentales variables
 - Colapso o deformación de mina, cavernas, etc
 - Erosión subterránea producida por el agua.

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

1.1 Causas de los asentamientos

Causa	Forma como se produce	Magnitud del asentamiento	Velocidad del asentamiento
Carga estructural	Deformación (cambio de forma de la masa del suelo)	Calcular por la teoría elástica (incluida parcialmente en la consolidación).	Instantánea.
	Consolidación: cambio en la relación de vacíos.	Inicial	De la curva tiempo
		Primaria	Calcular por la teoría de Terzaghi.
	Secundaria	De la curva tiempo-asentamiento.	De la curva tiempo-asentamiento.
Carga debido al medio	Retracción debido al asentamiento.	Estimar de curva de compresibilidad y límite de pérdida de humedad por retracción.	Igual a la velocidad de secamiento. Rara vez se puede estimar.
	Consolidación debido al nivel freático	Calcular de curva de compresibilidad.	Calcular por teoría de Terzaghi.
Independiente de la carga (aunque puede ser agravada por la carga), frecuentemente relacionada con el medio, pero no dependiendo del mismo.	Reorientación de los granos; choque y vibración	Estimar límite por compacidad relativa (hasta 60%-70%).	Errática; depende del choque y de la densidad relativa.
	Colapso de la estructura del suelo; pérdida de ligazón entre los granos (saturación y deshielo, etc.)	Estimar sensibilidad y posiblemente magnitud límite.	Comienza con cambio de ambiente; velocidad errática.
	Desmoronamiento, erosión en aberturas, cavidades.	Estimar sensibilidad pero no magnitud.	Errática; gradual o catastrófica, frecuentemente aumenta.
	Descomposición bioquímica.	Estimar sensibilidad.	Errática, frecuentemente decrece con el tiempo.
	Acción química.	Estimar sensibilidad.	Errática.
	Colapso de la masa: colapso de alcantarilla, mina, caverna	Estimar sensibilidad.	Probablemente sea catastrófica.
	Distorsión de la masa fluencia por corte	Calcular sensibilidad por análisis de estabilidad.	Errática; catastrófica a lenta.
	Expansión: heladas, expansión de la arcilla, acción química (se parece al asentamiento)	Estimar sensibilidad; algunas veces magnitud límite.	Errática; aumenta con el tiempo húmedo.

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

1.1 El problema del asentamiento

Uno de los problemas más difíciles en ingeniería geotécnica es seguramente la predicción de los asentamientos de una cimentación cargada



El problema tiene dos elementos:

- 1) La evaluación de la cantidad de asentamientos.
- 2) La velocidad y el tiempo para llegar a ese valor de asentamiento.

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

1.1 El problema del asentamiento

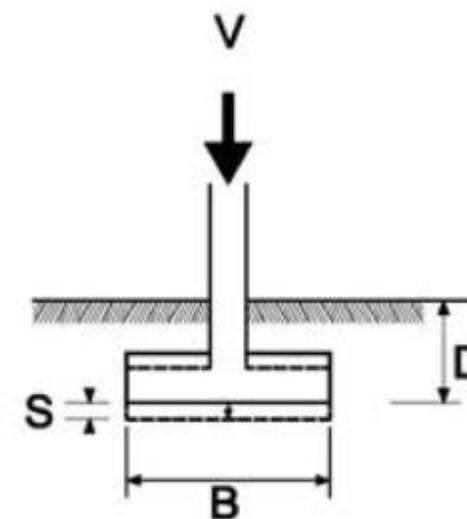
Esfuerzos en los suelos

Los esfuerzos que son transmitidos de las cimentaciones al suelo dan lugar a deformaciones en el terreno que pueden traducirse en asentamientos, desplazamientos horizontales, y giros de la estructura que si resultan excesivos, podrán originar una pérdida de la funcionalidad, producir fisuras, agrietamientos, u otras patologías.

Asentamiento del terreno

El asentamiento es un movimiento descendente vertical del terreno debido a la aplicación de cargas que causan cambios en las presiones del terreno.

El asentamiento crece al hacerle la carga vertical y esta depende entre otras cosas: de su forma, tamaño y resistencia del suelo.



Fuente: Ingenieros de Camino UP

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

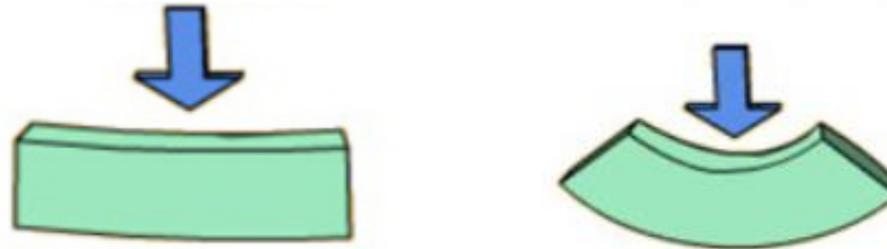
4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

1.1 El problema del asentamiento

Compresibilidad

Todo material experimenta una deformación cuando hay de una variación en su estado de esfuerzos.

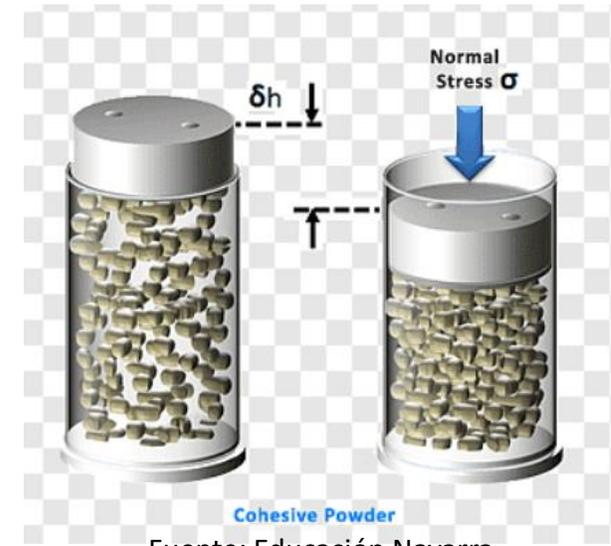


Fuente: Educación Navarra

Compresibilidad

Propiedad de los materiales que sufren disminución en su volumen cuando se aplica una carga sobre ellos.

- ↑ Suelos altamente comprensibles
- ↑ Cambios grandes de volumen.



Fuente: Educación Navarra

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

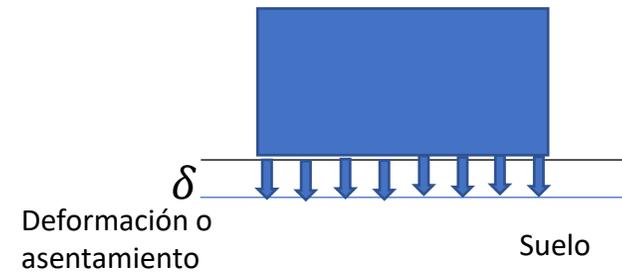
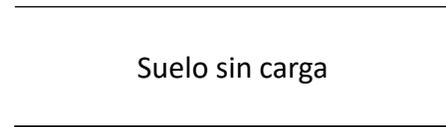
4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

1.1 El problema del asentamiento

Comprensibilidad y consolidación de un suelo

Un ejemplo sería un suelo en donde nunca se ha aplicado carga, en un punto específico se construye una edificación.



Causas principales de la compresión del suelo

1. Deformación de las partículas del suelo.
2. Reorientación de las partículas del suelo.
3. Expulsión del agua o aire

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

1.1 El problema del asentamiento

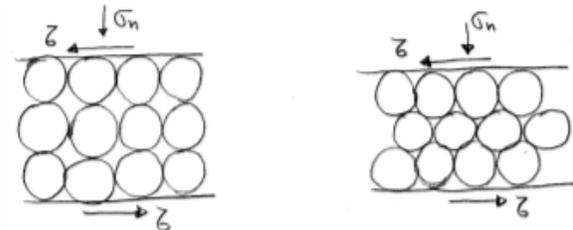
Causas principales de la compresión del suelo

Un ejemplo sería un suelo en donde nunca se ha aplicado carga, en un punto específico se construye una edificación.

1. Deformación de las partículas del suelo.

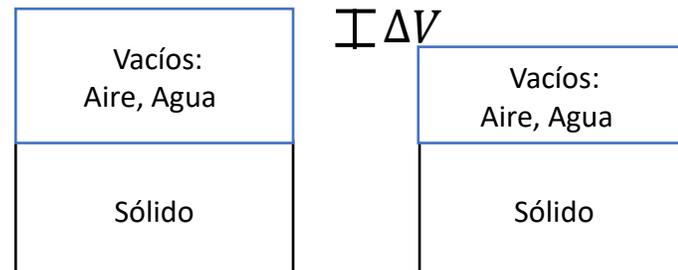


2. Reorientación de las partículas del suelo.



Fuente: Resistencia al corte, 2009

3. Expulsión del agua o aire



Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

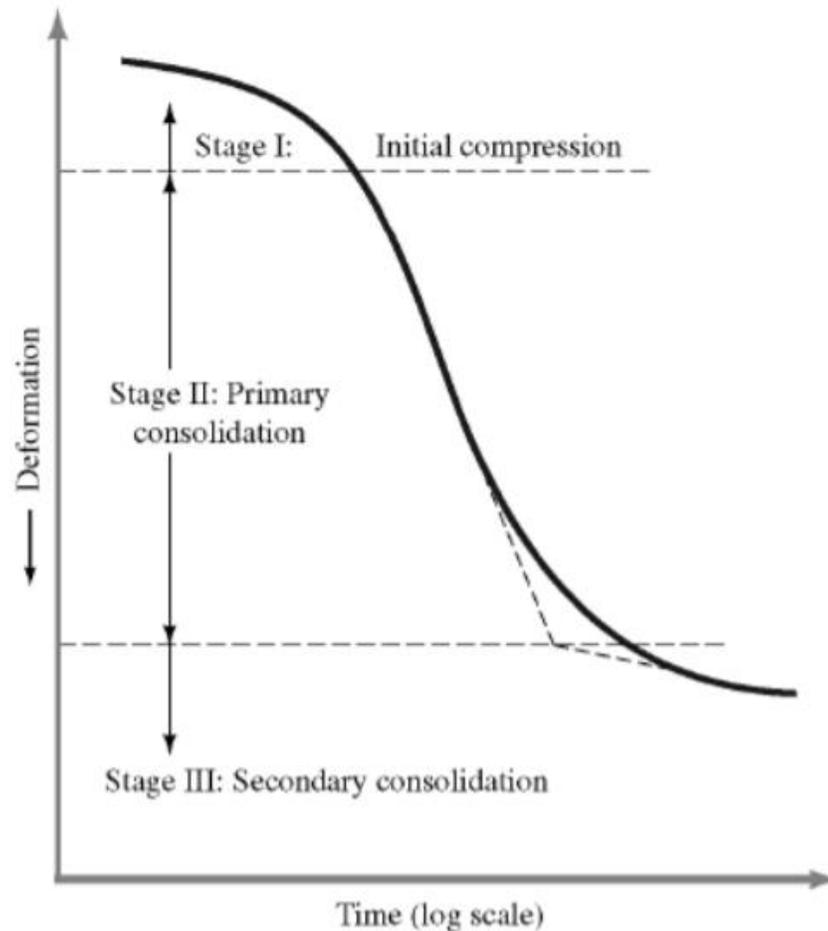
3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

1.1 El problema del asentamiento



Fuente: Curva de consolidación, 2005

Fases del asentamiento en el suelo.

- 1. Compresión inicial o asentamiento elástico:** Causado por la deformación elástica en suelos secos, húmedos o saturados. Sin ningún cambio de en su contenido de humedad
- 2. Asentamiento de consolidación:** Cambio de volumen de suelos cohesivos saturado debido a la expulsión del agua intersticial.

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

1.1 El problema del asentamiento

Fases del asentamiento en el suelo.

Cuando un suelo está afectado por un esfuerzo debido a la carga de una cimentación hay tres tipos de asentamiento: Asentamiento elástico o compresión inicial, consolidación primaria, consolidación secundaria.

$$S_T = S_C + S_S + S_e$$

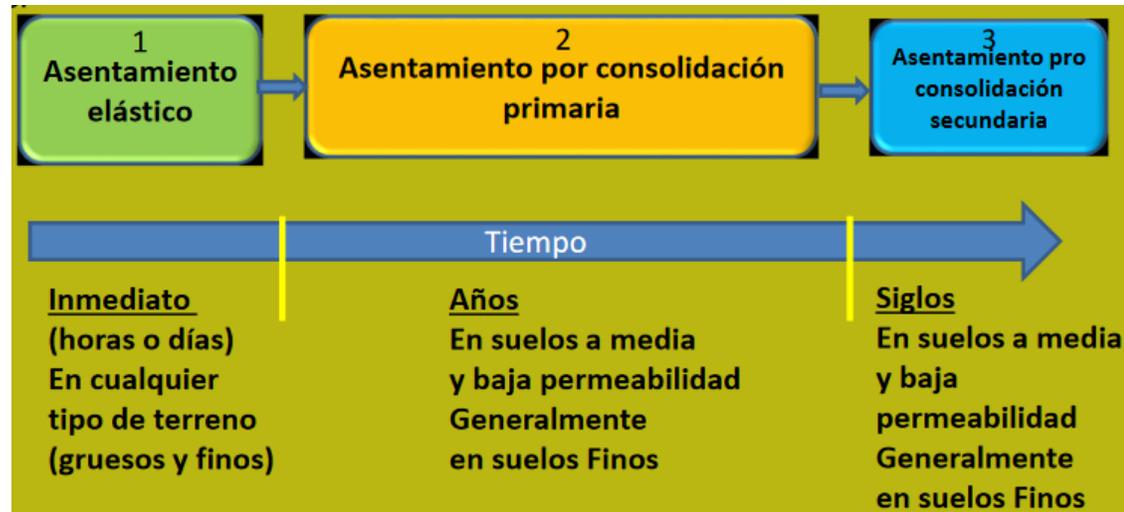
Donde:

S_T = Asentamiento total

S_C = Asentamiento por consolidación primaria

S_S = Asentamiento por consolidación secundaria

S_e = Asentamiento elástico



Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

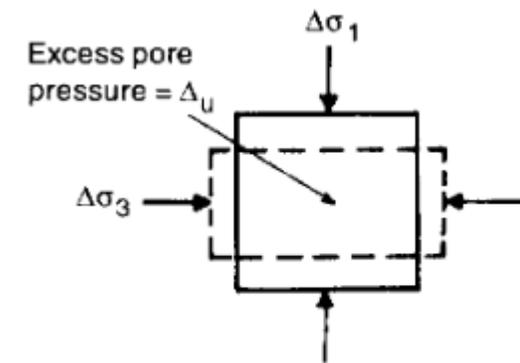
1.1 Asentamientos inmediatos

Asentamiento elástico o inmediato

La compresión ocurre de inmediatamente después de la aplicación de la carga (cerca a las 168 horas), por tal motivo se produce un movimiento vertical debido a la deformación elástica de un medio poroso. (Bowles) Se usa para todos los suelos finos (limos y arcillas) cuyo grado de saturación $S \leq 90\%$ y para todos los suelos de grano grueso con un valor de conductividad hidráulica grande ($> 10^{-3} m/s$).

El asentamiento total para suelos con características citadas anteriormente es igual al asentamiento elástico.

$$S_T = S_e$$



(a) Immediate settlement

Fuente: Borselli L. 2019.

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

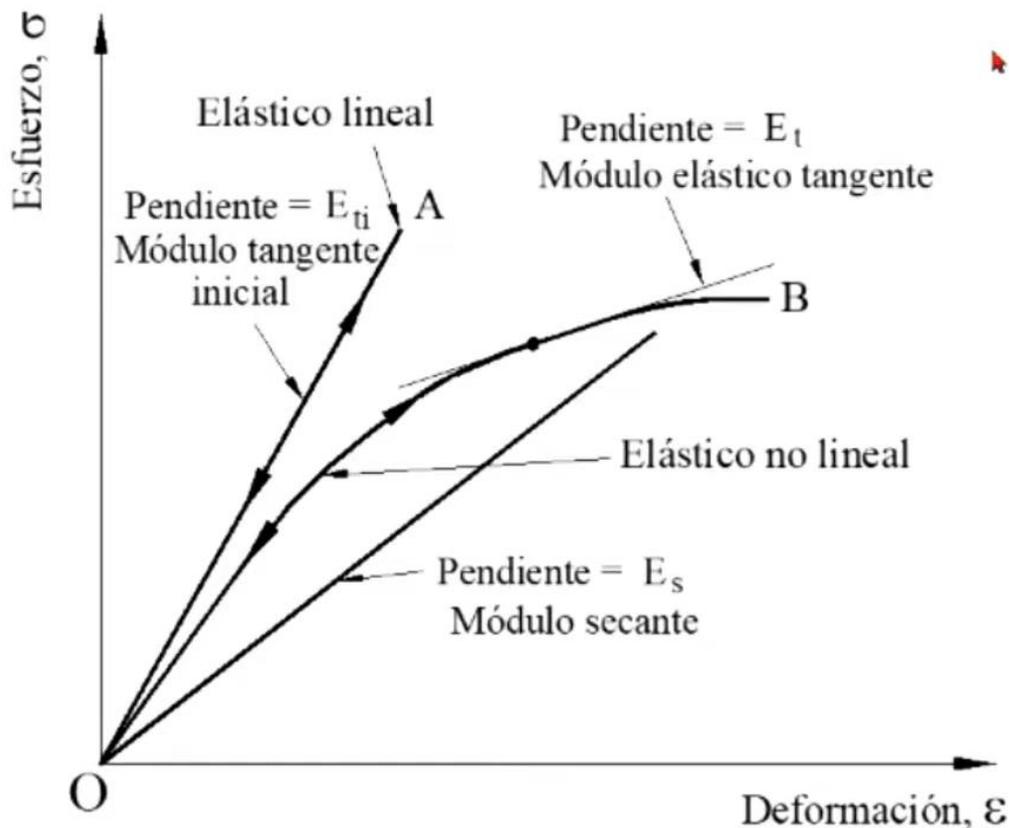
3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

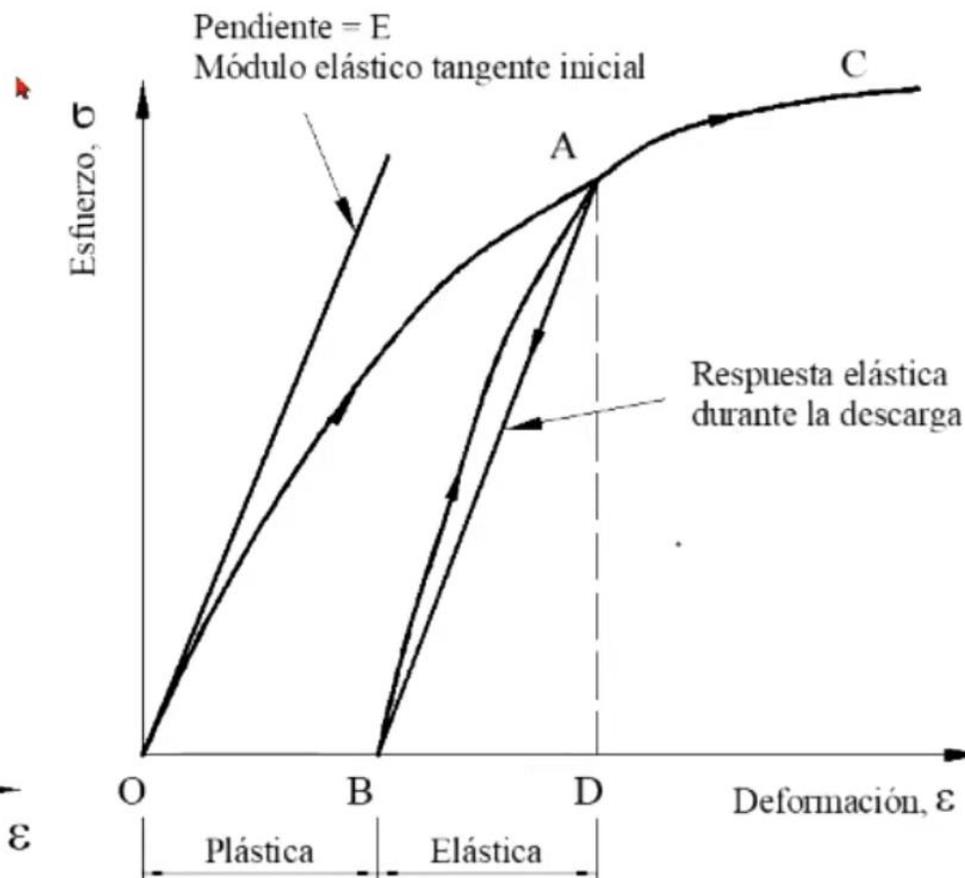
4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

1.1 Asentamientos inmediato



$$\epsilon = \frac{1}{E} \cdot \sigma$$



Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

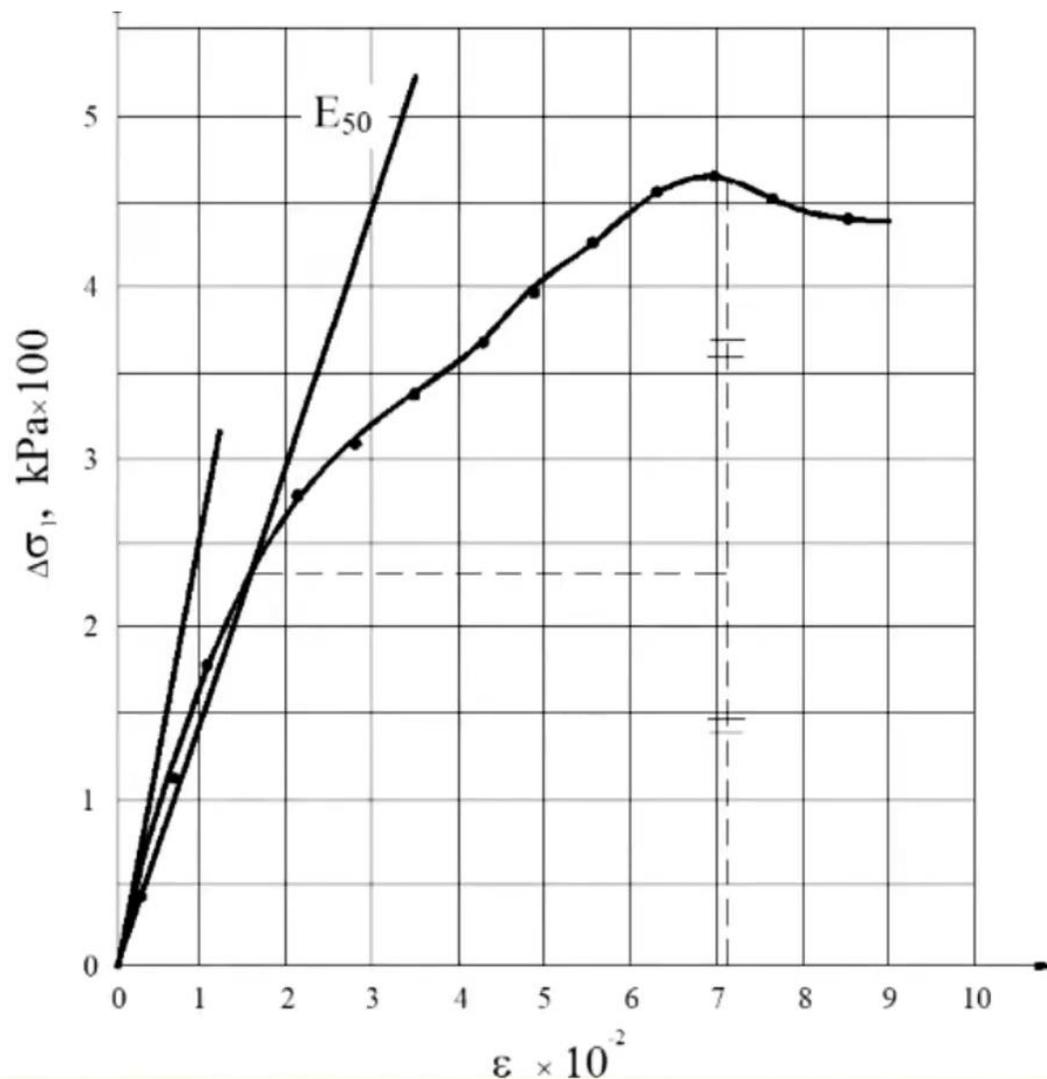
3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

1.1 Asentamientos inmediato



Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

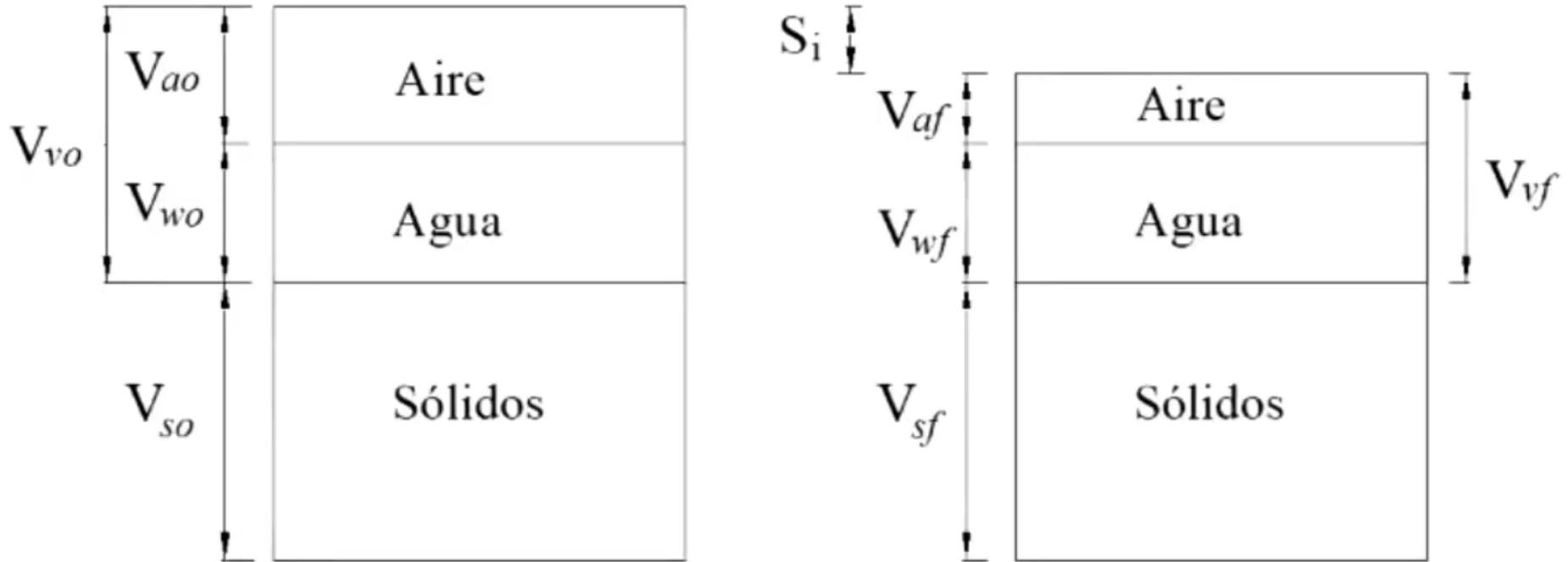
3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

1.1 Asentamientos inmediato



$$V_{wo} = V_{wf}$$

$$V_{vf} < V_{vo}$$

Davis & Poulos (1968)

$$\Delta \varepsilon = \frac{1}{E_s} \Delta \sigma_v \quad \frac{\Delta h}{H} = \frac{1}{E_s} \Delta \sigma_v \quad \Delta h = \frac{1}{E_s} \Delta \sigma_v H \quad S_i = \frac{1}{E_s} q_n H \quad S_i = \sum \frac{1}{E_s} (\sigma_z - \nu \sigma_x - \nu \sigma_y) dH$$

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

1.1 Asentamientos inmediato

Davis & Poulos (1968)

$$S_i = \sum \frac{1}{E_s} (\sigma_z - \nu\sigma_x - \nu\sigma_y) dH$$

Tabla 2.3. Valores del coeficiente de Poisson.

Tipo de suelo	ν
Arcillas (no drenadas)	0,5
Arcillas (rígida, no drenada)	0,1-0,2
Limo	0,3
Arena	0,1-0,3
Roca	0,2

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

Asentamiento elástico o compresión inicial (Skempton y Giroud)

Para el cálculo del asentamiento elástico, en el presente caso se cumple que el suelo está conformado por un estrato semi-infinito, pudiendo aplicar la siguiente fórmula

$$S_e = \frac{q_n B (1 - \nu^2) I_p}{E_u}$$

Table 6.8 Influence factors (I_p) for vertical displacement due to elastic compression of a layer of semi-infinite thickness

Shape	Flexible*			Rigid†
	Centre	Corner	Average	
Circle	1.00	0.64	0.85	0.79
Rectangle				
$\frac{L}{B}$	1.0	1.122	0.561	0.946
	1.5	1.358	0.679	1.148
	2.0	1.532	0.766	1.300
	3.0	1.783	0.892	1.527
	4.0	1.964	0.982	1.694
	5.0	2.105	1.052	1.826
	10.0	2.540	1.270	2.246
	100.0	4.010	2.005	3.693

* After Giroud (1968)

† After Skempton (1951)

Donde:

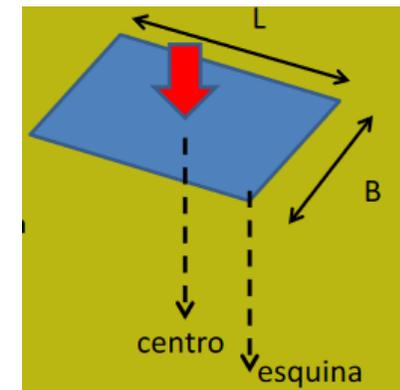
S_e = Asentamiento elástico.

q = Presión uniforme de contacto

B = Ancho de la cimentación

E = Módulo elástico de Young para un suelo

ν = Coeficiente del Poisson I_p = Facto de influencia que depende de las dimensiones de la cimentación



Tipo de suelo	N_{SPT}	q_u (kN/m ²)	E (MN/m ²)
Suelos muy flojos o muy blandos	< 10	0 - 80	< 8
Suelos flojos o blandos	10 - 25	80 - 150	8 - 40
Suelos medios	25 - 50	150 - 300	40 - 100
Suelos compactos o duros	50 - Rechazo	300 - 500	100 - 500
Rocas blandas	Rechazo	500 - 5.000	500 - 8.000
Rocas duras	Rechazo	5.000 - 40.000	8.000 - 15.000
Rocas muy duras	Rechazo	> 40.000	>15.000

Fuente: Yepez. V, 2019.

Fuente: Borselli L. 2019.

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

2. Asentamientos en suelos arenoso

Ejercicios de aplicación.

Una losa de cimentación de 32m de largo por 18m de ancho, va a transmitir al suelo un esfuerzo uniforme de contacto de 240kN/m² a una profundidad de 2,0m. Determine cual va a ser el asentamiento elástico o compresión inicial que va a ocurrir debajo del centro de la losa de cimentación, además se asume una cimentación flexible, el suelo solo está conformado por un estrato, $E_u = 45 \text{ MN/m}^2$, $\nu = 0,5$ y $\gamma_{sue} = 20 \text{ kN/m}^3$

Datos:

$$B = 18\text{m}$$

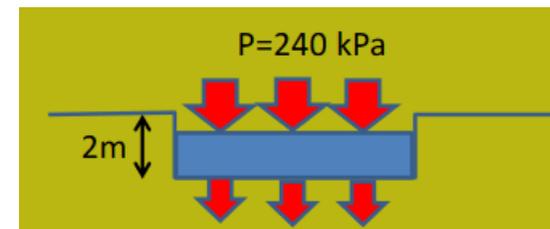
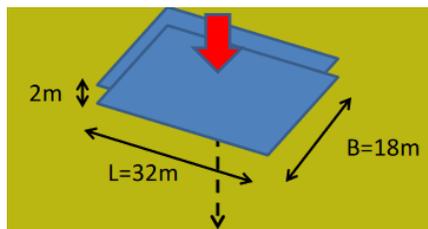
$$L = 32\text{m}$$

$$q_{losa} = 240 \text{ kN/m}^2$$

$$E_u = 45 \text{ MN/m}^2$$

$$\nu = 0,5$$

$$\gamma_{sue} = 20 \text{ kN/m}^3$$



1.5	1.358	0.679	1.148	1.06
2.0	1.532	0.766	1.300	1.20

$$\frac{L}{B} = \frac{32\text{m}}{18\text{m}} = 1,78$$

$$I_{p1.5} = 1,358$$

$$I_{p2} = 1,532$$

$$I_p = 1,358 + (1,532 - 1,358) \frac{1,78 - 1,50}{2,00 - 1,50}$$

$$I_p = 1,455$$

$$S_e = \frac{qB(1 - \nu^2)I_p}{E_u}$$

$$S_e = \frac{200 \text{ kN/m}^2 \cdot 18\text{m}(1 - 0,5^2) \cdot 1,455}{45 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2} = 0,0873\text{m}$$

$$S_e = 87,3\text{mm}$$

$$q_{real} = q_{losa} - q_{suelo} \quad q_{suelo} = \gamma_{sue} \cdot Df$$

$$q_{real} = 240 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} - \left(2\text{m} \cdot 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) = 200 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

1.1 Asentamientos inmediatos

Asentamiento elástico basado en la teoría de la elasticidad

En una cimentación poco profunda sometida a una fuerza neta por unidad de área igual a q_0 . Sean el coeficiente de Poisson y el módulo de elasticidad del suelo de soporte μ_s y E_s , sobre la base de la teoría de elasticidad, si la cimentación es perfectamente flexible, el asentamiento se expresa como:

$$S_e = q_0(\alpha B') \frac{1 - \mu_s^2}{E_s} I_s I_f$$

q_0 = presión neta aplicada sobre la cimentación

μ_s = coeficiente de Poisson para el suelo

E_s = módulo de elasticidad promedio del suelo debajo de la cimentación medido desde $z = 0$ hasta $z = 4B$

B' = $B/2$ para el centro de la cimentación

= B para la esquina de la cimentación

I_s = factor de forma (Steinbrenner, 1934)

• Para el cálculo del asentamiento en el *centro* de la cimentación:

$$\alpha = 4$$

$$m' = \frac{L}{B}$$

$$n' = \frac{H}{\left(\frac{B}{2}\right)}$$

• Para el cálculo del asentamiento en la *esquina* de la cimentación:

$$\alpha = 1$$

$$m' = \frac{L}{B}$$

$$n' = \frac{H}{B}$$

Índice

- 1. Introducción
- 2. Incremento de esfuerzos verticales en el suelo causado por cargas en la superficie
- 3. Esfuerzos totales y efectivos
- 4. Asentamientos elásticos

1.1 Asentamientos inmediatos

Asentamiento elástico basado en la teoría de la elasticidad

$$I_s = F_1 + \frac{1 - 2\mu_s}{1 - \mu_s} F_2$$

Factores F1 y F2 ver pág. 516 de Braja Das

Nota importante: Si se trabaja con una cimentación rígida se la puede estimar como:

$$S_{e(\text{rígida})} \approx 0.93 S_{e(\text{flexible, centro})}$$

I_f Utilizar la siguiente tabla.

Tabla 17.5 Variación de I_f con D_f/B , B/L y μ_s

μ_s	D_f/B	B/L		
		0.2	0.5	1.0
0.3	0.2	0.95	0.93	0.90
	0.4	0.90	0.86	0.81
	0.6	0.85	0.80	0.74
0.4	1.0	0.78	0.71	0.65
	0.2	0.97	0.96	0.93
	0.4	0.93	0.89	0.85
0.5	0.6	0.89	0.84	0.78
	1.0	0.82	0.75	0.69
	0.2	0.99	0.98	0.96
	0.4	0.95	0.93	0.89
	0.6	0.92	0.87	0.82
	1.0	0.85	0.79	0.72

Índice

- 1. Introducción
- 2. Incremento de esfuerzos verticales en el suelo causado por cargas en la superficie
- 3. Esfuerzos totales y efectivos
- 4. Asentamientos elásticos

2. Asentamientos inmediatos

Ejercicios de aplicación.

Una cimentación rectangular de $0.80\text{m} \times 1.2\text{m}$, le llega una carga de 10t , la cual tiene una profundidad de función de 1m , el suelo por debajo del centro de la cimentación es una arena la cual tiene las siguientes características, $E_s = 30\text{MN}/\text{m}^2$, $\mu_s = 0.30$, este estrato de suelo llega a una altura de 4.60m y por debajo se encuentra roca.

Índice

- 1. Introducción
- 2. Incremento de esfuerzos verticales en el suelo causado por cargas en la superficie
- 3. Esfuerzos totales y efectivos
- 4. Asentamientos elásticos

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

2. Asentamientos en suelos arenoso

Ejercicio de repaso 1.

Una losa de cimentación de 45m de largo por 20m de ancho, va a transmitir al suelo un esfuerzo uniforme de contacto de 300kN/m^2 a una profundidad de 2,5m. Determine cual va a ser el asentamiento elástico o compresión inicial que va a ocurrir debajo del centro y en una esquina de la losa de cimentación, además se asume una cimentación flexible, el suelo solo está conformado por un estrato, $E_u = 50\text{MN/m}^2$, $\nu = 0,4$ y $\gamma_{sue} = 18\text{kN/m}^3$

Ejercicio de repaso 2.

Una cimentación cuadrada de 5m por 5m, está transmitiendo una presión uniforme de contacto de 450kN a una profundidad de 2,0m en una capa de arcilla que se extiende a una profundidad de 6m por debajo de la superficie y luego encuentra un suelo incompresible, $E_u = 48\text{MN/m}^2$, $\nu = 0,3$. Determine el asentamiento elástico

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

3. Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

Fases del asentamiento en el suelo.

Cuando un suelo está afectado por un esfuerzo debido a la carga de una cimentación hay tres tipos de asentamiento: Asentamiento elástico o compresión inicial, consolidación primaria, consolidación secundaria.

$$S_T = S_c + S_s + S_e$$

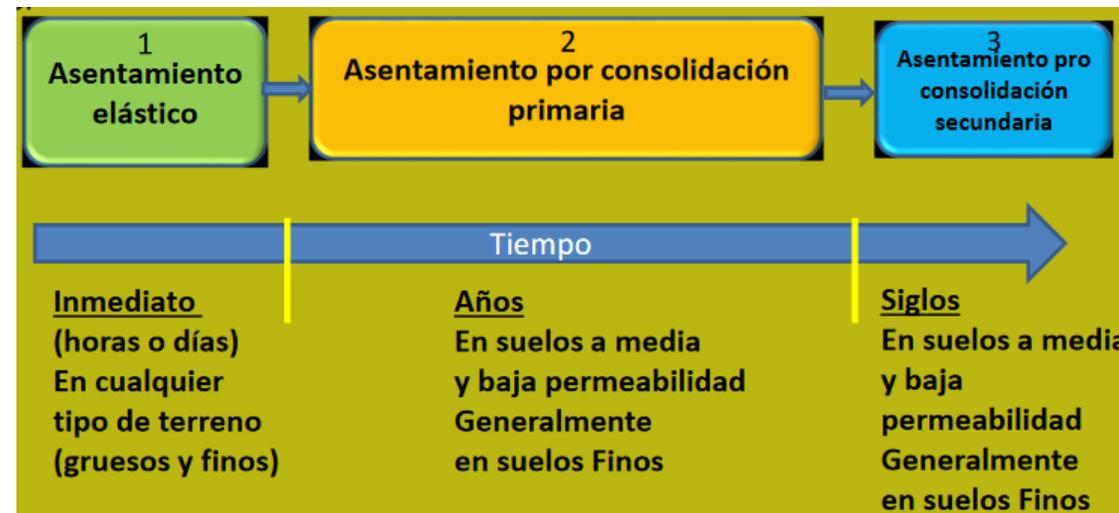
Donde:

S_T = Asentamiento total

S_c = Asentamiento por consolidación primaria

S_s = Asentamiento por consolidación secundaria

S_e = Asentamiento elástico



Fuente: Borselli L. 2019.

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

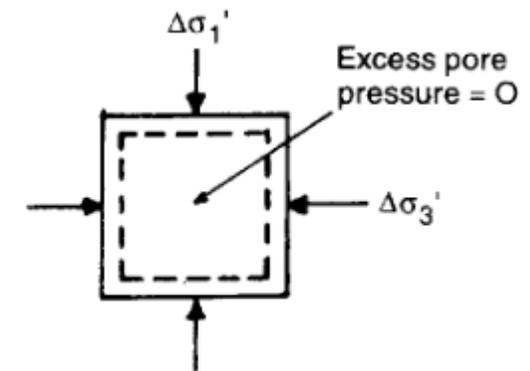
3. Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

Asentamiento por consolidación primaria

El incremento de carga, debido a la compresión y deformación elástica, crea un incremento en la presión hidrostática en el medio poroso (1-5 años). Este exceso de presión de poro puede reducirse en el tiempo debido a una expulsión gradual de agua. La expulsión del agua produce un cambio de volumen que es dependiente del tiempo.

El análisis de asentamiento por consolidación se usa para todos los suelos de grano fino, para arcillas con ($90\% \leq S \leq 100\%$), ese asentamiento total producido es igual al asentamiento inmediato más el asentamiento por consolidación.

$$S_T = S_c + S_e$$



(b) Consolidation settlement

Fuente: Borselli L. 2019.

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

3. Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

Esfuerzos efectivos sobre un terreno

Si aplicamos a un suelo un esfuerzo total σ , por la tercera ley de Newton (acción-reacción) los esfuerzos del suelo deben ser iguales en magnitud y opuesto en dirección σ .

La reacción o resistencia del suelo viene dada por la combinación de esfuerzos del sólido σ' y los esfuerzos del agua en los poros U

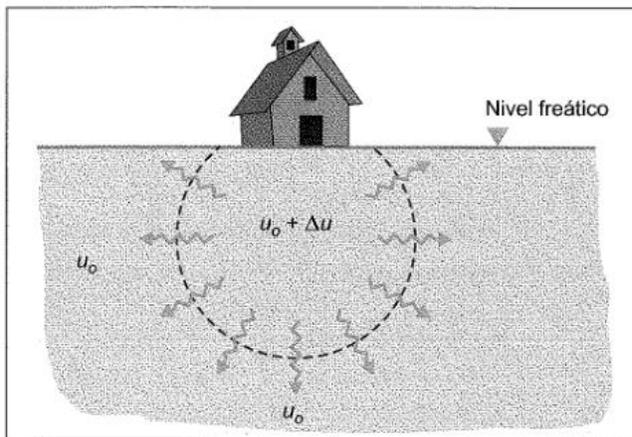
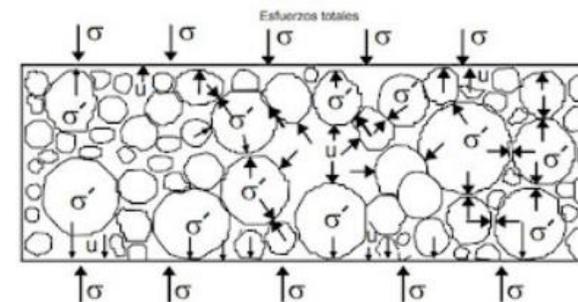


Figura 2.24 Sobrepresión intersticial inducida por la aplicación de una carga en el terreno (Lancellotta, 1991).



Fuente: Borselli L. 2019.

$$\sigma = \sigma' + u$$

Donde:

σ = Esfuerzo total

σ' = Esfuerzo efectivo (soportan las partículas del suelo)

U = Esfuerzo de agua de poro (presión del agua que actúa en los poros de suelo)

Principio de los esfuerzos efectivos

$$\Delta\sigma = \Delta\sigma' + \Delta u$$

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

3. Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

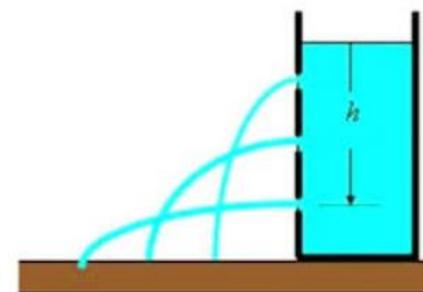
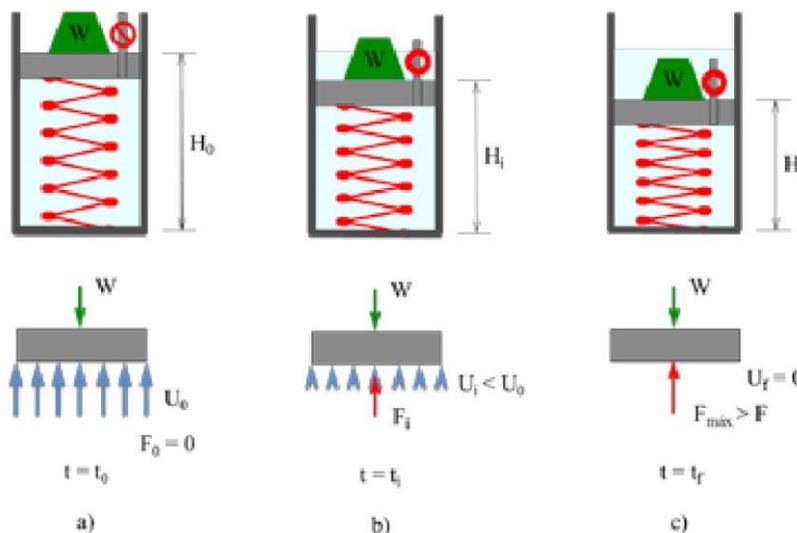
Modelo de consolidación de Terzaghi

Consiste en un cilindro con un resorte, El área de la sección transversal del cilindro es igual A . El cilindro está lleno de agua y tiene un pistón unido a un resorte y a una válvula que puede o no estar abierta.

A) Si aplicamos una carga W y mantenemos la válvula cerrada, como el agua es incompresible, ella se encarga de adsorber toda la presión. Produciéndose un exceso en la presión de poro.

$$\Delta\sigma = \cancel{\Delta\sigma'} + \Delta u$$

$$\Delta\sigma = \Delta u$$



$$u = \gamma_w * h$$

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

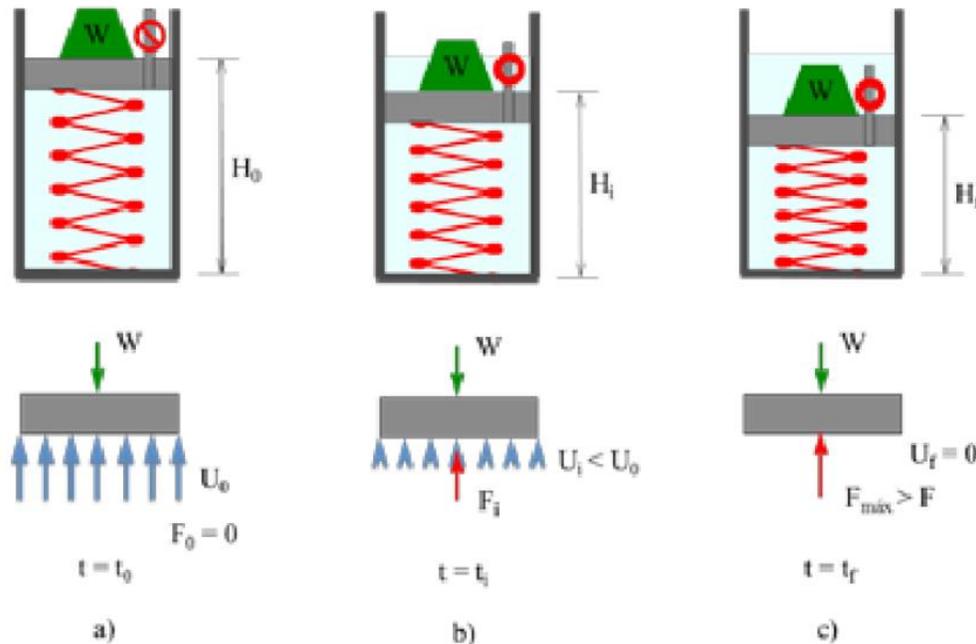
4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

3. Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

Modelo de consolidación de Terzaghi



B) Si aplicamos una carga W y abrimos la válvula, ya empieza a existir una deformación en el resorte, por lo que la presión, está soportada tanto el agua como las partículas de suelo.

$$\Delta\sigma = \Delta\sigma' + \Delta u$$

C) Si aplicamos una carga W y abrimos la válvula, al final el agua va a terminar saliendo del cilindro, por lo que el que va a recibir el esfuerzo completo el resorte.

El esfuerzo efectivo es igual al esfuerzo total.

$$\Delta\sigma = \Delta\sigma' + \cancel{\Delta u}$$

$$\Delta\sigma = \Delta\sigma'$$

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

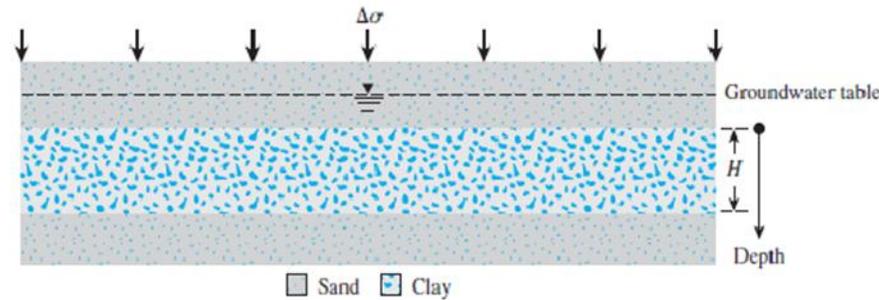
4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

3. Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

Evolución en el tiempo de la presión intersticial

Consideramos una capa de arcilla saturada de espesor H , confinadas entre 2 capas de arena y sometidas a un incremento de esfuerzos total $\Delta\sigma$



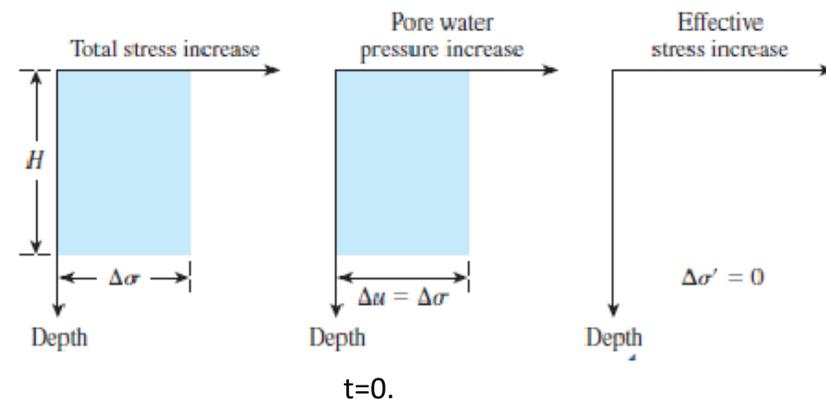
Principio de esfuerzos efectivos.

$$\Delta\sigma = \Delta\sigma' + \Delta u$$

Cuando $t=0$

La válvula está cerrada, en el caso de arcillas con baja permeabilidad.

$$\Delta\sigma = \Delta u$$



Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

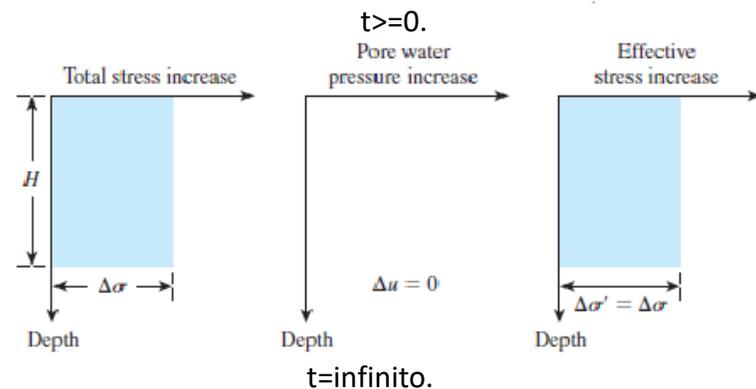
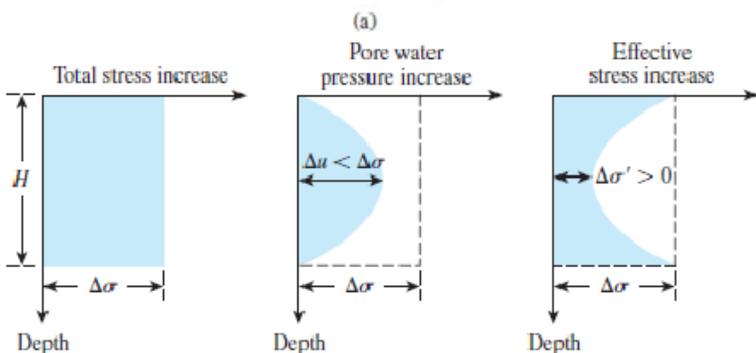
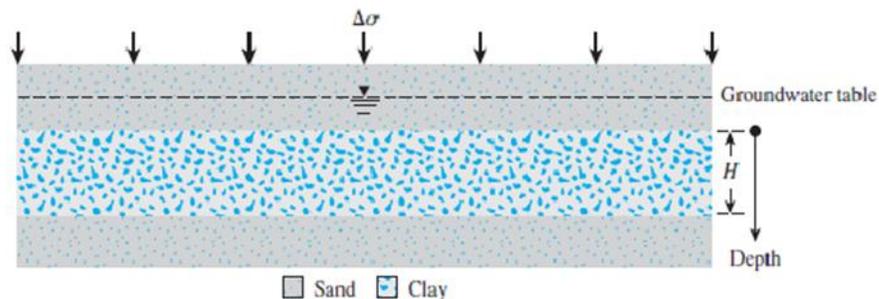
4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

3. Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

Evolución en el tiempo de la presión intersticial



Cuando $t \geq 0$

La válvula empieza a abrirse, desplazando el agua a la capa superior e inferior, por lo que empieza a trabajar las partículas del suelo

$$\Delta\sigma = \Delta\sigma' + \Delta u$$

Cuando $t = \text{infinito}$

La válvula se mantuvo abierta, y el agua a salido por completo, el único material que soporta el esfuerzo son las partículas de suelo

$$\Delta\sigma = \Delta\sigma'$$

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

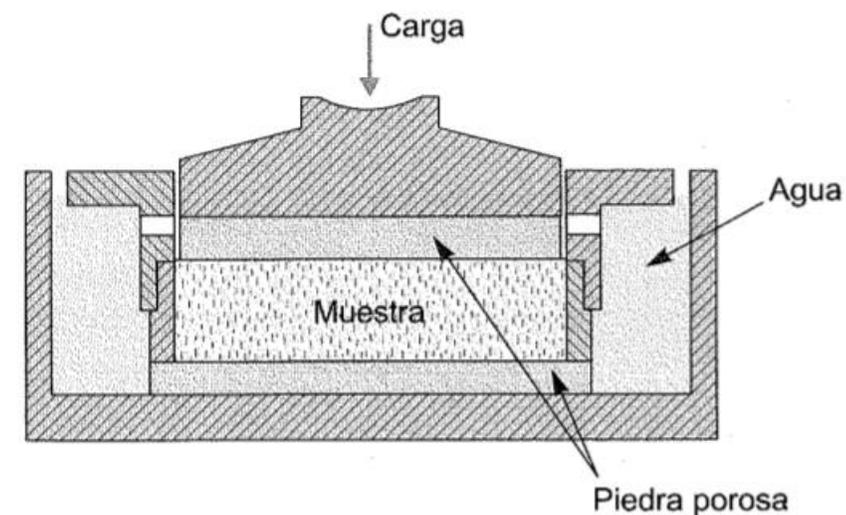
3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria

Prueba de consolidación unidimensional

Proceso de consolidación

Cuando se produce una disminución del volumen en un lapso de tiempo provocado por el aumento en las cargas del suelo, existe un ensayo de laboratorio conocido como ensayo edométrico.

- 1) La muestra se coloca entre 2 piedra porosas
- 2) Se aplica una carga constante
- 3) Se mide la deformación vertical de la muestra
- 4) Se miden las deformaciones en tiempos determinados
- 5) Tabulación de resultados
- 6) Se calculan los parámetros de consolidación.



Fuente: Geotecnia I, Borselli. L, 2019

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria

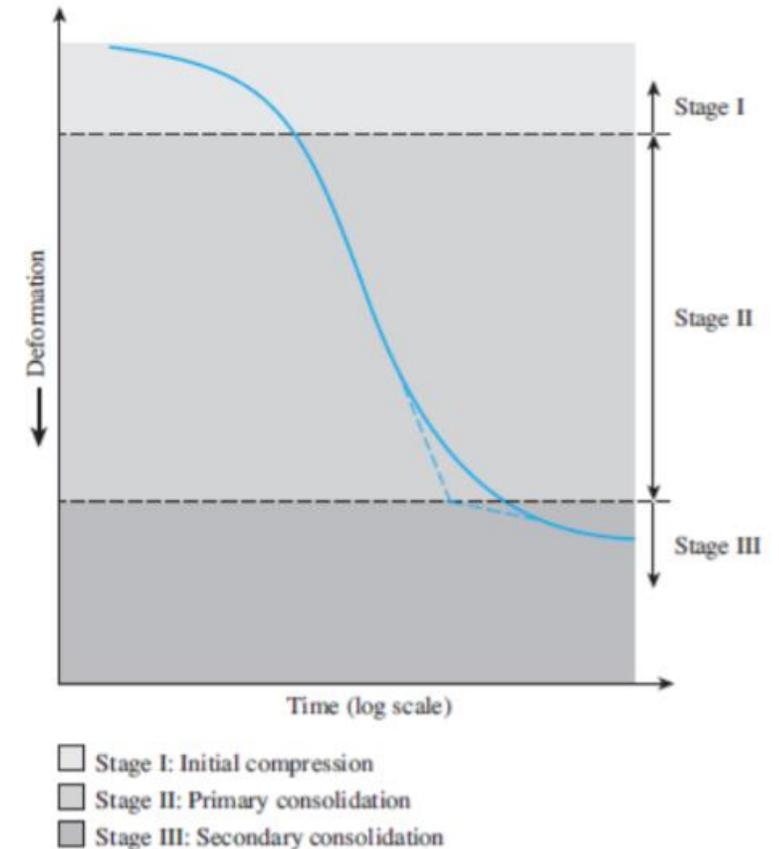
Curva de consolidación

Consolidación primaria

Cambio de volumen de un suelo de grano fino causado por la expulsión de agua de vacíos y la transferencia de esfuerzos del exceso de presión de poro a las partículas del suelo.

Consolidación Secundaria.

Cambio del volumen del suelo de grano fino causado por el ajuste de la estructura interna después de la disipación total del exceso de presión de poro, esta comienza cuando termina la consolidación primaria.



Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

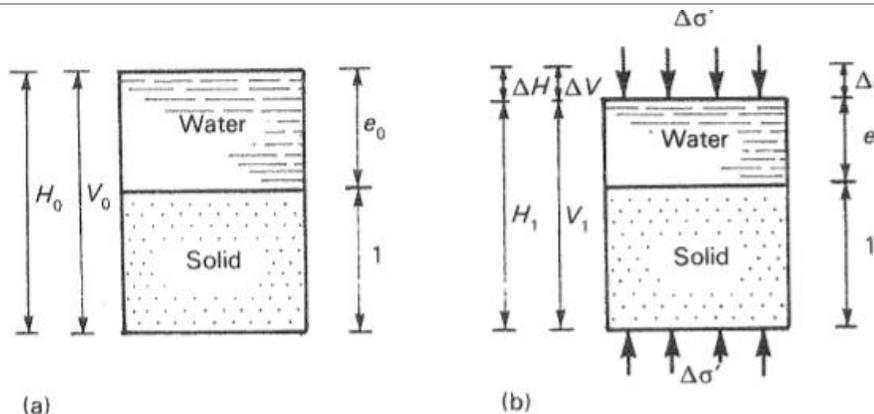
4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria

Obtención de la ecuación del asentamiento



Fuente: Geotecnia I, Borselli. L, 2019

Fig. 10.5 Interpretation of compressibility using soil model
(a) Before (b) After loading

$$\varepsilon = \frac{\Delta H}{H} \quad \text{Artificio} \quad \frac{A}{A}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta H}{H} \cdot \frac{A}{A} = \frac{\Delta V}{V}$$

$$\Delta V = \Delta Vv$$

$$e = \frac{Vv}{V_s} = Vv$$

$$V = V_s + Vv$$

$$v = 1 + e$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta e}{1 + e}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta H}{H} = \frac{\Delta e}{1 + e}$$

$$\Delta H = \frac{\Delta e}{1 + e} * H$$

Ecuación del asentamiento.

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

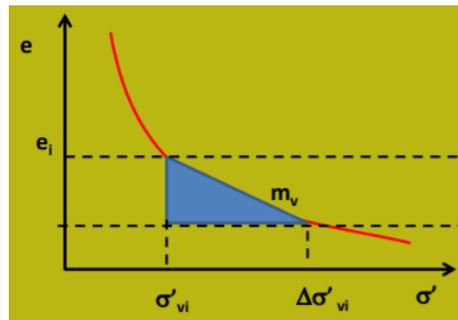
4.2 Retroalimentación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria

Tipos de representación de la curva de consolidación

A continuación, se va a presentar las dos representaciones gráficas, se destaca que de cada una se extrae un coeficiente específico.

Representación Aritmética



Eje de las x en escala natural

$$m_v = \frac{\Delta e}{\Delta \sigma} = \frac{e_f - e_0}{\sigma_f - \sigma_0}$$

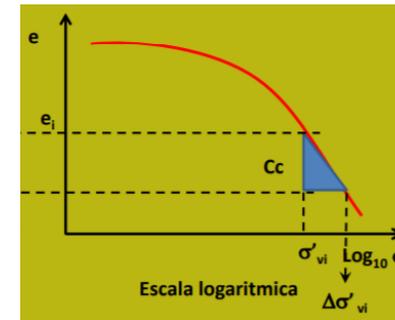
Coefficiente de compresibilidad

$$\Delta H = m_v \cdot \Delta \sigma \cdot H$$

$$(m) = (m^2/kN) \cdot (kN) \cdot (m)$$

Permeabilidad del material

Representación semi-logarítmica



Eje de las x en escala logarítmica

$$c_c = \frac{\Delta e}{\Delta \log \sigma} = \frac{e_f - e_0}{\log \sigma_f - \log \sigma_0} = \frac{\Delta e}{\log \frac{\sigma_f}{\sigma_0}}$$

Índice de compresión

$$\Delta H = \frac{\Delta e}{1 + e} * H$$

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria

Valores típicos del coeficiente de compresibilidad y del índice de compresión.

Coeficiente de compresibilidad

Table 5.1 TYPICAL VALUES OF THE COEFFICIENT OF VOLUME COMPRESSIBILITY AND DESCRIPTIVE TERMS USED (AFTER CARTER 1983)

Type of clay	Descriptive term	Coefficient of volume compressibility, m_v (m^2/kN)
Heavy over-consolidated boulder clays, stiff weathered rocks (e.g. weathered mudstone) and hard clays	Very low compressibility	< 0.00005
Boulder clays, marls, very stiff tropical red clays	Low compressibility	0.00005-0.0001
Firm clays, glacial outwash clays, lake deposits, weathered marls, firm boulder clays, normally consolidated clays at depth and firm tropical red clays	Medium compressibility	0.0001-0.0003
Normally consolidated alluvial clays such as estuarine and delta deposits, and sensitive clays	High compressibility	0.0003-0.0015
Highly organic alluvial clays and peats	Very high compressibility	>0.0015

Índice de compresión

$$C_c = 0.009(LL - 10)$$

Table 5.2 TYPICAL VALUES OF COMPRESSIBILITY INDEX, C_c (AFTER HOLTZ AND KOVACS 1981)

Soil	C_c
Normally consolidated medium sensitive clays	0.2 to 0.5
Chicago silty clay (CL)	0.15 to 0.3
Boston blue clay (CL)	0.3 to 0.5
Vicksburg Buckshot clay (CH)	0.5 to 0.6
Swedish medium sensitive clays (CL-CH)	1 to 3
Canadian Leda clays (CL-CH)	1 to 4
Mexico City clay (MH)	7 to 10
Organic clays (OH)	4 and up
Peats (Pt)	10 to 15
Organic silt and clayey silts (ML-MH)	1.5 to 4.0
San Francisco Bay Mud (CL)	0.4 to 1.2
San Francisco Old Bay clays (CH)	0.7 to 0.9
Bangkok clay (CH)	0.4

Table 7.2 Compression and Swell of Natural Soils

Soil	Liquid limit	Plastic limit	Compression index, C_c	Swell index, C_s	C_s/C_c
Boston blue clay	41	20	0.35	0.07	0.2
Chicago clay	60	20	0.4	0.07	0.175
Ft. Gordon clay, Georgia	51	26	0.12	0.04	0.33
New Orleans clay	80	25	0.3	0.05	0.17
Montana clay	60	28	0.21	0.05	0.24

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

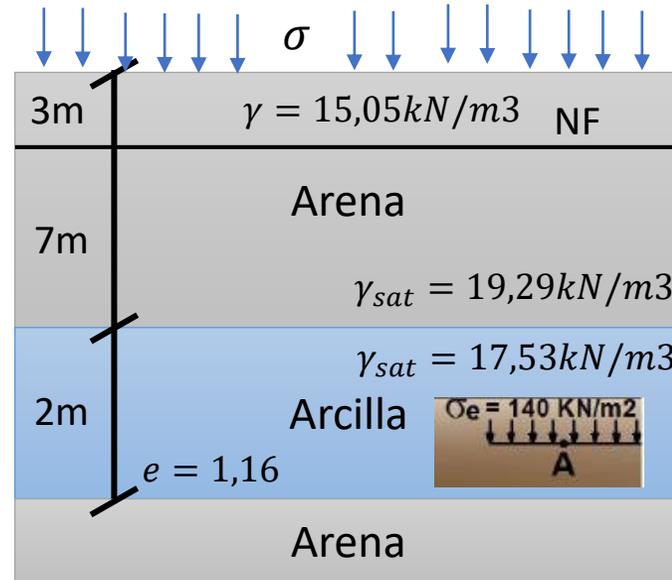
4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

4. Diseño geotécnico de zapatas aisladas

Determinar cuál es el asentamiento por consolidación primaria en un estrato de arcilla que se encuentra confinada por 2 capas de arena, donde las características geotécnicas se pueden observar en el gráfico, y cuyo índice de compresión de la arcilla es $C_c=0,3$



En primer lugar, determinamos los diagramas presiones de suelos para conocer cuál es el estado de tensiones del suelo

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

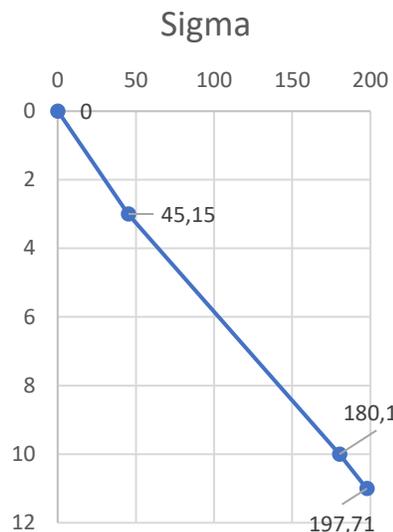
4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

4.1 Diseño geotécnico de zapatas aisladas

$$\sigma = \sigma' + U$$



$$\sigma_1 = \gamma * H_1$$

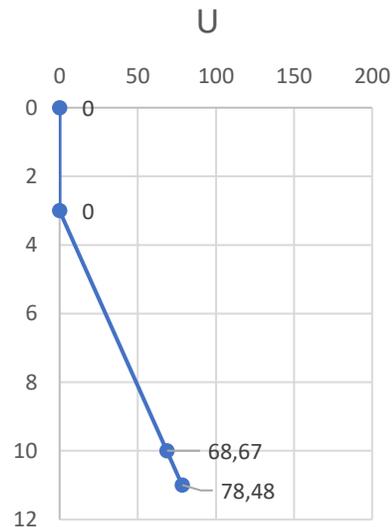
$$\sigma_1 = 15,05 \text{ kN/m}^3 * 3 \text{ m}$$

$$\sigma_1 = 45,15 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_2 = \gamma_{sat} * H_2 + \sigma_1$$

$$\sigma_2 = 19,29 \text{ kN/m}^3 * 7 \text{ m} + 15,05 \text{ kN/m}^2$$

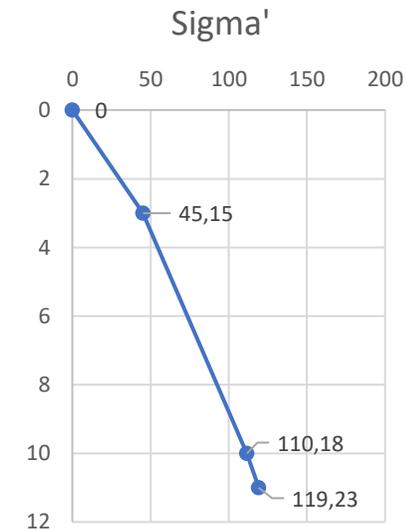
$$\sigma_2 = 180,18 \text{ kN/m}^2$$



$$U_2 = \gamma * H_1$$

$$U_2 = 9,81 \text{ kN/m}^3 * 7 \text{ m}$$

$$U_2 = 68,67 \text{ kN/m}^2$$



$$\sigma' = \sigma - U$$

$$\sigma'_2 = \sigma_2 - U_2$$

$$\sigma'_2 = 180,18 \text{ kN/m}^2 - 68,67 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma'_2 = 110,18 \text{ kN/m}^2$$

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

4.1 Diseño geotécnico de zapatas aisladas

Como ya se conoce cual es la presión efectiva que existe en el presente sistema, ahora se calcula cual es la presión que sufrirá la capa de arcilla, por lo tanto:

$$\sigma'_0 = \sigma' = 119,23kN/m^2$$

$$\sigma'_f = \sigma'_0 + \Delta\sigma_e$$

$$\sigma'_f = 119,23kN/m^2 + 140kN/m^2$$

$$\sigma'_f = 259,23kN/m^2$$

$$\Delta e = Cc \cdot \log \frac{\sigma'_f}{\sigma'_0}$$

$$\Delta e = 0,3 \cdot \log \frac{259,23kN/m^2}{119,23kN/m^2}$$

$$\Delta e = 0,10$$

$$\Delta H = \frac{\Delta e}{1 + e} * H$$

$$\Delta H = \frac{0,10}{1 + 1,16} * 2$$

$$\Delta H = 0,093m = 92,59mm$$

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

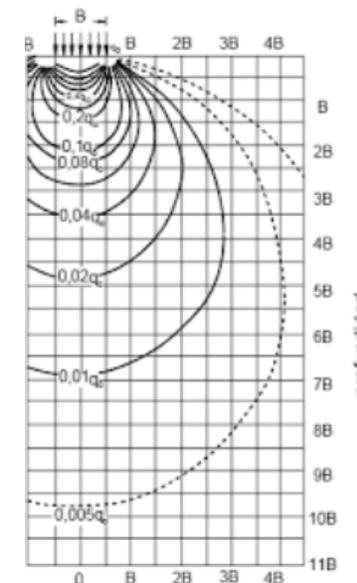
40/42

4.2 Retroalimentación

Para la determinación del factor de influencia se utiliza la siguiente tabla

n_1	m_1									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.20	0.994	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997
0.40	0.960	0.976	0.977	0.977	0.977	0.977	0.977	0.977	0.977	0.977
0.60	0.892	0.932	0.936	0.936	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937
0.80	0.800	0.870	0.878	0.880	0.881	0.881	0.881	0.881	0.881	0.881
1.00	0.701	0.800	0.814	0.817	0.818	0.818	0.818	0.818	0.818	0.818
1.20	0.606	0.727	0.748	0.753	0.754	0.755	0.755	0.755	0.755	0.755
1.40	0.522	0.658	0.685	0.692	0.694	0.695	0.695	0.696	0.696	0.696
1.60	0.449	0.593	0.627	0.636	0.639	0.640	0.641	0.641	0.641	0.642
1.80	0.388	0.534	0.573	0.585	0.590	0.591	0.592	0.592	0.593	0.593
2.00	0.336	0.481	0.525	0.540	0.545	0.547	0.548	0.549	0.549	0.549
3.00	0.179	0.293	0.348	0.373	0.384	0.389	0.392	0.393	0.394	0.395
4.00	0.108	0.190	0.241	0.269	0.285	0.293	0.298	0.301	0.302	0.303
5.00	0.072	0.131	0.174	0.202	0.219	0.229	0.236	0.240	0.242	0.244
6.00	0.051	0.095	0.130	0.155	0.172	0.184	0.192	0.197	0.200	0.202
7.00	0.038	0.072	0.100	0.122	0.139	0.150	0.158	0.164	0.168	0.171
8.00	0.029	0.056	0.079	0.098	0.113	0.125	0.133	0.139	0.144	0.147
9.00	0.023	0.045	0.064	0.081	0.094	0.105	0.113	0.119	0.124	0.128
10.00	0.019	0.037	0.053	0.067	0.079	0.089	0.097	0.103	0.108	0.112

Factores de influencia para determinar la trasmisión de esfuerzos en zapatas rectangulares



$$\Delta\sigma_{(\text{debajo del centro})} = q \cdot I_c$$

$$I_c = f(m; n)$$

$$m = \frac{L}{B}$$

$$n = \frac{z}{B/2}$$

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

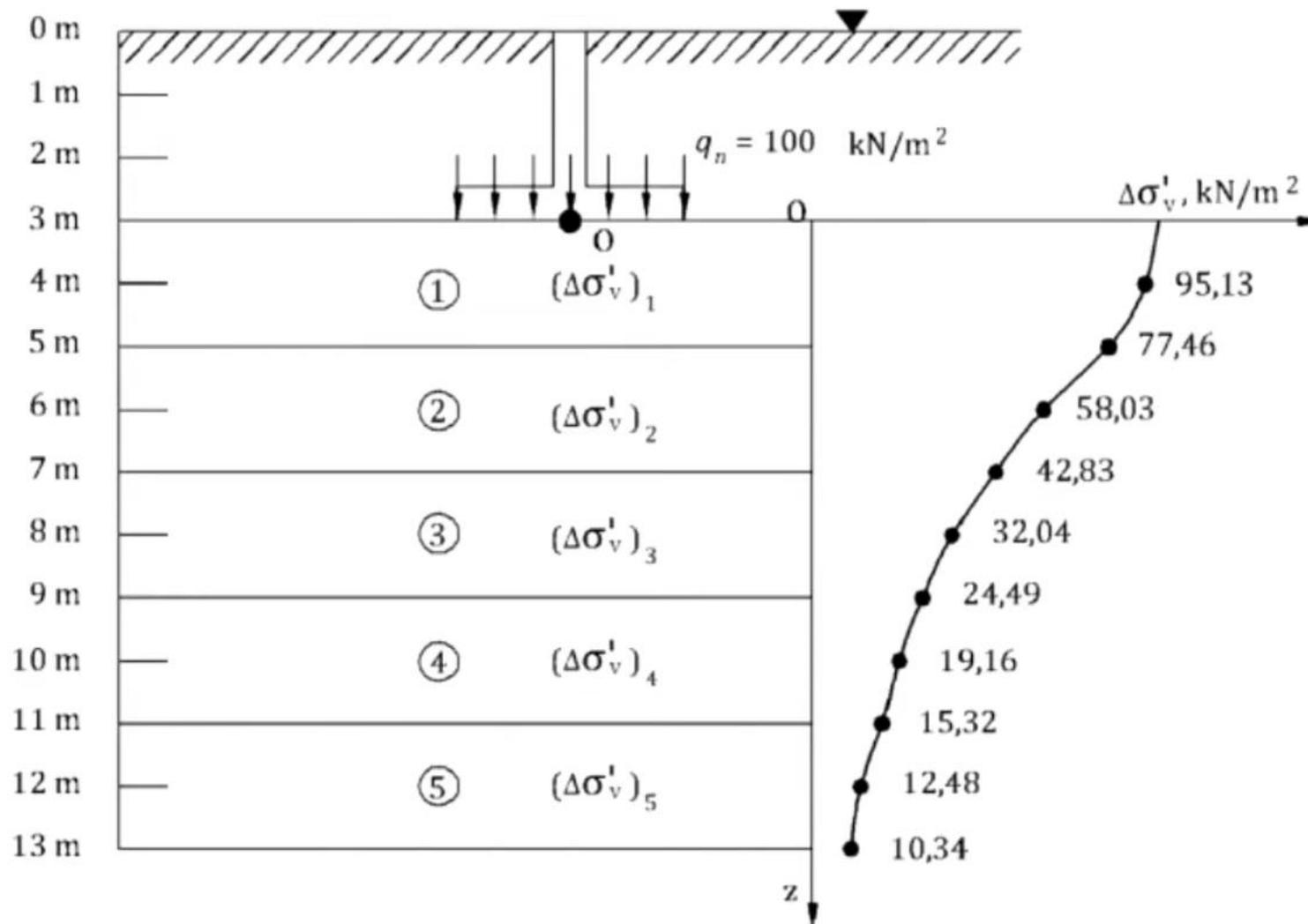
4.2

Retroalimentación

41/42

4.2 Presión portante del suelo

Incremento de esfuerzos vs profundidad



Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

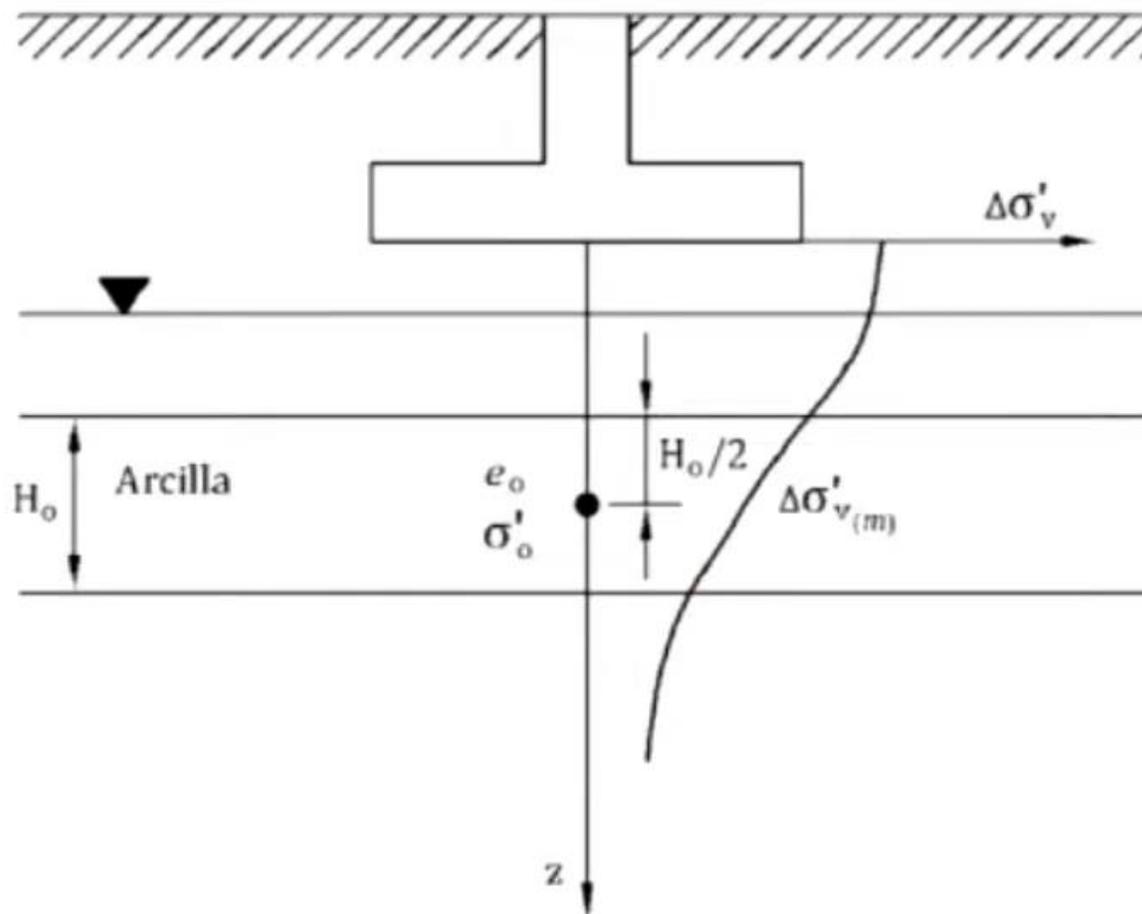
4.1 Presión portante

4.2

Retroalimentación

42/42

4.2 Presión portante del suelo



Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2

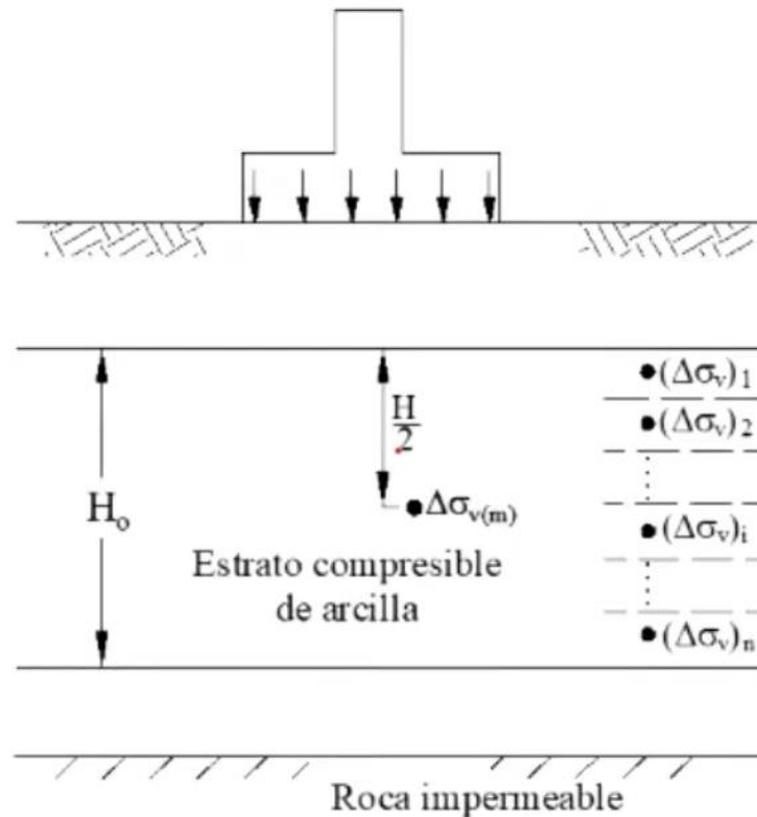
Retroalimentación

43/42

4.2 Presión portante del suelo

Budhu (2000): media armónica

$$\Delta\sigma_v = \frac{n(\Delta\sigma_v)_1 + (n-1)(\Delta\sigma_v)_2 + (n-2)(\Delta\sigma_v)_3 + \dots + 1(\Delta\sigma_v)_n}{n + (n-1) + (n-2) + \dots + 1}$$



Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2

Retroalimentación

44/42

4.2 Presión portante del suelo

Das (1992): media aritmética ponderada

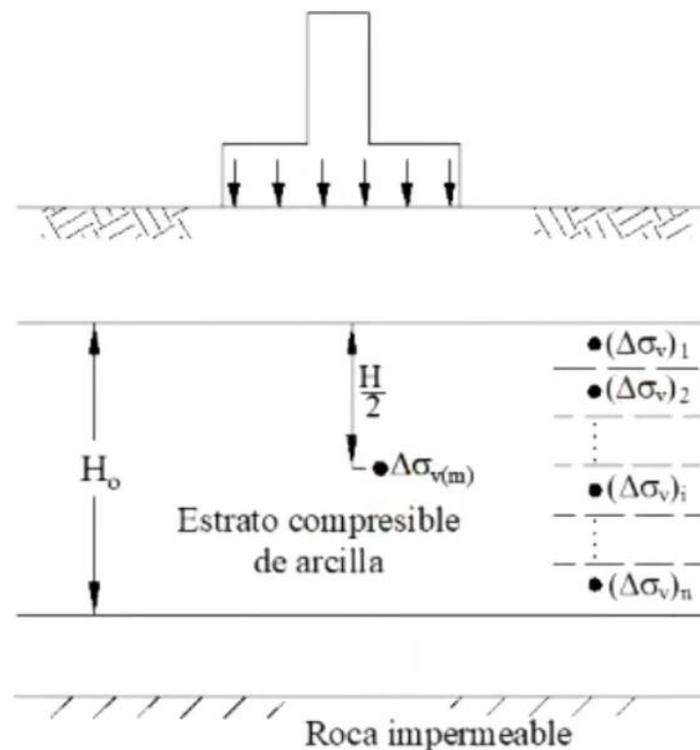
$$\Delta\sigma_v = \frac{\Delta\sigma_t + 4\Delta\sigma_m + \Delta\sigma_b}{6}$$

Donde:

$\Delta\sigma_t$ = Incremento de esfuerzo, en la parte superior del estrato.

$\Delta\sigma_m$ = Incremento de esfuerzo, en el medio del estrato.

$\Delta\sigma_b$ = Incremento de esfuerzo, en la parte inferior del estrato.



Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2

Retroalimentación

4.2 Presión portante del suelo

Cálculo del asentamiento por consolidación primaria bajo un cimiento.

El incremento de esfuerzos $\Delta\sigma'$ debe ser el aumento promedio debajo del centro de la cimentación. Como la presión se incrementa parabólicamente estimamos el valor con la regla de SIMPSON.

$$\Delta\sigma'_{prom} = \frac{\Delta\sigma_t + 4\Delta\sigma_m + \Delta\sigma_b}{6}$$

$\Delta\sigma_t$ =Incremento de presión en la parte superior

$\Delta\sigma_m$ =Incremento de presión en la parte media

$\Delta\sigma_b$ = Incremento de presión en la parte baja

} Arcilla

Para facilitar la obtención del incremento de presión debajo del centro de un área rectangular se presenta la siguiente ecuación.

$$\Delta\sigma_{(debajo\ del\ centro)} = q \cdot I_c$$

$$I_c = f(m; n)$$

$$m = \frac{L}{B}$$

$$n = \frac{z}{B/2}$$

I_c = Factor de influencia que depende de la variables m y n

L= Longitud de la cimentación

B=Ancho de la cimentación

Z= Distancia media desde el fondo de la cimentación.

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

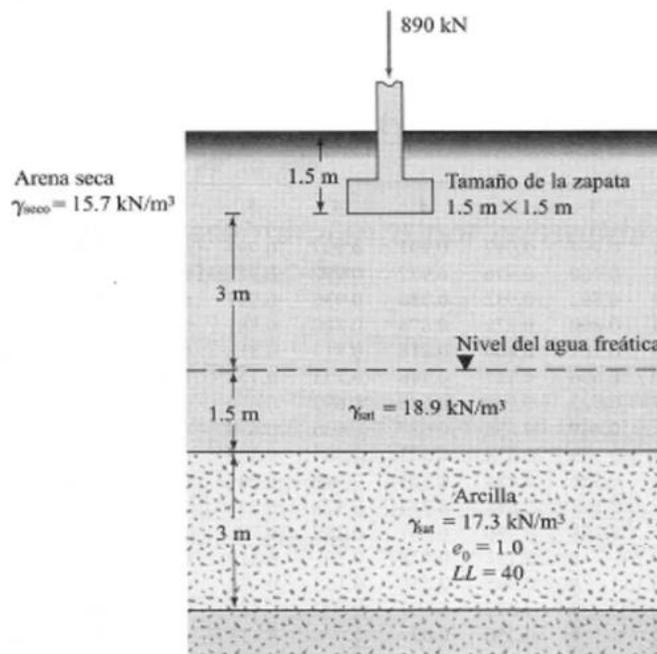
4.2 Retroalimentación

46/42

4.2 Retroalimentación

Ejercicio de aplicación.

Calcule el asentamiento por consolidación primaria de estrato de arcilla de 3m de espesor que resultara de la carga tomada por una zapata cuadrada de 1,5



$$Cc=0,009(LL-10)$$

$$Cc=0,009(40-10)$$

$$Cc=0,27$$

En primer lugar, determinamos los diagramas presiones de suelos para conocer cual es el estado de tensiones del suelo

$$q = \frac{F}{A} = \frac{890kN}{1,5m \cdot 1,5m} = 395,6kN/m^2$$

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

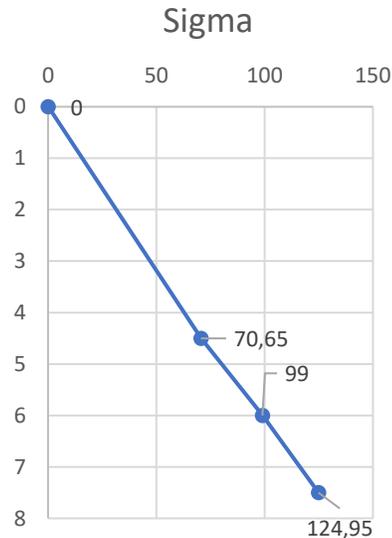
4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

47/42

4.2 Retroalimentación



$$\sigma_1 = \gamma * H_1$$

$$\sigma_1 = 15,7kN/m^3 * 4,5m$$

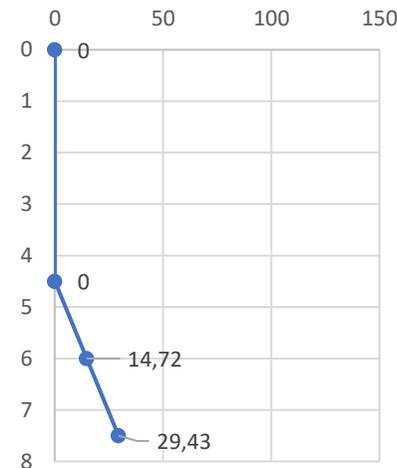
$$\sigma_1 = 70,65kN/m^2$$

$$\sigma_2 = \gamma_{sat} * H_2 + \sigma_1$$

$$\sigma_2 = 18,9kN/m^3 * 1,5m + 70,65kN/m^2$$

$$\sigma_2 = 99,0kN/m^2$$

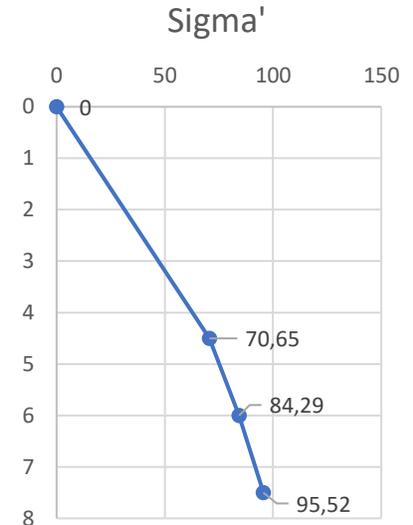
$$\sigma = \sigma' + u$$



$$U_2 = \gamma * H_2$$

$$U_2 = 9,81kN/m^3 * 1,5m$$

$$U_2 = 14,72kN/m^2$$



$$\sigma' = \sigma - U$$

$$\sigma'_2 = \sigma_2 - U_2$$

$$\sigma'_2 = 99,0kN/m^2 - 14,72kN/m^2$$

$$\sigma'_2 = 70,56kN/m^2$$

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

4.2 Retroalimentación

48/42

4.2 Retroalimentación

Cálculo del esfuerzo efectivo promedio causado por la sobrecarga

$$\Delta\sigma'_{prom} = \frac{\Delta\sigma_t + 4\Delta\sigma_m + \Delta\sigma_b}{6}$$

z(m)	B(m)	L(m)	m=L/B	n=z/(B/2)	Ic	$\Delta\sigma = q \cdot Ic$
4,5	1,5	1,5	1	6	0,051	20,18
6	1,5	1,5	1	8	0,029	11,47
7,5	1,5	1,5	1	10	0,019	7,52

$$\Delta\sigma'_{prom} = \frac{20,18 + 4(11,47) + 7,52}{6}$$

$$\Delta\sigma'_{prom} = 12,26 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma'_0 = \sigma' = 95,52 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma'_f = \sigma'_0 + \sigma_e$$

$$\sigma'_f = 95,52 \text{ kN/m}^2 + 12,26 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma'_f = 107,78 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta e = Cc \cdot \log \frac{\sigma'_f}{\sigma'_0}$$

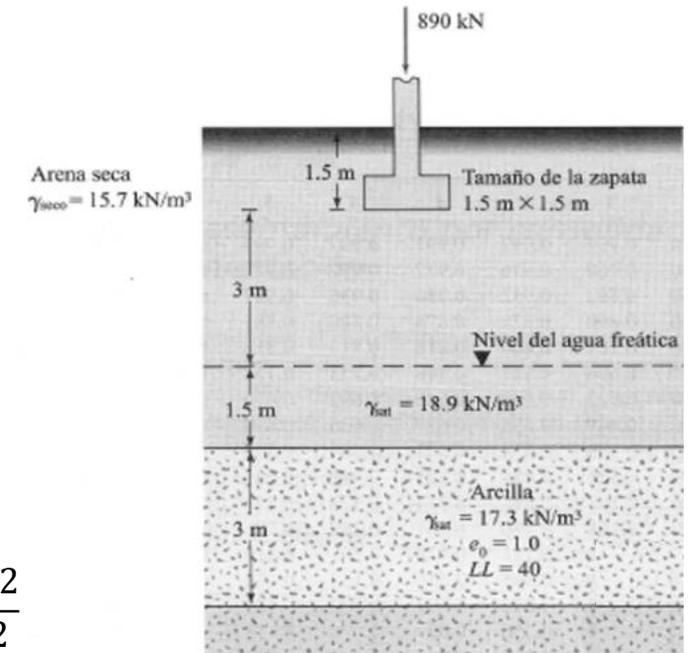
$$\Delta e = 0,27 \cdot \log \frac{107,78 \text{ kN/m}^2}{95,52 \text{ kN/m}^2}$$

$$\Delta e = 0,014$$

$$\Delta H = \frac{\Delta e}{1 + e} * H$$

$$\Delta H = \frac{0,014}{1 + 1} * 3 \text{ m}$$

$$\Delta H = 0,021 \text{ m} = 21,24 \text{ mm}$$



Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

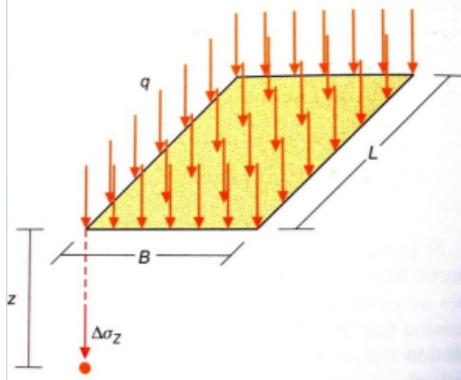
4.2 Retroalimentación

4.2 Retroalimentación

Factor de influencia cuando se desea determinar el asentamiento por consolidación primaria en una esquina de la cimentación

Table 6.7 Influence factors (I_R) for vertical stress under a corner of a uniformly-loaded rectangular area

n	m														
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.4	2.0	3.0	5.0	∞
0.1	0.0047	0.0092	0.0132	0.0168	0.0198	0.0222	0.0242	0.0258	0.0270	0.0279	0.0301	0.0311	0.0315	0.0316	0.0316
0.2	0.0092	0.0179	0.0259	0.0328	0.0387	0.0435	0.0474	0.0504	0.0528	0.0547	0.0589	0.0610	0.0620	0.0620	0.0620
0.3	0.0132	0.0259	0.0374	0.0474	0.0560	0.0630	0.0686	0.0731	0.0766	0.0794	0.0856	0.0887	0.0898	0.0901	0.0902
0.4	0.0168	0.0328	0.0474	0.0602	0.0711	0.0801	0.0873	0.0931	0.0977	0.1013	0.1094	0.1134	0.1150	0.1154	0.1154
0.5	0.0198	0.0387	0.0560	0.0711	0.0840	0.0947	0.1034	0.1104	0.1158	0.1202	0.1300	0.1350	0.1368	0.1374	0.1375
0.6	0.0222	0.0435	0.0629	0.0801	0.0947	0.1069	0.1168	0.1247	0.1310	0.1361	0.1475	0.1533	0.1555	0.1561	0.1562
0.7	0.0240	0.0474	0.0686	0.0873	0.1034	0.1168	0.1277	0.1365	0.1436	0.1491	0.1620	0.1686	0.1711	0.1719	0.1720
0.8	0.0258	0.0504	0.0731	0.0931	0.1104	0.1247	0.1365	0.1461	0.1537	0.1598	0.1739	0.1812	0.1841	0.1849	0.1850
0.9	0.0270	0.0528	0.0766	0.0977	0.1158	0.1311	0.1436	0.1537	0.1619	0.1684	0.1836	0.1915	0.1947	0.1956	0.1958
1.0	0.0279	0.0547	0.0794	0.1013	0.1202	0.1361	0.1491	0.1598	0.1684	0.1752	0.1914	0.1999	0.2034	0.2044	0.2046
1.4	0.0301	0.0589	0.0856	0.1094	0.1300	0.1475	0.1620	0.1739	0.1836	0.1914	0.2102	0.2206	0.2250	0.2263	0.2266
2.0	0.0311	0.0610	0.0887	0.1134	0.1350	0.1533	0.1686	0.1812	0.1915	0.1999	0.2206	0.2325	0.2378	0.2395	0.2399
3.0	0.0315	0.0618	0.0898	0.1150	0.1368	0.1555	0.1711	0.1841	0.1947	0.2034	0.2250	0.2378	0.2420	0.2461	0.2465
5.0	0.0316	0.0620	0.0901	0.1154	0.1374	0.1561	0.1719	0.1849	0.1956	0.2044	0.2263	0.2395	0.2461	0.2486	0.2491
∞	0.0316	0.0620	0.0902	0.1154	0.1375	0.1562	0.1720	0.1850	0.1958	0.2046	0.2266	0.2399	0.2465	0.2492	0.2500



$$m = L/z$$

$$n = B/z$$

Sugerencia: por valores intermedios en la tabla hacer una interpolación lineal

$$\Delta\sigma_z = q \times I_R \text{ (Fadum)}$$

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

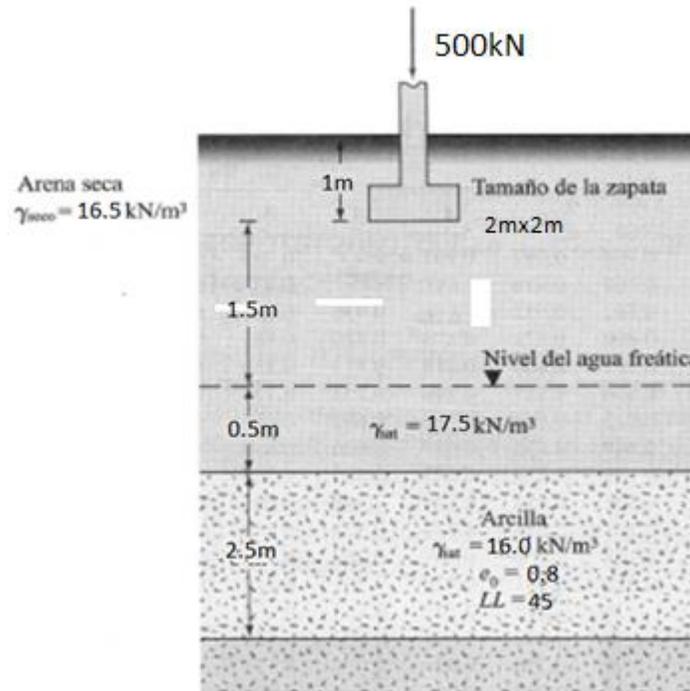
4.2 Retroalimentación

50/42

4.2 Retroalimentación

Ejercicio de repaso(asincrónico)

Calcule el asentamiento por consolidación primaria de estrato de arcilla de 2,5m de espesor que resultara de la carga tomada por una zapata rectangular de 2mx2m



Calcular la consolidación tanto a corto como largo plazo

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

4.1 Presión portante

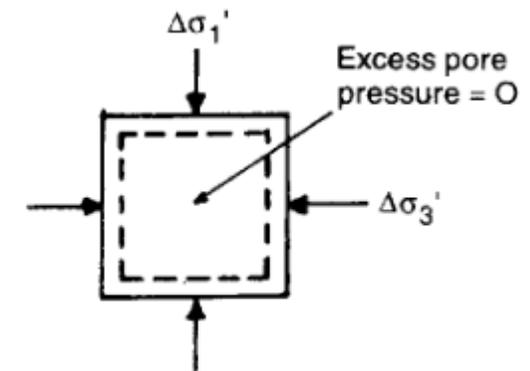
4.2 Retroalimentación

3. Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

Asentamiento por consolidación secundaria

El asentamiento por consolidación secundaria o fluencia plástica que es dependiente del tiempo y ocurre durante un periodo extenso de años después de que se ha completado la disipación del exceso de presión de poro, es decir a un valor de esfuerzo efectivo constante. Es causado por la resistencia viscosa de las partículas de suelo a un reajuste bajo compresión. Particularmente, en suelos con alto contenido orgánico, el asentamiento por consolidación secundario es el componente principal del asentamiento total

$$S_T = S_C + S_S + S_e$$



(b) Consolidation settlement

Fuente: Borselli L. 2019.

Índice

1 El problema del asentamiento

1.1 Asentamientos inmediatos por consolidación

2 Asentamientos en suelos arenosos.

3 Asentamiento en suelos arcillosos por consolidación

3.1 Aplicación de las ecuaciones de consolidación primaria.

4. Diseño geotécnico de cimentaciones aisladas

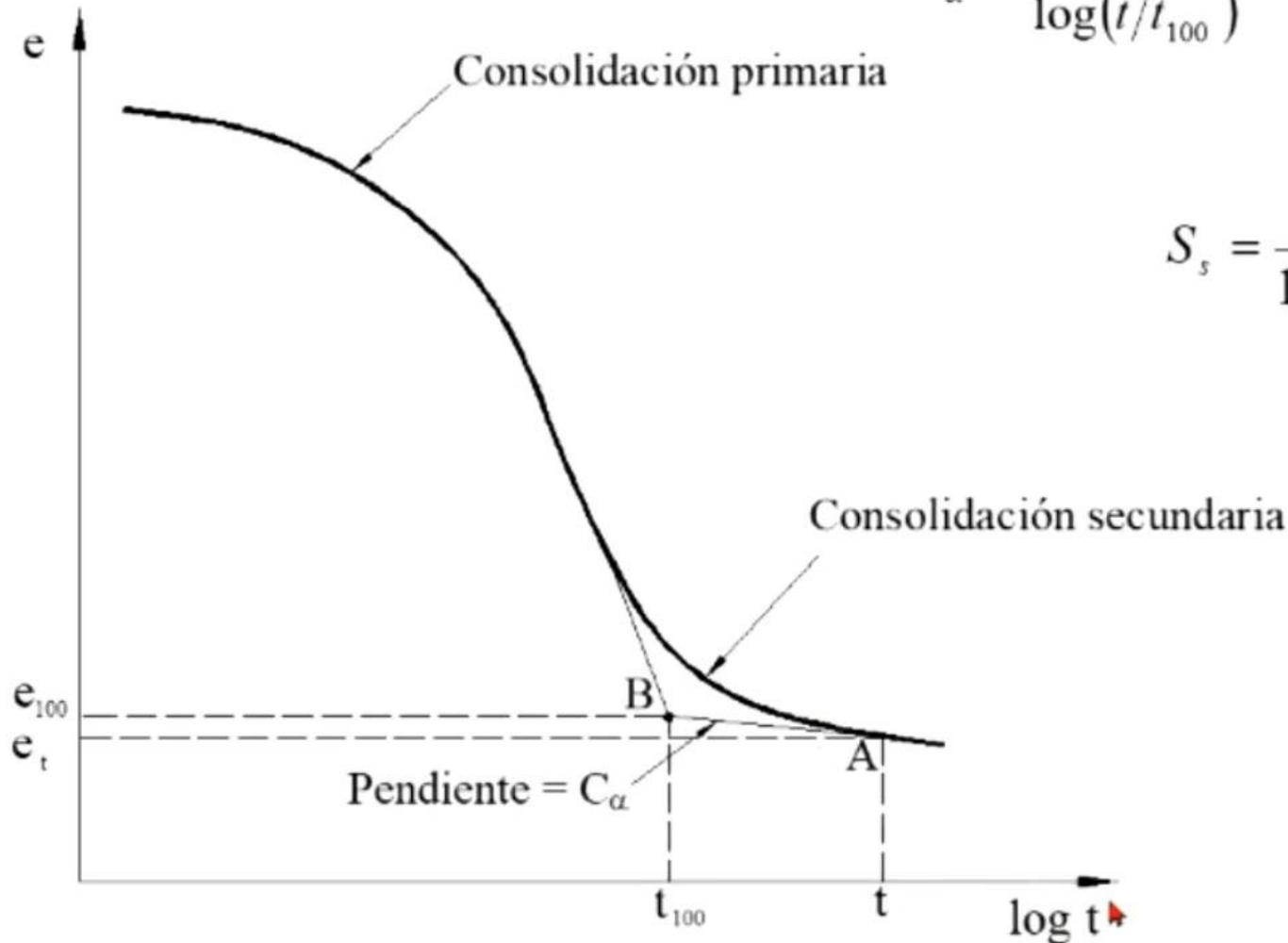
4.1 Presión portante

4.2

Retroalimentación

Asentamiento por consolidación secundaria.

$$C_{\alpha} = \frac{(e_t - e_{100})}{\log(t/t_{100})} = \frac{|\Delta e|}{\log(t/t_{100})}; t > t_{100}$$



$$S_s = \frac{H}{1 + e_{100}} C_{\alpha} \log\left(\frac{t}{t_{100}}\right)$$



Unach

FACULTAD DE CIENCIAS
DE LA EDUCACIÓN,
HUMANAS Y TECNOLOGÍAS

Libres por la Ciencia y el Saber

Unach
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

CARRERA DE
INGENIERÍA CIVIL

Asignatura: Obras Civiles.

Unidad 2:

Cimentaciones Superficiales

Curso:

Octavo Semestre.

Profesor Asignado:

Andrés Marcillo Zapata.

Periodo académico de ejecución:

2024-2s.