

ACCEDE - INGENIERÍA CIVIL

PROBLEMA N° 2

SITUACIÓN

Sobre un manto de arcilla preconsolidada se construirá un relleno de arenas finas limosas de 12,0 metros de altura. En uno de sus extremos se construirá un muro de sostenimiento de hormigón. En la figura 1 se ha dibujado el muro con sus dimensiones. Se considera que la cuña de suelo ACD actúa como peso muerto y que el empuje activo del suelo se desarrolla sobre la vertical AC.

Se prevé que el nivel freático subirá hasta una altura de 9,00 metros sobre el manto de arcillas. Se analizan dos escenarios, un primero: sin drenaje, y un segundo: con un dren en el trasdós del muro (ver figura 2).

Aclaración: La ejercitación no contempla el cálculo de todas las sollicitaciones y verificación de los equilibrios, sino que por razones de tiempo se solicitará el cálculo de algunos de ellas que involucren conceptos geotécnicos importantes.

INFORMACIÓN A TENER EN CUENTA

Muro

Altura: $H_m = 12,00$ metros

Ancho de la base: $B = 4,00$ metros

Ancho en el coronamiento: $b = 0,80$ metros

Peso del muro por metro: $W_m = 66,2$ t/m

Relleno de arenas finas limosas

Peso unitario por encima del nivel freático: $\gamma = 1,93 \text{ t/m}^3$

Peso unitario por debajo del nivel freático: $\gamma_{\text{SAT}} = 2,12 \text{ t/m}^3$

Coefficiente del empuje activo de Rankine: $K_a = 0,33$

Coefficiente del empuje pasivo de Rankine: $K_p = 3,00$

Angulo de fricción interna drenado: $\phi' = 30^\circ$

Cohesión drenada: $c' = 0,00 \text{ t/m}^2$

Arcillas preconsolidadas

Adherencia drenada entre el suelo y el hormigón: $a = 5,0 \text{ t/m}^2$

Angulo de fricción drenado entre el suelo y el hormigón: $\phi = 20^\circ$

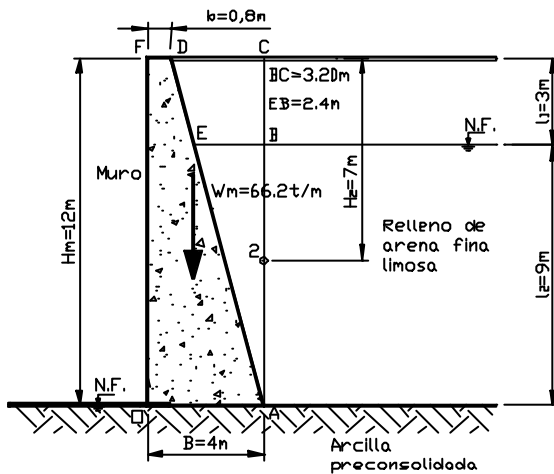


Figura 1: Escenario 1

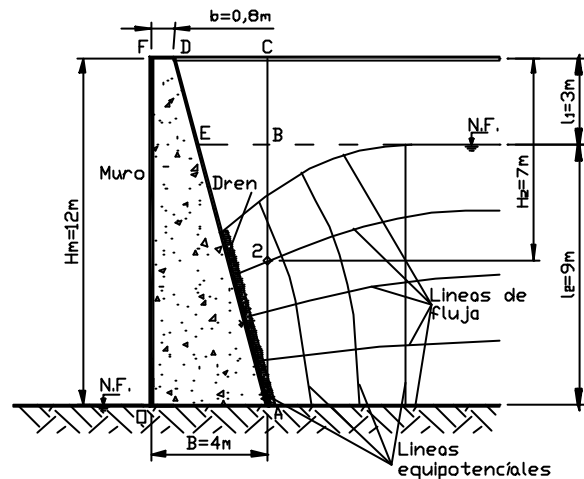


Figura 2: Escenario 2

SUBPROBLEMA 2.1

Calcular la fuerza tangencial máxima (Q_T') por metro de muro que puede desarrollarse entre la base de apoyo del muro y el manto de arcilla preconsolidada. Considerar que la cuña de suelo ACD actúa como peso muerto. Para calcular el empuje del agua o subpresión, considerar que la variación de la presión de agua entre los puntos O y A es lineal. (Primer escenario: el nivel freático constante).

RESPUESTA AL SUBPROBLEMA 2.1

Peso del suelo de la cuña ABCD

$$W_{s1} = (DC + EB)/2 \cdot l_1 \cdot \gamma = (3,20 \text{ m} + 2,40 \text{ m})/2 \cdot 3,00 \text{ m} \cdot 1,93 \text{ t/m}^3 = 16,2 \text{ t/m}$$

$$W_{s2} = (EB \cdot l_2)/2 \cdot \gamma_{\text{SAT}} = (2,40 \text{ m} \cdot 9,00 \text{ m})/2 \cdot 2,12 \text{ t/m}^3 = 22,9 \text{ t/m}$$

Peso total

$$W_T = W_m + W_{S1} + W_{S2} = 66,2 \text{ t/m} + 16,2 \text{ t/m} + 22,9 \text{ t/m} = 105,3 \text{ t/m}$$

Empuje del agua o subpresión

$$W_w = (\gamma_w \cdot l_2 - 0)/2 \cdot B = (1,00 \text{ t/m}^3 \cdot 9,00 \text{ m})/2 \cdot 4,00 \text{ m} = 18,0 \text{ t/m}$$

Fuerza tangencial efectiva en el contacto muro - suelo

$$Q_T' = a \cdot B + (W_T - W_w) \cdot \text{tg } \phi = 5,0 \text{ t/m}^2 \cdot 4,00 \text{ m} + (105,3 \text{ t/m} - 18,0 \text{ t/m}) \cdot 0,36 = \\ = 20,0 \text{ t/m} + 31,4 \text{ t/m} = 51,4 \text{ t/m}$$

$$Q_T' = 51,4 \text{ t/m}$$

SUBPROBLEMA 2.2

Calcular las presiones verticales totales y efectivas en algunos puntos ubicados sobre la vertical AC. Calcular dichas presiones en los puntos los puntos B y A (σ_B , σ_B' , σ_A , y σ_A'). (Primer escenario)

RESPUESTA AL SUBPROBLEMA 2.2

$$\sigma_B = \gamma \cdot l_1 = (1,93 \text{ t/m}^3 \cdot 3,00 \text{ m}) = 5,8 \text{ t/m}^2$$

$$u_B = \gamma_w \cdot l_1 = 1,00 \text{ t/m}^3 \cdot 0,00 \text{ m} = 0,0 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_B' = \sigma_B - u_B = 5,8 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_A = \gamma \cdot l_1 + \gamma_{SAT} \cdot l_2 = (1,93 \text{ t/m}^3 \cdot 3,00 \text{ m}) + (2,12 \text{ t/m}^3 \cdot 9,0 \text{ m}) = 24,9 \text{ t/m}^2$$

$$u_A = \gamma_w \cdot l_2 = 1,00 \text{ t/m}^3 \cdot 9,00 \text{ m} = 9,0 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_A' = \sigma_A - u_A = 15,9 \text{ t/m}^2$$

SUBPROBLEMA 2.3

Calcular las presiones activas horizontales efectivas según la teoría de Rankine ($\sigma_H = K \cdot \sigma_V$) en los puntos B y 2 (σ_{aB} , σ_{a2}). (Primer escenario).

RESPUESTA AL SUBPROBLEMA 2.3

$$\sigma_{aA}' = K_a \cdot \gamma \cdot l_1 = 0,33 \cdot 1,93 \text{ t/m}^3 \cdot 3,0 \text{ m} = 1,91 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{a2}' = K_a \cdot [(\gamma \cdot l_1) + \gamma' \cdot (H_2 - l_1)] = 0,33 \cdot [5,8 \text{ t/m}^2 + 4,5 \text{ t/m}^2] = 3,4 \text{ t/m}^2$$

SUBPROBLEMA 2.4

Calcular el empuje activo total por metro (E_a) en la vertical AC (según Rankine) y el empuje del agua por metro (E_w) en dicha vertical.(Primer escenario)

RESPUESTA AL SUBPROBLEMA 2.4

Empuje del suelo por encima del nivel freático

$$E_1 = \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot \gamma \cdot l_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,33 \cdot 1,91 \text{ t/m}^3 \cdot 3,00^2 \text{ m}^2 = 2,9 \text{ t/m}$$

Empuje debajo del nivel freático, debido al peso del suelo superior

$$E_2 = K_a \cdot \gamma \cdot l_1 \cdot l_2 = 0,33 \cdot 1,93 \text{ t/m}^3 \cdot 3,00 \cdot 9,00 = 17,2 \text{ t/m}$$

Empuje debido al suelo sumergido

$$E_3 = \frac{1}{2} K_a \cdot \gamma' \cdot l_2^2 = \frac{1}{2} 0,33 \cdot 1,12 \text{ t/m}^3 \cdot 9,00^2 \text{ m}^2 = 15,0 \text{ t/m}$$

Empuje activo total

$$E_T = E_1 + E_2 + E_3 = 2,9 \text{ t/m} + 17,2 \text{ t/m} + 15,0 \text{ t/m} = 35,1 \text{ t/m}$$

Empuje del agua

$$E_w = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot l_2^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,0 \text{ t/m}^3 \cdot 9,00^2 \text{ m}^2 = 40,5 \text{ t/m}$$

SUBPROBLEMA 2.5

Se ha diseñado un dren que permite un descenso de 3,00 metros del nivel freático, respecto del escenario 1. En la figura 2 se ha dibujado esquemáticamente la red de flujo correspondiente. Calcular la presión hidrodinámica del agua en el punto 2, ubicado a -7,00 metros por debajo del nivel del relleno (u_2). (Segundo escenario)

RESPUESTA AL SUBPROBLEMA 2.5

$$\Delta h = \text{Pérdida de carga/Número de espacios equipotenciales} = 3,00 \text{ m} / 3 = 1,00 \text{ m}$$

$$n = \text{número de espacios equipotenciales de pérdida entre la entrada y el punto considerado} = 2,25$$

$$u_2 = (H_2 - l_1 - n \cdot \Delta h) \gamma_w = (7,0 \text{ m} - 3,00 \text{ m} - 2,25 \cdot 1,00 \text{ m}) = 1,75 \text{ t/m}^2$$