

CÁLCULO DE LA ALTURA CRÍTICA DE UN SUELO COHESIVO A CORTO PLAZO

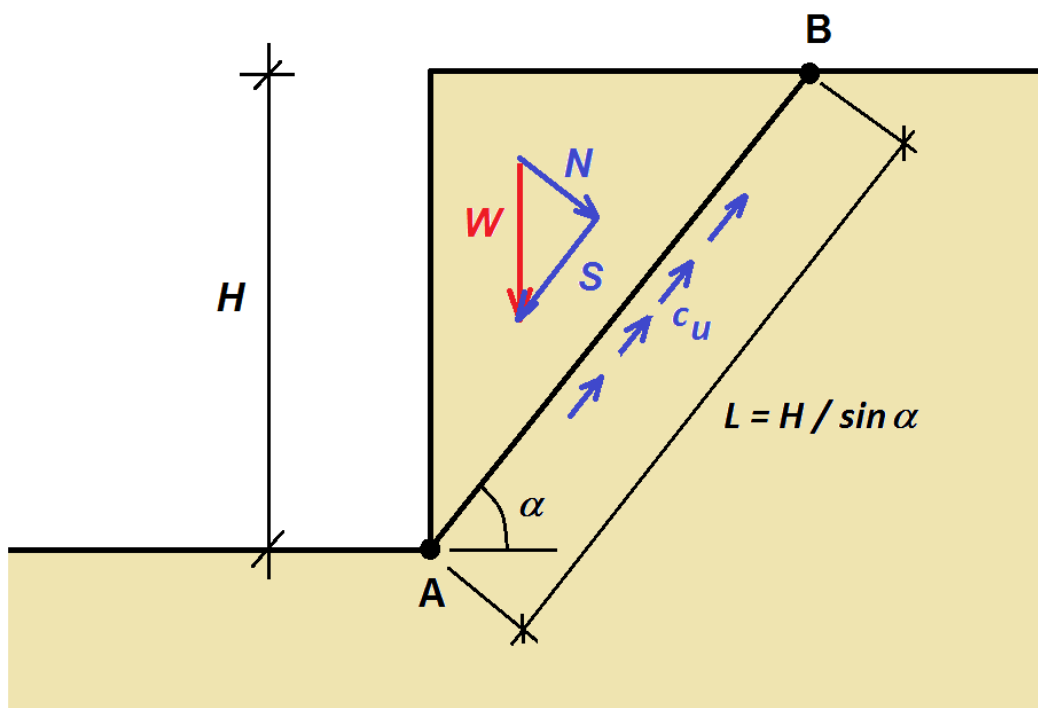
Procedimientos de construcción. Prof. Víctor Yepes

PROBLEMA. Se quiere determinar la altura crítica máxima a corto plazo (condiciones no drenadas) de un suelo arcilloso de consistencia media cuyo peso específico es $\gamma = 21,50 \text{ kN/m}^3$ y una cohesión no drenada $c_u = 49,65 \text{ kPa}$. Se supone una superficie horizontal tanto en el plano superior como inferior de la excavación.

Solución:

Los suelos con una reducida permeabilidad, del orden de $K = 10^{-4} \text{ cm/s}$ o menos, su estabilidad debe analizarse a corto plazo. Son horas o días tras la excavación. Se trata de condiciones no drenadas, donde no se tiene en cuenta el rozamiento del suelo.

En la figura que sigue se puede analizar la estabilidad de un corte vertical estableciendo las condiciones de equilibrio de una cuña de terreno que pasa por el pie del desmante (punto A).



El coeficiente de seguridad del equilibrio de la cuña se puede expresar como el cociente entre el máximo esfuerzo de corte movilizado en el plano de rotura AB y el esfuerzo de corte provocado por el peso del terreno por encima de dicho plano.

$$F.S. = \frac{L \cdot c_u}{S} = \frac{H \cdot c_u}{S \cdot \sin \alpha}$$

Expresando S en función del peso de la cuña W, tenemos:

$$S = W \cdot \sin \alpha = \frac{1}{2} H \cdot \frac{H}{\tan \alpha} \cdot \gamma \cdot \sin \alpha = \frac{1}{2} \gamma H^2 \cos \alpha$$

De esta forma, el factor de seguridad sería:

$$F.S. = \frac{H \cdot c_u}{S \cdot \sin \alpha} = \frac{H \cdot c_u}{\frac{1}{2} \gamma H^2 \cos \alpha \sin \alpha} = \frac{c_u}{\gamma H} \cdot \frac{2}{\sin \alpha \cos \alpha} = \frac{c_u}{\gamma H} \cdot \frac{4}{\sin(2\alpha)}$$

Vamos a calcular el ángulo α que hace mínimo el coeficiente de seguridad, para ello derivamos e igualamos a cero.

$$\frac{d(F.S.)}{d\alpha} = 0$$

Cuyo mínimo es $\alpha = \pi/4$. De esta forma:

$$F.S. = \frac{c_u}{\gamma H} \cdot \frac{4}{\sin(\pi/2)} = \frac{4c_u}{\gamma H}$$

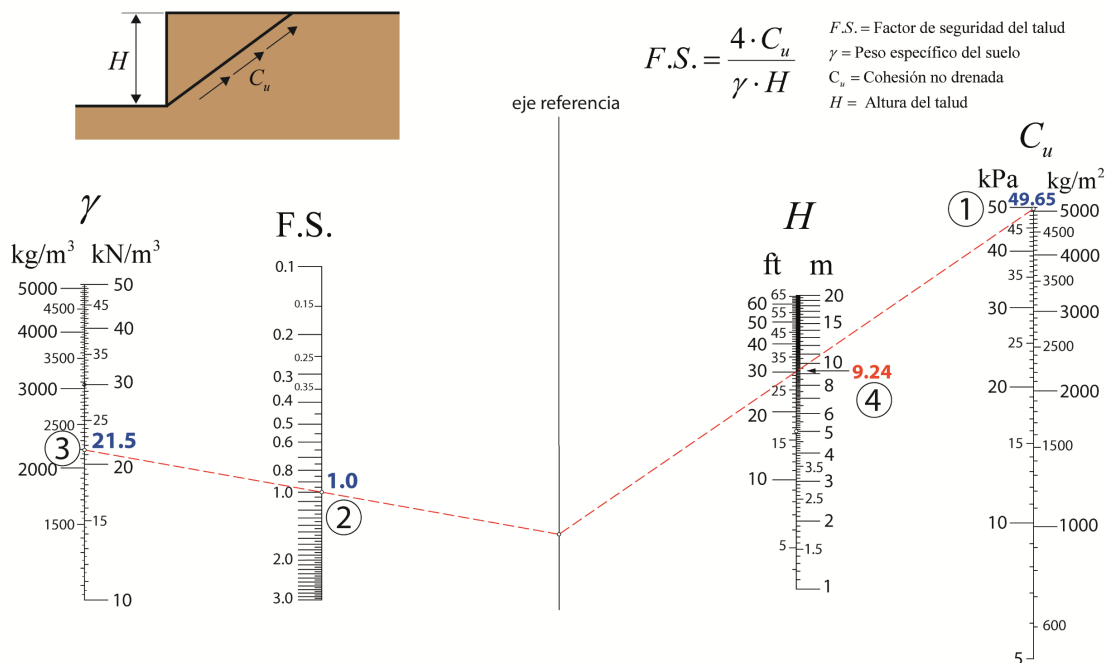
Se hace notar que esta expresión es la particularización del caso general de la altura crítica para un suelo drenado (largo plazo), donde $c' = c_u$ y $\varphi' = 0$.

$$h_{crit} = \frac{4 \cdot c'}{\gamma} \cdot \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi'}{2}\right)$$

En el caso que nos ocupa, la máxima altura crítica sería aquella en la que el coeficiente de seguridad es la unidad, es decir, una condición de rotura estricta. En ese caso,

$$h_{crit} = \frac{4 \cdot c_u}{\gamma} = \frac{4 \cdot 49,65}{21,50} = 9,24 \text{ m}$$

También es posible calcular la altura crítica con un nomograma.



Nomograma para el cálculo de la altura crítica de un suelo cohesivo a corto plazo

No obstante lo anterior, este es un caso muy simple que permite resolver de forma sencilla la rotura del suelo. La realidad es más compleja, siendo necesario utilizar métodos más generales de análisis que permitan superficies de rotura curvas, perfiles más complicados del terreno y regímenes hidráulicos determinados. Para ello se remite al lector al estudio de los métodos de equilibrio límite.

Referencias:

YEPES, V. (2020). **Procedimientos de construcción de cimentaciones y estructuras de contención.** Colección Manual de Referencia, 2ª edición. Editorial Universitat Politècnica de València, 480 pp. Ref. 328. ISBN: 978-84-9048-903-1.

YEPES, V. (2021). **Procedimientos de construcción para la compactación y mejora del terreno.** Colección Manual de Referencia, 1ª edición. Editorial Universitat Politècnica de València, 426 pp. Ref. 428. ISBN: 978-84-9048-603-0.



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).