

LAS ARCILLAS ARENOSAS DE SEVILLA

Por PLACIDO ALVAREZ FIDALGO,
Ingeniero de Caminos.

Presenta el autor la aplicación del método sueco para determinar el ángulo de rozamiento interno y la cohesión del terreno al caso de unas excavaciones ejecutadas en Sevilla en las obras de ampliación de la central térmica de Guadaira, comprobando la eficacia del método.

Las características mecánicas de las arcillas arenosas que el río Guadalquivir ha depositado en la parte baja de su valle en el transcurso del tiempo, son de sobra conocidas, por la experiencia sacada en numerosas obras en ellas realizadas. En el artículo publicado por la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS en febrero de 1941 de D. José Entrecanales, en el cual se exponía el método sueco de cálculo de taludes, hay un ejemplo sacado de la excavación del colector del alcantarillado de Sevilla y al cual nos referiremos luego.

A continuación exponemos una comprobación más, deducida del estudio de los taludes de las excavaciones ejecutadas en las obras de la ampliación de la Central térmica de Guadaira, situada entre el Canal de Alfonso XIII y la desviación del río Guadaira (ver figura 1.^a).

La cota del terreno en el emplazamiento de dicha obra es sensiblemente la cota + 11,00. La excavación se bajó en su parte más profunda a la cota + 3,00. La excavación se hizo con talud 1 : 1 por decisión de la dirección de obra, en vista de las dificultades planteadas por los desprendimientos en la construcción de la primera Central, en que dichos taludes se hicieron 5 : 1.

El terreno, según se indica en la figura 2.^a, está formado por una primera capa de unos 6,50 m. de

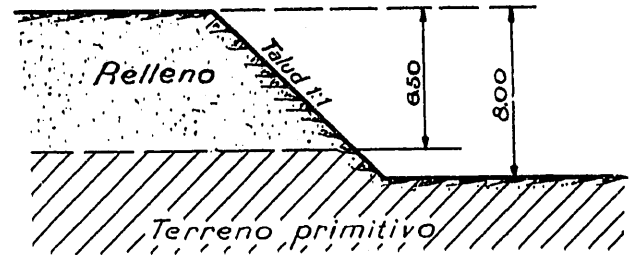


Figura 2.^a

relleno procedente de las excavaciones del Canal de Alfonso XIII, efectuado en los años del 1913 al 1918. A continuación está el terreno virgen en aquellas fechas.

Las características de las capas son las mismas, ambas son arcillas arenosas depositadas por el río en sus avenidas, con la diferencia que el relleno, pese a su antigüedad, está naturalmente menos consolidado que el terreno primitivo.

Para nuestro estudio vamos a suponer el terreno uniforme.

La excavación quedó terminada en octubre del año anterior.

Los taludes se mantuvieron en perfectas condiciones hasta febrero de este año, en el cual, según se

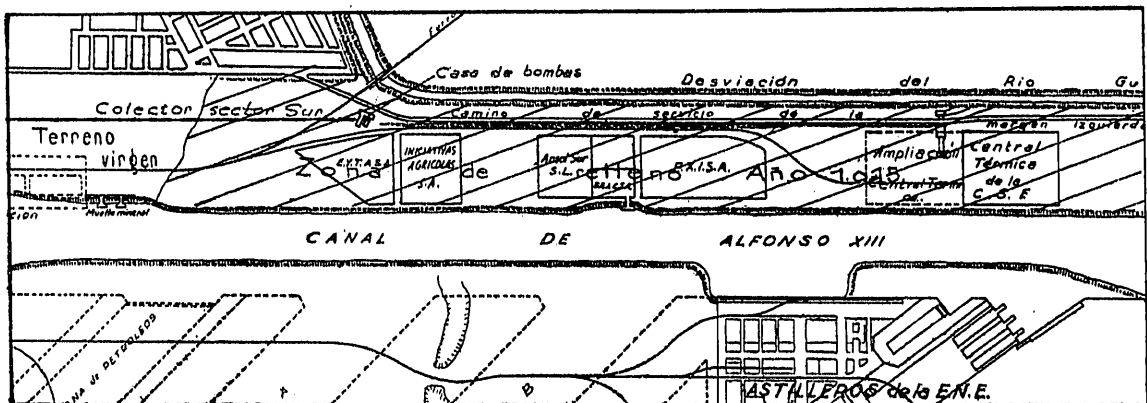


Figura 1.^a

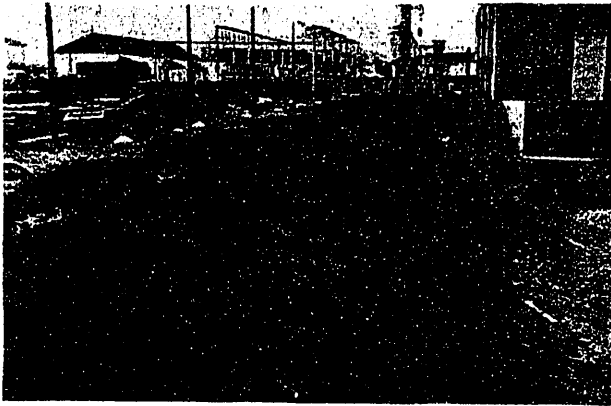


Foto 1.^a

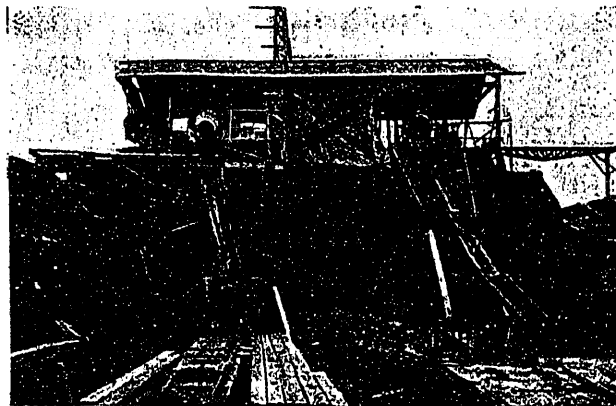


Foto 2.^a

aprecia en las fotos 1.^a y 2.^a, se iniciaron corrimientos superficiales, uno en el lado Este y otro en el lado Norte. En el primer lado el talud medio, en la zona del corrimiento más importante, era ligeramente superior a los 45°, tal como se indica en la figura 3.^a.

En el lado Norte, como se aprecia en la foto 2.^a, el talud se encuentra sobrecargado por la instalación de hormigonado. En el resto del lado Norte el talud se mantiene prácticamente bien y está en la relación 1 : 1.

Por todas estas razones no consideramos aventurado tomar el talud 1 : 1 como talud límite para la altura citada de 8 m.

A finales del mes de enero se efectuó también la excavación de un canal para tuberías de fuel-oil, con profundidad de 2,50 m. y talud del 2 : 1, el cual se ha mantenido con ligeros desprendimientos, que no se aprecian en la foto 3.^a por estar ya terminada la obra en la parte en que se produjeron. Esta excavación queda entera en el relleno del año 1915. Formaremos este segundo talud como talud límite.

Con dos taludes límites estamos en condiciones de determinar el ángulo de rozamiento interno y la cohesión del terreno, con alguna aproximación.

Vamos a aplicar el método sueco primeramente en la hipótesis de superficie de deslizamiento plana, que en el caso de taludes fuertes es más aproximada que en el de taludes tendidos.

A continuación emplearemos la hipótesis de superficie deslizante círculo de pie, más ajustada a la realidad según se puede apreciar en las fotografías,



Foto 3.^a

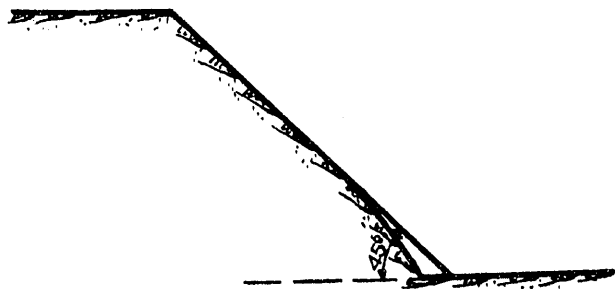


Figura 3.^a

Hipótesis plana.

$$\gamma = 1,7; \quad h = 8,00; \quad \theta = 45^\circ; \quad h_1 = 2,50; \quad \text{tg } \theta_1 = 2; \\ \theta_1 = 63^\circ 26'.$$

La altura máxima de equilibrio para una cohesión K , un ángulo de rozamiento interno φ y un ángulo de talud θ es:

$$h = \frac{2K}{\gamma} \cdot \frac{\text{sen } \theta \cos \varphi}{\text{sen}^2 \frac{1}{2} (\theta - \varphi)}$$

para otro talud:

$$h_1 = \frac{2K}{\gamma} \cdot \frac{\text{sen } \theta_1 \cos \varphi}{\text{sen}^2 \frac{1}{2} (\theta_1 - \varphi)}$$

$$\frac{h}{h_1} = \frac{\text{sen } \theta \text{ sen}^2 \frac{1}{2} (\theta_1 - \varphi)}{\text{sen } \theta_1 \text{ sen}^2 \frac{1}{2} (\theta - \varphi)}$$

$$\sqrt{\frac{h}{h_1} \frac{\text{sen } \theta}{\text{sen } \theta_1}} = \frac{\text{sen } \frac{\theta_1}{2} \cos \varphi - \cos \frac{\theta_1}{2} \text{sen } \frac{\varphi}{2}}{\text{sen } \frac{\theta}{2} \cos \varphi - \cos \frac{\theta}{2} \text{sen } \frac{\varphi}{2}} = \\ = \frac{\text{sen } \frac{\theta_1}{2} - \cos \frac{\theta_1}{2} \text{tg } \frac{\varphi}{2}}{\text{sen } \frac{\theta}{2} - \cos \frac{\theta}{2} \text{tg } \frac{\varphi}{2}}$$

y

$$\text{tg } \frac{\varphi}{2} = \frac{\sqrt{h \text{tg } \frac{\theta}{2}} - \sqrt{h_1 \text{tg } \frac{\theta_1}{2}}}{\sqrt{h \text{ctg } \frac{\theta}{2}} - \sqrt{h_1 \text{ctg } \frac{\theta_1}{2}}}$$

Sustituyendo valores:

$$\text{tg } \frac{\varphi}{2} = \frac{\sqrt{8 \text{tg } 22^\circ 30'} - \sqrt{2,50 \text{tg } 31^\circ 43'}}{\sqrt{8 \text{ctg } 22^\circ 30'} - \sqrt{2,50 \text{ctg } 31^\circ 43'}} = 0,244;$$

$$\varphi = 27^\circ 25';$$

$$K = \frac{\gamma h \text{sen}^2 \frac{1}{2} (\theta - \varphi)}{2 \text{sen } \theta \cos \varphi} = \frac{1,70 \times 8,00 \text{sen}^2 \frac{1}{2} \cdot 17^\circ 35'}{2 \frac{\sqrt{2}}{2} \cos 27^\circ 25'} = \\ = 0,25 \text{ Tm./m}^2.$$

$$\text{Hipótesis plana} = 27^\circ 25'; \quad K = 0,25 \text{ Tm./m}^2.$$

Hipótesis círculo de pie.

Usamos el ábaco de Fellenius (fig. 4.^a) incluido en el artículo de la Revista anteriormente citado, que relaciona la cohesión relativa, $\text{tg } \theta$ y $\text{tg } \varphi$:

$$\frac{h}{h_1} = \frac{8}{2,50} = 3,20; \quad \text{tg } \varphi = 0,519; \quad \text{tg } \theta = 1; \quad \text{tg } \theta_1 = 2.$$

Como las cohesiones relativas está en razón inversa de la altura

$$\frac{K_{01}}{K_0} = \frac{\frac{c}{\gamma h_1}}{\frac{c}{\gamma h}} = \frac{h}{h_1} = 3,2;$$

construyendo la curva $K_0 \times 3,2$ homotética de la $\text{tg } \theta = 1$, donde corte a la $\text{tg } \theta = 2$ obtendremos el φ del terreno y la cohesión relativa.

Obtenemos así:

$$\text{tg } \varphi = 0,68; \quad \varphi = 34^\circ; \quad K_0 = 0,06.$$

$$K = \gamma h; \quad K_0 = 1,7 \times 2,5; \quad 0,06 = 0,25 \text{ Tm./m}^2.$$

Hipótesis circular:

$$\varphi = 34^\circ; \quad K = 0,25 \text{ Tm./m}^2.$$

Los valores que en su citado artículo daba D. José Entrecanales eran con taludes más fuertes que los observados por nosotros:

$$\varphi = 33^\circ; \quad K = 0,51 \text{ Tm./m}^2.$$

Vemos que en la hipótesis circular el ángulo de rozamiento interno coincide prácticamente y la cohesión, sin embargo, es del orden de la mitad. La explicación es bien clara:

La zona en que está enclavada la Central térmica (ver fig. 1.^a) es de relleno, mientras que la traza del colector va, salvo un pequeño tramo, en la proximidad de la casa de bombas, en el terreno virgen, y aunque ambos sean de las mismas características, la cohesión debe ser mayor en el segundo que en el primero, que está menos consolidado. El cálculo ha reflejado esta diferencia claramente.

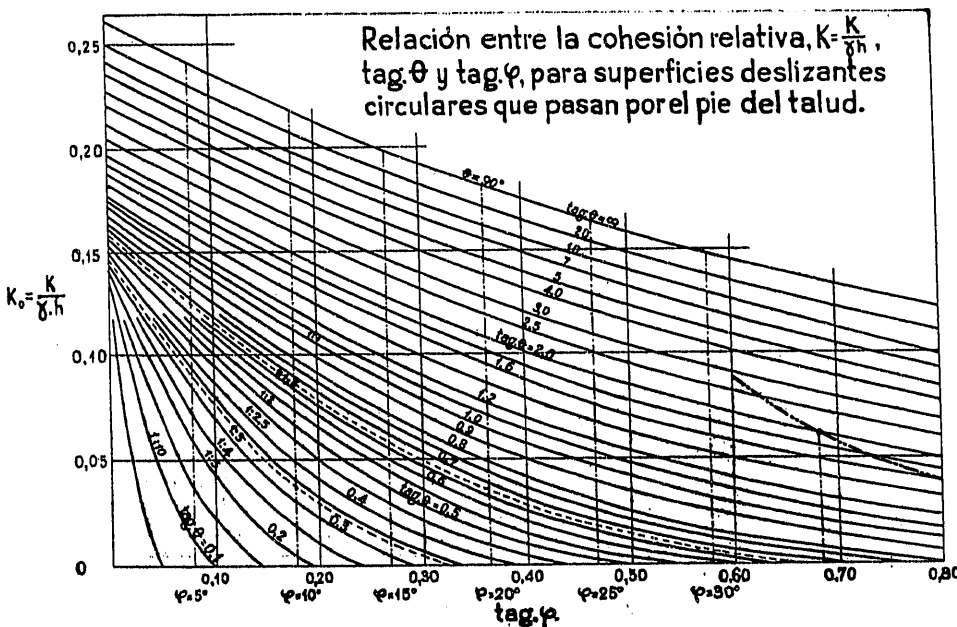


Figura 4.^a