

Estudio de las presas vertedero

En los proyectos de las presas vertedero se procede ordinariamente por tanteos, hasta llegar a un perfil de presa que satisfaga a las condiciones siguientes:

Ausencia de esfuerzos de tracción.

Estabilidad > 2 .

Condición de no deslizamiento.

Presión máxima admisible.

Es frecuente limitarse, en obras de poca importancia, a comprobar que se cumplen estas condiciones en la base de la obra, y en general, basta con que se cumpla la primera para que las otras se cumplan también.

Nos proponemos determinar *a priori* el perfil de la obra de modo que satisfaga a las condiciones indicadas en todas las secciones, con el volumen mínimo de fábrica.

Supondremos que la presa es de sección trapezoidal con la cara mojada vertical, y admitiremos, como de ordinario, que la carga de agua sobre la misma es igual a su altura, más el espesor de la lámina ver-

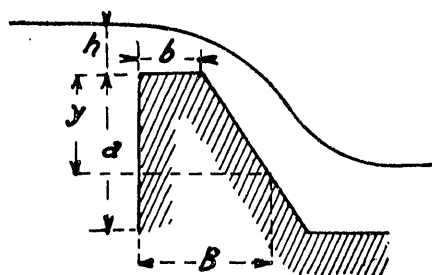


Fig. 1.a

tedera. Supondremos también que el cimiento de la obra es de roca y no exige la adopción de medidas especiales para evitar socavaciones.

Nos referiremos para nuestro estudio a la figura 1.a, en la que hemos representado una presa de perfil trapezoidal de altura a con una lámina vertical de altura h .

Determinemos primero el espesor e , de una presa de sección rectangular y altura y ; se tiene para ello: el momento debido al peso del agua es

$$M = \frac{\gamma^3}{6} + \frac{h\gamma^2}{2} \quad [1]$$

(por unidad de longitud).

La condición de tracción nula exige

$$M = P \frac{e}{6} \quad [2]$$

Siendo P el peso (por unidad de longitud). En este caso $P = K\gamma$, siendo K el peso de la unidad de volumen de la fábrica empleada.

Si tomamos para M el valor [1] K debe referirse al peso por unidad de volumen del agua del río.

De [1] y [2] se deduce

$$e^2 = \frac{\gamma^2 + 3h\gamma}{K} \quad [3]$$

Ahora bien, la sección trapezoidal de espesor b en la coronación equivalente a la rectangular de espesor e debe tener para la altura y , un espesor en la base dado por la relación

$$B = -\frac{b}{2} + \sqrt{1,25b^2 + e^2} \quad [4]$$

Sustituamos en ella e^2 por su valor [3] y se tiene

$$B = -\frac{b}{2} + \sqrt{1,25b^2 + \frac{\gamma^2 + 3h\gamma}{K}} \quad [5]$$

Si fijamos b y hacemos $y = a$, el valor correspondiente de B será el necesario para que se cumpla la condición de tracción nula (y por tanto las demás) en la base de la presa; pero puede darse el caso de que no se cumpla en otra de las secciones de la misma. Para asegurarnos de ello seguiremos la marcha siguiente:

Hagamos $K = 2$ para tener en cuenta el aumento de densidad del agua del río debida a los acarreo, y hagamos también $b = ah$, $y = 3h$, $B = bny$. Sustituyendo estos valores en [5] se tiene

$$n = \frac{1}{\beta} \sqrt{1,25a^2 + \frac{\beta^2}{2} + 1,5\beta - 1,5\frac{a}{\beta}}$$

Se trata de determinar el valor de y para el cual n es máximo, partiendo de un valor determinado de b , o lo que es lo mismo, el que hace mínimo b para un valor determinado de n . Para ello, hagamos $\frac{a}{\beta} = \gamma$

$$n = \gamma \sqrt{1,25 + \frac{0,5}{\gamma^2} + \frac{1,5}{\gamma} - 1,5\gamma}$$

y

$$\alpha = \frac{1,5\gamma}{(n + 1,5\gamma)^2 - 1,25\gamma^2 - 0,5} = \frac{1,5\gamma}{n^2 + \gamma^2 + 3n\gamma - 0,5} \quad [6]$$

Halleemos el máximo de α haciendo $\frac{d\alpha}{d\gamma} = 0$, lo cual da

$$\gamma = \sqrt{n^2 - 0,5} \quad [7]$$

Sustituyendo este valor de γ en [6] se tiene

$$\alpha = \frac{1,5}{2\sqrt{n^2 - 0,5} + 3n} \quad [8]$$

Hemos supuesto que se parte de un valor arbitrario de b (y por tanto de a), pero es más racional adoptar el valor correspondiente al volumen de fábrica mínimo. Dicho volumen viene dado por

$$\frac{ah + ah + na}{2} a = \delta h^2 \left(\alpha + \frac{n\delta}{2} \right)$$

siendo $\delta = \frac{a}{h}$

Hay que hallar, por tanto, el mínimo de $a + \frac{n\delta}{2}$ [9]

Eliminemos n utilizando la ecuación [8], de la que se deduce

$$n = \frac{0,9}{a} - \sqrt{\frac{0,36}{a^2} - 0,4}$$

La expresión [9] se transforma en

$$a + \delta \left[\frac{0,45}{a} - 0,5 \sqrt{\frac{0,36}{a^2} - 0,4} \right]$$

Igualando a cero la derivada con relación a a se tiene

$$\frac{1}{\delta} = \frac{1}{a^2} \left[0,45 - \frac{0,18}{0,36 - 0,4a^2} \right] \quad [10]$$

Las ecuaciones [8] y [10], traducidas gráficamente, resuelven el problema. La [10] da a en función de δ y la [8] n en función de a con lo que queda comple-

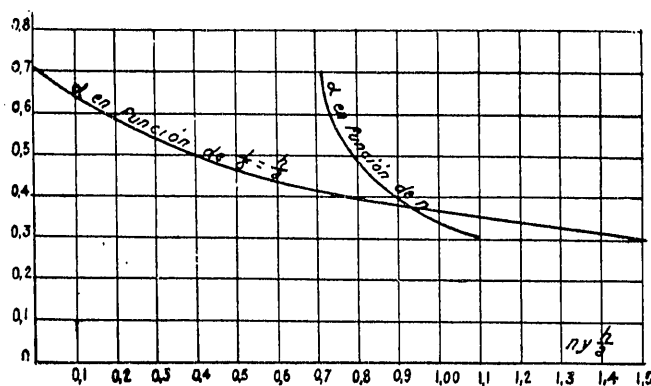


Fig. 2.a

tamente determinado el perfil de la obra. Hemos trazado en la figura 2.^a las curvas correspondientes cuyas abscisas son n y $\frac{1}{\delta} = \frac{h}{a}$, respectivamente, y las ordenadas $a = \frac{b}{h}$.

Observaciones

1.^a Para $h = 0$, $b = 0$ y $n = 0,707$, es decir, que nos da el perfil triangular de tracción nula correspondiente a la densidad supuesta para el agua, que es fácil deducir directamente por la conocida relación $n = \sqrt{\frac{1}{K}}$.

2.^a En el valor de h conviene tener en cuenta la acción dinámica del agua sobre la presa añadiendo al espesor de la lámina de agua vertiente la cantidad $\frac{v^2}{g}$ (v velocidad del agua). Los valores de $\frac{h}{a}$ debidos a la carga estática no pueden pasar de 1, porque la presa queda sumergida y el desnivel creado por la misma es en este caso menor que su altura. Hemos prolongado los valores de $\frac{h}{a}$ hasta 1,5 para tener en cuenta el aumento de carga debido a la velocidad.

3.^a El perfil trapezoidal determinado en la forma indicada es un perfil mínimo y sólo puede aplicarse con ligeras modificaciones, tales como el redondeo de las aristas para facilitar el paso del agua para alturas pequeñas de presa; es decir, hasta unos cuatro metros. Para alturas mayores es prudente adoptar perfiles reforzados, para cuyo estudio se cuenta con la subpresiones. Además, convendrá, en las presas de altura mayor que la supuesta con láminas vertientes de espesor considerable, adoptar un perfil que se ajuste a la forma de la vena de agua, a fin de evitar las depresiones que de otro modo pudieran originarse, y las trepidaciones consiguientes debidas a la inestabilidad de la vena vertiente que pudieran ser perjudiciales a la conservación de la obra. En el tratado de presas de William Pittther Creager (1) se estudian algunos ejemplos interesantes de presas con arreglo a estas normas.

Carlos LAFFITTE
Ingeniero industrial

(1) *Engineering for Masonry Dams*. New York. John Wiley & Sons.

Disposición que convendría adoptar en las señales de protección de las estaciones ferroviarias para mayor seguridad en la circulación de trenes

Sabido es que todas las estaciones de ferrocarriles, puntos de bifurcación y de cruce de líneas se hallan protegidos por señales de vista (discos avanzados, de parada absoluta, semáforos, etc.), variables, en cuanto a sus formas y funcionamiento, en las distintas compañías, pero con un fin único en todas ellas, cual es el de poner de manifiesto al personal los movimientos compatibles e incompatibles en la circulación de trenes.

La eficacia de esta protección depende realmente del cuidado que se ponga en la observación de estas señales, hasta tal punto, que si los agentes a quie-

nes se trata de hacer las indicaciones, bien por negligencia u otra causa cualquiera, no las perciben, dicha eficacia es completamente nula. De nada sirve, por ejemplo, que un disco de parada absoluta se halle en posición de alto, indicando un peligro y ordenando al maquinista que efectúe la parada del tren, si este agente no se da cuenta de la señal. El convoy seguirá su marcha sin encontrar obstáculo alguno hasta producirse el accidente. La señal, en este caso, indica un peligro, pero no lo evita.

Si se hiciese una estadística de las catástrofes ferroviarias ocurridas en las estaciones y se anotaran