

trabajos de arquitectura, más bien que á otro versado en carreteras.

No existen camineros; en algunos distritos se considera esta ocupación muy baja, y se acepta, como dicen allí, antes que ir al hospital, ó Casa de trabajo (*Workhouse*); el salario es pequeño, y, por lo tanto, no acuden los mejores obreros.

Para las expropiaciones, los procedimientos son insuficientes é incómodos. No existe hoy en día ningún procedimiento administrativo para la construcción de carreteras importantes.

Desde la abolición del peaje no se ha construído en Inglaterra ninguna carretera importante, es decir, que unan dos villas distintas.

En 1905-6 los Consejos de los Condados gastaron en conservación y mejora de 27.556 millas (44.089 kilómetros) 62.228.425 francos, lo que daría un promedio, de existir la unidad, de 1.411 francos por kilómetro; pero teniendo en cuenta 4.100 millas de distritos urbanos y 23.456 de rurales, resulta para los intereses que tiene á su cargo los Consejos de los Condados gasta 1.140 francos por kilómetro, mientras que los causados por los distritos urbanos gasta 3.530 francos por kilómetro y 1.070 francos por kilómetro los distritos rurales.

Los gastos vienen en aumento estos últimos años, y tan rápidamente, que del año 1895 al 1906 ha sido de 31 por 100 para las rurales y 9 para las urbanas.

Indicaremos los gastos de algunos Condados:

Essex, próximo á Londres, es 2.600 millas, de las que 189 kilómetros de carreteras urbanas principales y 1.084 kilómetros rurales principales, tiene un gasto medio de 4.160 francos por kilómetro teniendo para este servicio un Ingeniero, un Ayudante principal, dos empleados y 10 Subinspectores.

Redford, 3.000 francos por kilómetro; *Chester*, 2.640; *Deronn*, 1.300; *Kent*, 6.400; *Lancaster*, 6.000; *Sahop*, 1.390; *Warwick*, 2.750.

El Condado de *Kent* es uno de los que más se ocupa y preocupa de sus carreteras, habiendo votado el Consejo grandes créditos para la conservación de sus 960 kilómetros; desde 1905 viene ensayando varios sistemas para suprimir el polvo; para esto ha gastado 100.000 francos en alquitranados en 1907 y ha continuado en 1908, teniendo en la actualidad 320 kilómetros en perfecto estado.

En los siete Condados próximos á Londres, el gasto de conservación ha aumentado en 35 por 100 en los últimos cinco años, y sólo en 1907 el aumento llegó á 48 por 100, aumento exigido por el tránsito de automóviles, cuyo número ascendió en 1904 á 51.549, y en 1907, ó sea tres años después, el número de automóviles matriculados ascendía á 123.973.

En Londres los automóviles declarados ascienden á 30.492.

Se puede ver, por todo lo dicho, que en Inglaterra no hay unidad en el servicio, ni se estudia este asunto con el mismo criterio necesario, y así lo reconocen los Ingenieros ingleses, á pesar de su apego á sus costumbres y descentralización de que gozan estos servicios. Mr. *Ballois-Herode*, Vicepresidente y Tesorero honorario de la *Moter-Union*, ha dicho en el último Congreso de París: «Creo que el problema de la conservación de carreteras en Inglaterra es importantísimo y que no puede ni debe resolverse por los Condados y parroquias. Las carreteras principales deben estar bajo la Autoridad Central, y de este modo se evitarían las

anomalías existentes, razón que nos hace opinar que la construcción y conservación de las carreteras es un *servicio nacional* y su plan debería ser dirigido por un servicio central dependiente del Gobierno que abarcase todo lo relativo á este servicio.»

Escocia.

Difiere poco en lo concerniente al carácter de las Autoridades responsables de Inglaterra y Gales. Existen, como en Inglaterra, Consejos de distrito encargados de la conservación. Todas las carreteras rurales son conservadas por los (*district committees*).

En 1905-06 existían 24.615 millas, en las que entendían 222 Autoridades; los gastos ordinarios ascendían á 26.725.150 francos, y 4.506.500 francos de empréstitos.

RUFO G. RENDUELES.

(Continuará.)

APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE LEVY Á LAS PRESAS VERTEDEROS

Perfil mínimo.

Por todos es sabido que la diferencia esencial entre el procedimiento Maurice Levy y los antiguos métodos de calcular la resistencia de un muro de embalse, consiste en exigir, no sólo que la curva de presiones corte á cualquier junta horizontal dentro de su tercio medio, según antes se preceptuaba con el fin de evitar tensiones en la fábrica, sino que además se impone la condición de que en *ningún punto* del paramento de agua arriba la presión unitaria debida al peso del macizo superior sea menor que la carga hidráulica en el sitio considerado.

Nadie ignora tampoco que el problema de determinar las dimensiones de la sección correspondiente á un perfil dado, con arreglo á la antedicha prescripción, es sumamente sencillo en el caso de *presas de embalse*, pues siendo entonces el nivel máximo del agua remansada el mismo de la coronación del dique, el empuje del líquido sobre cada faja del muro, contada á partir de aquélla, tiene expresión sencilla y su composición con el peso parcial de dicho segmento resulta bastante fácil.

Pero cuando ocurre que la cara de aguas del embalse sobrepasa la cresta del muro, como sucede en las *presas de derivación*, se complican los cálculos establecidos para el caso anterior, de tal manera que hasta la fecha no tenemos conocimiento de que se haya formulado todavía la ecuación general de un perfil que cumpla con la condición de Levy, porque únicamente existe el ensayo de un ilustre Ingeniero español, ya fallecido, que dejó inédita cierta fórmula complicada, con la cual sólo se satisface dicha condición para determinado punto, como es, por ejemplo, el borde anterior en la base de la presa.

Sin embargo, por un procedimiento sencillo y rigurosamente matemático es fácil encontrarle del modo siguiente:

Tomemos para la referencia dos ejes de coordenadas cartesianas, horizontal el uno *ox* en la rasante de la presa, y vertical el otro *oy*, que coincida con su paramento anterior, que suponemos á plomo por adoptarse así de preferencia modernamente.

Sea h la altura máxima del agua sobre el nivel de la presa medida algo delante de ella, según se sabe.

Para determinar la ecuación $x = F(y)$ de la línea que delimita por aguas abajo el macizo del muro, tendremos una sola relación entre las variables x é y , imponiendo la condición de Levy, que la presión unitaria del agua en un punto cualquiera B del paramento delantero, equivalente á $y + h$, ha de ser igual, todo lo más, á la carga que, debida al peso del macizo superior á la junta MB , soporta la misma en dicho punto B .

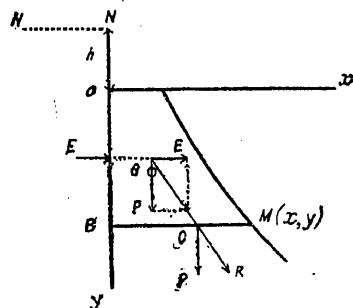


Fig. 1.ª

Ahora bien; si se llama P al peso del trozo de muro situado sobre el plano arbitrario MB , de anchura x desconocida, su acción queda desviada, por decirlo así, en virtud del empuje hidráulico E que obre contra la cara OB , viniendo á dar entre ambos una resultante R , que corta á la junta en cierto punto C (de la curva de presiones); en el cual, como se sabe, es preciso volver á realizar la descomposición de las fuerzas para deducir el reparto de la carga vertical á lo largo de la hilada MB considerada.

La ley de esta repartición es la llamada *del trapecio*, y conforme á ella, si designamos por d la distancia BC del punto del paso C de la resultante R al borde anterior B de la referida junta, tendremos que la presión unitaria en éste es:

$$\frac{2P}{x} \frac{2x - 3d}{x}$$

y la ecuación fundamental resulta ser, de consiguiente:

$$y + h = \frac{2P}{x} \frac{2x - 3d}{x}$$

en la cual d es una función de la longitud x de la junta, cuyo valor ha de estar comprendido entre $d > x/3$ y $d < 2x/3$, puesto que no debe haber tracción en ningún punto de la fábrica, sin que pueda llegar á alcanzar ninguno de ambos límites; por cuanto para $d = x/3$ la presión en el paramento posterior sería nula y pasaría á negativa desde el momento en que el nivel de las aguas descendiera del máximo h por encima de la presa, altura sólo tomada en avenidas, mientras que el valor $d = 2x/3$ haría anularse la presión en el paramento delantero, donde nunca debe ser menor que la presión del agua.

Además, d puede ser función de la profundidad y , al serlo de x que con ella está ligada, si el punto de paso C de la curva de presiones es distinto en cada junta y no proporcional á la anchura x de las mismas; y desde luego, ha de ser dependiente de k , peso específico de la fábrica, ó mejor dicho, relación de su densidad á la del agua en avenidas; por la razón de que á igual perfil del muro, su peso será diferente, según sea el unitario de la fábrica, y de consi-

guiente, la resultante que con el empuje dé, cortará á la hilada MB en distinto punto de la misma.

Sacando de la ecuación anterior el valor desconocido de P

$$P = \frac{x^2(y + h)}{2(2x - 3d)}$$

ponemos la ecuación fundamental bajo una forma que permite establecer el mínimo P , cuya expresión es la que más interesa. Este mínimo corresponde á la menor área de la superficie limitada por el perfil de la presa, la cual es:

$$a = \int_0^y x dy$$

integral definida, que siendo evidentemente nula para

$$y = 0$$

por serlo en tal caso el área, equivale á la integral general

$$\int x dy$$

Sustituyendo ahora el valor de P

$$P = k \int x dy$$

en la ecuación que hemos llamado fundamental,

$$\int x dy = \frac{x^2(y + h)}{2k(2x - 3d)}$$

En esta expresión del área a , el mínimo del primer miembro correspondería al menor valor posible de d , ó sea $x/3$, sino fuera que á su vez x depende de d , siendo hasta cierto punto tanto más grande cuanto d es más pequeña en función de ella. Hagamos para deducirlo.

$$d = \frac{x}{n}$$

y entonces resultará

$$2k(2n - 3) \int x dy = n(y + h)x$$

de donde se desprende, diferenciando

$$2k(2n - 3)xdy = nx dy + n(y + h)dx,$$

ecuación diferencial en la que separando variables é integrando, queda

$$\frac{dx}{x} = (2k \frac{2n - 3}{n} - 1) \frac{dy}{y + h}$$

$$\log. \text{ hiperb.}^\circ x = (2k \frac{2n - 3}{n} - 1) \log. \text{ hiperb.}^\circ (y + h) + \text{Const.}^\circ$$

en donde, llamando m al coeficiente del segundo término y c el logaritmo neperiano de la constante

$$m = 2k \frac{2n - 3}{n} - 1 \text{ y } \log. \text{ hiperb.}^\circ C = c,$$

resulta en definitiva

$$x = c(y + h)^m.$$

Debe tenerse en ella presente, que estando d comprendido entre $x/3$ y $2x/3$, los valores respectivos de n y m han de estarlo á su vez entre los límites siguientes:

$$\left. \begin{array}{l} n < 8 \\ n > 1,50 \end{array} \right\} \quad \left. \begin{array}{l} m < 2K - 1 \\ m > -1 \end{array} \right\} \quad n$$

Y como desde el mismo momento en que m empieza á ser negativo, el valor de x comienza á disminuir para profundidades crecientes de y , puesto que se puede entonces poner bajo la forma

$$x = \frac{c}{(y + h)^m}$$

cosa que es inaceptable teórica y prácticamente, por cuanto el paramento vendría en desplome, es evidente que m no puede tener valor negativo.

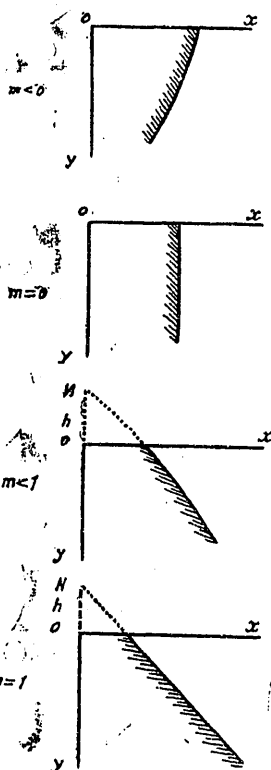


Fig. 2.ª

Si m fuese igual á cero, estábamos en el caso del perfil rectangular

$$x = c,$$

y dado que la expresión de d en función de m es, según lo antes establecido,

$$d = \frac{x}{n} = x \frac{4k - m - 1}{6k}$$

el valor del área a limitada por el perfil de la presa sería:

$$a = \frac{x^2(y + h)}{2k(2x - 3d)} = x \frac{y + h}{m + 1}$$

que en el supuesto de $m = 0$ resultaría naturalmente ser el producto de la base del rectángulo por su altura,

$$a = x(y + h).$$

Para $m = 1$, dicha superficie sería exactamente la mitad

$$a = x \frac{y + h}{2}$$

y representa el área de un triángulo de las mismas dimensiones, conforme viene á comprobar la ecuación del perfil, que entonces (1) queda reducida á ser de primer grado

$$x = c(y + h).$$

Y como quiera que en este caso se conoce un valor particular de x , ya que si $h = 0$, nos hallamos en el especial

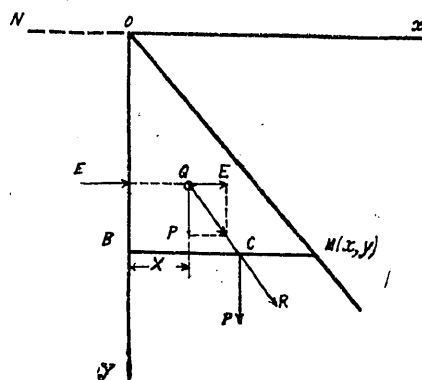


Fig. 3.ª

de las presas de embalse triangulares, cuyo talud de aguas abajo viene determinado por la igualdad

$$x = \frac{y}{\sqrt{k-1}},$$

se puede definir la constante c , proveniente de la integración

$$c = \frac{1}{\sqrt{k-1}},$$

quedando así perfectamente determinada la ecuación general del perfil más económico, para una presa de cualquier clase que sea:

$$x = \frac{y + h}{\sqrt{k-1}},$$

fórmula representativa de una recta, cuyo arranque en el

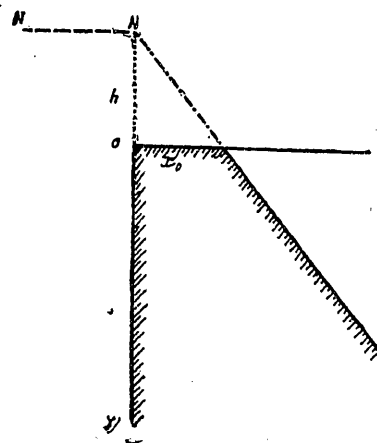


Fig. 4.ª

eje de las y está al nivel del agua remansada, siendo su abscisa en el origen ó espesor en la coronación

$$y = 0 \quad x_0 = \frac{h}{\sqrt{k-1}},$$

(1) Para valores de m superiores á la unidad, las abscisas x aumentan rápidamente y, por tanto, las áreas son cada vez mayores.

mientras que su coeficiente angular, respecto al eje vertical se deduce de coordenadas, es precisamente el valor hallado para la constante c , que expresa el talud

$$c = \frac{1}{\sqrt{k-1}}.$$

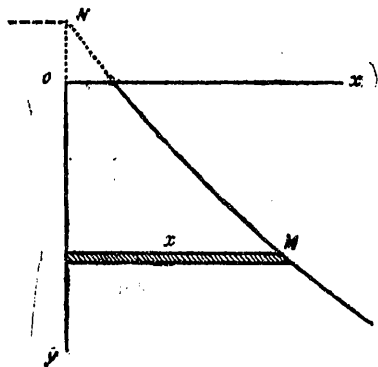
Debe observarse que para este caso de $m = 1$, resulta:

$$n = \frac{3k}{2k-1} \quad d = \frac{x}{3} \frac{2k-1}{k},$$

y, por tanto, la curva de presiones á embalse lleno es una recta muy fácil de trazar, pues tiene para ecuación

$$d = \frac{(2k-1)(y+h)}{3k\sqrt{k-1}}.$$

Últimamente, merece comprobarse que el referido valor hallado para d es el mismo que da el punto de paso de la curva de presiones en las presas de embalse de sección triangular.]



Figs. 5.ª

En este perfil, las coordenadas del centro de gravedad G del trozo de muro situado sobre un plano horizontal cualquiera MB , trazado á la profundidad y , son:

$$X = \frac{x}{3} \quad Y = \frac{y}{3}.$$

De modo que siendo $\frac{E}{P}$ la relación de empuje al peso, se tiene

$$d = BC = \frac{x}{3} + \frac{y}{3} \frac{E}{P},$$

y como

$$\frac{E}{P} = \frac{\frac{1}{2} y^2}{\frac{1}{2} kxy} = \frac{y}{kx},$$

resulta

$$d = \frac{x}{3} + \frac{y^2}{3kx}.$$

Sustituyendo y^2 por su valor, sacado de la ecuación de la recta OM ,

$$y^2 = (k-1)x^2$$

$$\begin{aligned} d &= \frac{x}{3} + \frac{(k-1)x^2}{3kx} = \frac{x}{3} + \frac{(k-1)x}{3k} \\ &= \frac{x}{3} \left(1 + \frac{k-1}{k} \right) = \frac{x}{3} \frac{2k-1}{k} \end{aligned}$$

También conviene hacer notar que el perfil teórico obtenido, previo el redondeo de sus ángulos, permite llegar á la forma hoy más preconizada, á causa de que el contorno curvo de la coronación y la inclinación del talud posterior,

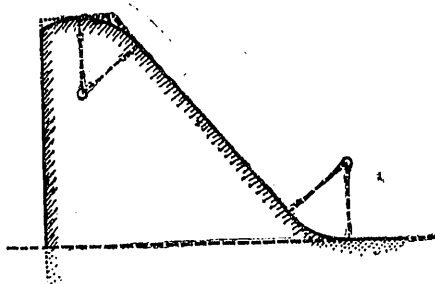


Fig. 6.ª

muy cercano á 45° , facilitando el paso del agua por encima de la presa, reducen de modo apreciable el espesor de la lámina vertiente, ó para determinado grueso de ésta disminuyen la longitud de vertedero necesario al caudal del río en avenidas.

Valencia 7 de Enero de 1910.

ENRIQUE G. GRANDA.

NOTA. Como Apéndice, damos á continuación para los valores más corrientes del peso específico k de las fábricas los correspondientes para talud de la presa y los correlativos de su espesor en la coronación para algunos de k .

APÉNDICE

Valores de k	2-05	2-10	2-15	2-20	2-25	2-30	2-35	2-40	2-45	2-50
Taludes $\frac{1}{\sqrt{k-1}}$	0-98	0-95	0-93	0-91	0-90	0-88	0-87	0-85	0-83	0-82
Espesores en la coronación.										
Para $h = 0-50$...	0-49	0-48	0-47	0-45	0-45	0-44	0-43	0-42	0-42	0-41
Para $h = 0-75$	0-74	0-72	0-70	0-68	0-68	0-66	0-65	0-64	0-63	0-62
Para $h = 1-00$	0-98	0-95	0-93	0-91	0-90	0-88	0-87	0-85	0-83	0-82
Para $h = 1-25$	1-23	1-20	1-17	1-13	1-13	1-10	1-08	1-06	1-05	1-03
Para $h = 1-50$	1-47	1-43	1-40	1-36	1-35	1-32	1-30	1-27	1-25	1-25
Para $h = 1-75$...	1-72	1-67	1-63	1-59	1-58	1-51	1-52	1-49	1-46	1-44
Para $h = 2-00$	1-96	1-92	1-88	1-80	1-86	1-76	1-72	1-68	1-63	1-64