y la mayor constancia y uniformidad en esa fuerza, condición esta última que influye mucho en los resultados que pueden obtenerse de una industria.

En la formación del plan de pantanos no habrá que tener en cuenta para nada, por regla muy general, las necesidades de la industria, puesto que las exigencias de la agricultura por sí solas bastan para que aquéllas queden satisfechas. La agricultura exige la mayor regularización posible de las corrientes, y esto es precisamente lo que necesita la industria, y como ésta no consume el agua que aprovecha, el sistema de pantanos que más convenga á la agricultura será el que mayores servicios preste á la industria.

¿Puede, pues, dudarse de que una vez realizado el plan, los industriales han de afanarse por buscar saltos de agua y derivaciones por medio de presas en todas las corrientes para montar fábricas é instalaciones, muchas de las cuales no son hoy posibles? ¿Puede dudarse de que por este medio se llegará á acrecentar considerablemente la riqueza industrial del país?

Ese sistema de pantanos producirá, por lo tanto, las ventajas siguientes: 1.ª, establecimiento de nuevas zonas de regadío por cuenta del Estado unas y de los particulares otras, puesto que hay pequeñas extensiones de terreno en las orillas de los cauces, donde una vez regularizada la corriente no necesitará la iniciativa particular del auxilio del Estado; 2.ª, mejora y ampliación de los riegos existentes; 3.ª, mejora y ampliación de los numerosos molinos, artefactos y fábricas que existen en las orillas de los ríos y de los arroyos; y 4.ª, posibilidad de establecer nuevas é importantes industrias.

Pues bien: caros son los pantanos, pero si llegáramos á dividir el coste de alguno de ellos por el número de servicios que va á prestar, en cada uno de los cuales hay envuelto un interés particular, un interés público y un interés del Estado, y esa división la hacemos en proporción á la importancia que dan á esos diferentes servicios, seguramente se llegaría para cada uno de ellos á una cifra tan reducida y tan razonable que no dejaría lugar á ninguna duda sobre la utilidad de los pantanos.

Podrá también decirse: si el Estado se adelanta á la construcción de los pantanos, habrá prestado un gran auxilio á los industriales, que encontrarán regularizadas las corrientes; pero, ¿qué le importa, si por eso no ha tenido que gastar más ni menos? ¿Resulta un beneficio más ó menos directo para la industria? Pues esa nueva ventaja habrá encontrado. En todo caso, y cuestión es esta en que no quiero mezclarme, aunque el Estado creyese que debía obligar á los nuevos industriales á resarcirle en parte del gasto de construcción de los pantanos, la cantidad que podría exigirles sería siempre muy pequeña en relación con el beneficio que les reportasen.

Hasta aquí he supuesto que el Estado se adelante con la formación de un plan de pantanos á la iniciativa de los industriales; pero, ¿qué sucedería en el caso contrario? Esta cuestión ya la he tratado y he hecho ver sus gravísimos inconvenientes; mas como conviene predicar con el ejemplo, me propongo volver á tratarla sobre un caso práctico.

A. MORALES AMORES.

EL PERFIL DE LAS PRESAS DE FÁBRICA (1)

POR DON JOSÉ NICOLAU,

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

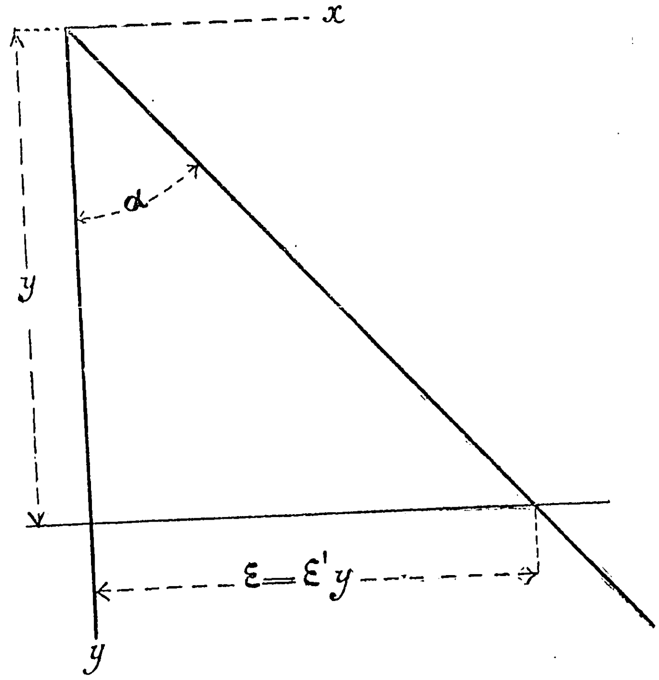
(Continuación.)

XV

Aplicación al perfil triangular de paramento de aguas arriba vertical.

Varias de las presas últimamente construídas, entre las cuales merecen citarse las de Chartrain y Perijaar, tienen sus paramentos próximamente planos, siendo frecuentemente vertical el de aguas arriba, y se acercan mucho á un triángulo. La admisión para el trabajo á la compresión de límites muy superiores á los propuestos al principio por Sazilly y Delocre, por lo menos en la parte inferior de la presa, y la conveniencia de reforzar el perfil en la parte superior, de acuerdo con lo aconsejado por la experiencia, puesto que se ha visto que las presas no fallaban por su parte inferior, ha conducido á separarse cada vez más del llamado de igual resistencia, acercándose, por el contrario, al triángulo, ya propuesto por Castigliano en 1884. Por este motivo será conveniente hacer aplicación, ante todo, del método de Mr. Levy al perfil triangular de paramento de aguas arriba vertical. Sea

Fig. 15.



(figura 15) el perfil de la presa con una inclinación en el paramento de aguas abajo, definida por el ángulo α en el vértice, cuya tangente será ε'.

Cuando el embalse está lleno y el nivel del agua coincide con la coronación, conforme se supone en todas las fórmulas de Mr. Levy, los valores de N y M son los siguientes:

$$N = \frac{K}{2} \varepsilon' y^2$$

$$M = \frac{y^3}{6} - \frac{K}{12} \varepsilon'^2 y^3.$$

Á embalse vacío el valor de N es el mismo; mas el de M es el siguiente:

$$M_0 = -\frac{K}{12} \varepsilon'^2 y^2.$$

La condición para que no tenga lugar el deslizamiento, según un plano horizontal, será

$$\varepsilon' = \frac{1}{fK},$$

la cual queda satisfecha, según se verá luego, con el valor de la tangente ε' que para llenar las demás condiciones conviene adoptar.

Sean R y R_0 los valores de la presión máxima en el paramento de aguas abajo á embalse lleno y á embalse vacío respectivamente, y sean también n' y n'_0, para los mismos casos, los valores de la presión normal á las secciones horizontales en el paramento de aguas arriba. Con los de N y M anteriores se tendrá

---

(1) Véase el núm. 1234.

$$R = \left(1 + \frac{1}{\varepsilon'^2}\right) y$$

$$R_0 = 0$$

$$n' = \left(K - \frac{1}{\varepsilon'^2}\right) y$$

$$n'_0 = K\,y.$$

Se deduce de estas fórmulas que el perfil no puede ser de igual resistencia, puesto que la presión aumenta proporcionalmente á la profundidad, y que, por lo tanto, el máximo de presión corresponderá á la base. Se exceptúa de esta regla el paramento de aguas abajo, en que la presión es nula en todos sus puntos (en todos sentidos) á embalse vacío, cualquiera que sea el ángulo en el vértice superior del triángulo. Á embalse vacío también la presión en el paramento vertical es igualmente independiente de dicho ángulo y ha de ser forzosamente mayor que la que tiene lugar en el mismo paramento á embalse lleno. Por último, de las mismas fórmulas se deduce también que, aumentando el ángulo en el vértice se reducirá la presión en el paramento exterior y aumentará en el interior, estando el embalse lleno.

Debe determinarse el valor del ángulo de modo que siendo el menor posible dé lugar en el paramento de aguas arriba á una compresión igual ó superior á la del agua en el punto considerado, á la vez que la presión máxima en el otro paramento sea lo más reducida posible. No hay, sin embargo, gran ventaja en que esta presión sea inferior á la que soportan las fábricas en el paramento vertical á embalse vacío.

Si se quisiera, por ejemplo, que la presión en los dos paramentos á embalse lleno fuese igual se tendría para determinar ε'.

$$1 + \frac{1}{\varepsilon'^2} = K - \frac{1}{\varepsilon'^2}\ , \text{ de donde}$$

$$\varepsilon'^2 = \frac{2}{K-1}\ , \text{ y}$$

$$R = n' = \frac{K+1}{2}\, y\ .$$

Más como $n'_0 = Ky$, se ve que R y n' tendrían siempre valores inferiores á n'_0, puesto que para los que en la práctica alcanza K, esta cantidad es siempre mayor que $\frac{K+1}{2}$; convendrá, por tanto, admitir valores de R superiores y de n' inferiores á los hallados, pues de este modo disminuirán ε' y el volumen de la presa. El límite á que podrá llegarse se deducirá de la ecuación

$$1 + \frac{1}{\varepsilon'^2}\ , \text{ de donde}$$

$$\varepsilon' = \sqrt{\frac{1}{K-1}}\ , \text{ ó}$$

$$tg\alpha = \sqrt{\frac{1}{K-1}}\ . \quad \text{Se tendrá en este caso}$$

$$n' = y\ , \quad \text{y} \quad R = Ky\ ,$$

es decir, que en el paramento de aguas arriba la presión será en cada punto igual á la del agua (en todos sentidos, por lo tanto), y en el otro paramento el coeficiente de proporcionalidad con respecto á la profundidad será igual al peso específico de las fábricas.

Los siguientes cuadros podrán ser de utilidad en la práctica.

Valores de la tangente ε' en función del peso específico K:

K	ε'
2,10	0,953
2,15	0,933
2,20	0,913
2,25	0,894
2,30	0,877
2,35	0,861
2,40	0,845
2,45	0,830
2,50	0,816
2,55	0,803
2,60	0,790

Alturas máximas H que puede alcanzar la presa para distintos valores de R y K:

R	K 2,20	2,25	2,30	2,35	2,40
60........	27,27	26,67	26,09	25,53	25,00
70........	31,82	31,11	30,43	29,79	29,12
80........	36,36	35,56	34,78	34,04	33,33
90........	40,91	40,00	39,13	38,30	37,50
100........	45,45	44,44	43,48	42,55	41,67
110........	50,00	48,49	47,83	46,81	45,83
120........	54,55	53,33	52,18	51,06	50,00
130........	59,09	57,78	56,52	55,32	54,17
140........	63,63	62,22	60,87	59,57	58,38
150........	68,18	66,67	65,22	63,62	62,50
160........	72,72	71,11	69,57	68,09	66,67
	H	H	H	H	H

Determinemos la inclinación de los elementos según los cuales es máxima la diferencia entre el esfuerzo cortante y el de rozamiento. La fórmula que da esta inclinación es, según se ha visto,

$$tg\ 2\,\delta_3 = \frac{n - n_1 + 2ft}{2\,t - fn + fn_1}\ .$$

En el caso actual se tiene, á embalse lleno

$$n = y + \sqrt{K\ 1}\ (K\ 2)\ x$$

$$n_1 = y$$

$$t = (K - 1)\ x$$

$$P = y$$

$$Q = \sqrt{K\ 1}\ (K - 2)$$

$$P' = 1$$

$$Q' = 0$$

$$P'' = 0$$

$$Q'' = 0\ . \quad \text{Por lo tanto}$$

$$tg 2\delta_3 = \frac{K - 2 + 2f\sqrt{K-1}}{2\sqrt{K-1} - f(K-2)} +\ , \quad \text{cantidad in-}$$

dependiente de x y de y, lo cual significa que la inclinacion á que antes se ha hecho referencia es constante en todos los puntos del perfil. Para $f = 0{,}75$

$$tg\ 2\,\delta_3 = \frac{K - 2 + 1{,}5\sqrt{K-1}}{2\sqrt{K-1} - 0{,}75\,K + 1{,}50}\ .$$

Esta cantidad para valores de K variando entre $K = 2{,}2$ y $K = 2{,}50$, varía á su vez entre 0,90 y 1,13; cuando $K = 2{,}33$, $tg\ 2\,\delta_3 = 1$, es decir que δ_3 en la práctica diferirá poco de un cuarto de ángulo recto, ó sea que la dirección en que el esfuerzo constante menos el de rozamiento alcanzará su máximo valor se confundirá sensiblemente con la bisectriz del ángulo que la horizontal forma con el paramento de aguas abajo.

El valor mínimo de aquella diferencia se vió en el párrafo XIV que era

$$\frac{\sqrt{1+f^2}\ \sqrt{(n-n_1)^2+4\,t^2}-f\,(n+n_1)}{2}$$

que suponiendo también $f=0{,}75$ se convierte en el presente caso en

$$\frac{(\sqrt{K-1}\,)\ \ (K+3)\,x-3\,y}{4}.$$

El máximo de este valor tiene lugar para $x=\varepsilon$, ó sea en el paramento de aguas abajo, en que es $\frac{K\,y}{4}$, es decir, la cuarta parte del esfuerzo máximo de compresión en el mismo paramento.

La expresión anterior hace ver que hay una parte del perfil en que para oponerse al esfuerzo cortante bastará el de rozamiento que tiene lugar al propio tiempo; para determinarla se igualará á cero aquella expresión

$$(\sqrt{K-1})\ (K+3)\ x-3\,y=0\ ,$$

de donde

$$x=\frac{3}{(\sqrt{K-1}\,)\,(K+3)}\ y\ ,$$

ecuación que representa una recta que pasa por el vértice y que forma con el paramento vertical un ángulo que tiene por tangente

$$\frac{3}{(\sqrt{K-1}\,)\,(K+3)}\ .$$

La parte de presa que abarque este ángulo no estará sujeta á esfuerzos cortantes, ó para hablar con más propiedad, en ella estarán éstos contrarrestados con exceso por los de rozamiento.

Fácil es ver que en el caso del embalse vacío bastará para oponerse al deslizamiento que puedan engendrar las presiones internas que se desarrollen en el macizo, el rozamiento á que dan lugar. En efecto, en tal caso se tiene

$$n=Ky-K\sqrt{K-1}\ .\ x$$

$$n_1=y$$

$$t=0$$

$$p_t-f\,p_n=\frac{(K-4)\,y-\sqrt{K-1}\times K\ .\ x}{4}\ .$$

Esta expresión demuestra que cualesquiera que sean los valores de x y de y, siempre será negativa, puesto que K está comprendido entre 2 y 3, según se ha dicho ya repetidamente.

En resumen: en la construcción de la parte de presa limitada por el paramento vertical y la recta que pasando por el vértice forma con aquél un ángulo cuya tangente es

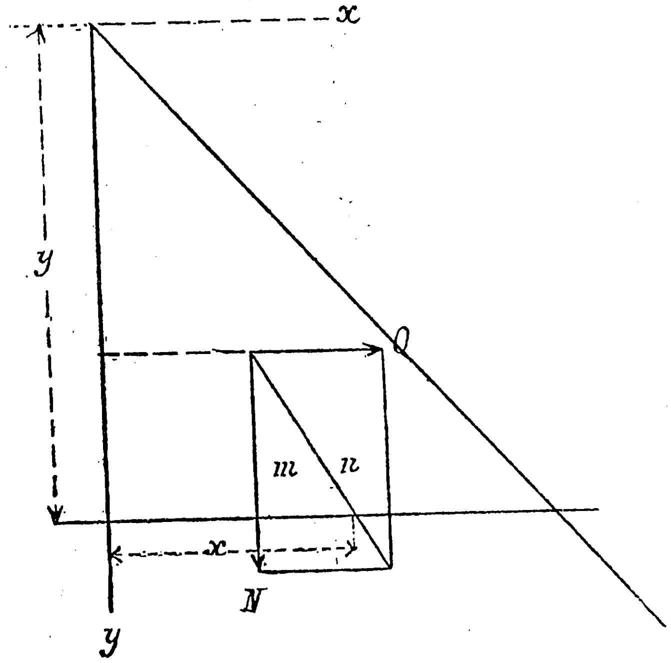
$$\frac{3}{(\sqrt{K-1}\,)\ (K+3)}$$

ninguna precaución especial habrá que adoptar para oponerse á los efectos del deslizamiento. Por el contrario, en la parte restante deberán trabarse suficientemente las hiladas unas con otras y los mampuestos de una misma hilada para oponerse á los efectos de las fuerzas que tienden á producir dicho deslizamiento y que alcanzan en el paramento de aguas abajo su valor máximo igual al cuarto del esfuerzo máximo de compresión en el mismo punto. A mi juicio, ha de ser suficiente en todos los casos la adopción de arcos de círculo normales á ambos paramentos como líneas de hilada, y además el empleo de mamposterías que no den lugar á superficies continuas en ningún sentido (*opus incertum*), y sobre todo en el de la dirección en que es más de temer el deslizamiento. En presas de gran altura, ó cuando se desee obtener una gran seguridad, podrá confiarse la resistencia al esfuerzo de deslizamiento, al empleo de tizones en número y tamaño adecuados dispuestos en sentido normal á la dirección antes citada y que estén perfectamente trabados con el resto de la fábrica.

Pasemos ahora á determinar las curvas de presiones. Es fácil deducir que la de embalse vacío será la recta que una el vértice con el tercio de la base más inmediato al paramento.

Para hallar la curva de presiones á embalse lleno, estableceremos su ecuación (véase la figura 16).

Fig. 16.



La fuerza Q representa el empuje del agua, igual á $\frac{y^2}{2}$ aplicado á la profundidad $\frac{2}{3}\,y$. Se tendrá

$$\frac{\frac{1}{3}\,y}{mn}=\frac{N}{Q}\ ;\ y=3\ mn+\frac{N}{Q}=\frac{\frac{K\,\varepsilon'\,y^2}{2}}{\frac{y^2}{2}}=-\frac{K}{\sqrt{K-1}}\ ;$$

$$mn=x-\frac{\varepsilon}{3}=x-\frac{\varepsilon'\,y}{3}=x-\sqrt{\frac{1}{K-1}}\times\frac{y}{3}\ ;$$

sustituyendo este valor de mn en el de y anterior, resulta

$$y=\frac{3\ K\sqrt{K-1}}{2\,K-1}\,x\ ,$$

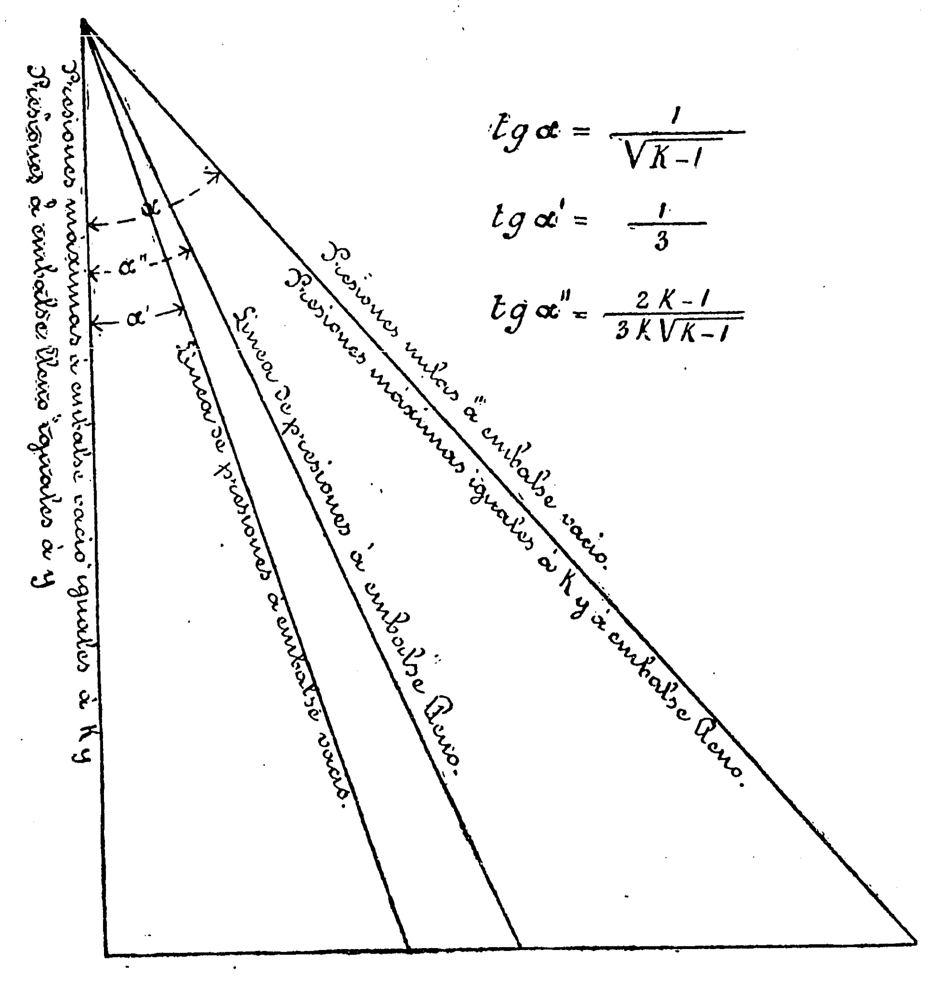
ecuación que representa una recta que pasa por el origen y que forma con la vertical un ángulo que tiene por tangente

$$\frac{2\,K-1}{3\,K\sqrt{K-1}}\ .$$

La figura 17 es la sección de una presa triangular, como la que se acaba de estudiar, en la que se han representado las curvas de presiones á embalse lleno y á embalse vacío, indicándose para ambos casos las presiones máximas en los dos paramentos. Este perfil es el de área mínima entre todos los de paramento interno vertical que cumplan con las dos condiciones de que la presión máxima no exceda del límite R y la compresión en el paramento de aguas arriba sea por lo menos igual á la presión del agua.

Es, por lo tanto, análogo al de Castigliano en el sentido de que

Fig.ª 17.



dentro de las condiciones que se impuso este autor, también era el de área mínima; ambos constituyen la más sencilla solución teórica que pueda idearse del problema del perfil que debe adoptarse para las presas y pueden á la vez servir de base para los proyectos que el Ingeniero tenga que formular. La diferencia entre uno y otro procede, según se ha dicho, de las condiciones que han de llenar, y en este concepto, dadas las ideas que actualmente reinan entre los Ingenieros, nacidas en gran parte de las enseñanzas que ha suministrado la experiencia, es hoy inaceptable el perfil de Castigliano, que debe ser en todo caso sustituído por el que es objeto de este párrafo.

Castigliano suponía que la compresión máxima en el paramento de aguas abajo era igual en su perfil á KH, siendo H la altura, mas en realidad su valor verdadero es igual á $(K+1)$ H. La relación de esta presión á la análoga del nuevo perfil es

$$\frac{K+1}{K}$$

que para valores de K, variando entre 2,20 y 2,50, varía á su vez entre 1,45 y 1,40; es decir, que en el primer perfil las presiones máximas son superiores en un 40 á un 45 por 100 á las que tienen lugar en el segundo, lo cual ofrece la ventaja de que á igualdad de presión adoptada puede emplearse el nuevo en presas de mayor altura que las que consiente el de Castigliano.

Empero esta ventaja está contrarrestada por el aumento de área que supone. En efecto, como las áreas son proporcionales á las tangentes de los ángulos en el vértice, se tendrá:

$$\text{Área del nuevo perfil} = \text{Área del de Castigliano} \times \sqrt{\frac{K}{K-1}}.$$

Para valores de K comprendidos entre K = 2,20 y K = 2,50, el valor del radical varía entre 1,35 y 1,39, es decir, que el aumento de área será de 35 á 39 por 100 sobre la del perfil de Castigliano, según sea el peso específico de la fábrica.

Es claro que la proporción en el aumento de coste de la presa, por punto general, no será tan considerable; pero aun así y todo se ve que la nueva condición conducirá á presupuestos más elevados que los que se obtendrían siguiendo los antiguos perfiles. Opino, no obstante, que la debilidad de éstos, otros defectos aparte, ha quedado desgraciadamente por completo demostrada en varios casos, y ha sido la causa principal, ya que no la única, de la ruina de presas; el coeficiente de estabilidad (aceptando esta palabra en su sentido más amplio), era, por lo tanto, insuficiente, y se impone aumentarlo de una manera racional y dentro de límites justos, como ocurre siguiendo las bases propuestas por Mr. Levy, aun cuando para ello sea preciso aumentar también considerablemente el volumen de las fábricas. No exige menos la seguridad, de la que á menudo pende la vida de millares de personas y riquezas considerables.

Obsérvese que este aumento de volumen contribuirá á oponerse de una manera bastante eficaz á las filtraciones de agua á través de los macizos, que son, aun en las presas que ofrecen mayor estabilidad, lenta pero pederosa causa de su deterioro. Es cierto que la filtración podría combatirse quizá con mejor éxito con las pantallas aconsejadas primero por Torricelli y posteriormente por Le Rond y Levy; mas sin pretender emitir un juicio acerca del valor práctico de este sistema, puede afirmarse que su mérito real no será bien conocido hasta que la experiencia lo haya sancionado, y que sin perjuicio de aceptarlo, lo más prudente será, como aconseja el mismo Levy, no tener en cuenta esta disposición en el cálculo de las presas.

M. Pelletreau, en un estudio publicado en 1897, sin tener presentes los trabajos de M. Levy, que no conocía ó conocía incompletamente, estudia de nuevo el perfil triangular de tal suerte que cumpla con las siguientes condiciones:

1.ª Que una vez producida una grieta horizontal en el paramento de aguas arriba, no se propague indefinidamente;

2.ª Que no puedan producirse esfuerzos peligrosos, ya sean de tracción, compresión ó cortantes.

El valor á que llega aquel autor para la tangente del ángulo en el vértice es

$$\frac{2}{\sqrt{-K^2 + 12\,K - 16}}$$

La relación del área del perfil que antes se ha estudiado á la de este perfil reforzado propuesto por Pelletreau será por tanto

$$\frac{1}{2}\sqrt{\frac{-K^2 + 12\,K - 16}{K - 1}}$$

la cual para valores de H comprendidos entre K=2,20 y K=2,50 varía, entre 1,08 y 1,13, es decir, que el primero representa con relación al segundo de 8 á 13 por 100 de aumento en el área.

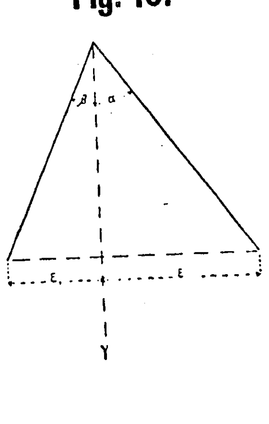
Los procedimientos empleados por M. Pelletreau, después de los estudios de Levy, no pueden considerarse como correctos; pero aun así, es digno de notarse que un Ingeniero que ha dedicado continuados estudios al cálculo de presas, propone ya un perfil reforzado que no difiere gran cosa del que aquí me atrevo á aconsejar.

XVI

Perfil triangular con paramentos de inclinación cualquiera.

Según he expuesto anteriormente, M. Levy pretende que para llenar lo más económicamente posible la condición de que la presión en el paramento de aguas arriba sea en cada punto, por lo menos, igual á la del agua, deberá darse á dicho paramento una inclinación pronunciada, ó bien se hará de inclinación variable. Podemos ver, sin embargo, lo que ocurre cuando se aplican al perfil triangular las propias fórmulas de M. Levy.

Fig. 18.



Sea el representado por la figura 18 un perfil triangular en que la inclinación de los dos paramentos está definida por la magnitud de los ángulos α y β, que forman respectivamente con la vertical, siendo

$$tg\,\alpha = \varepsilon' \quad \text{y} \quad tg\,\beta = \varepsilon'_1 .$$

Los valores de la presión normal total N que se ejerce sobre una sección horizontal y del momento M de todas las fuerzas que obran sobre la propia sección en el caso de embalse lleno, son:

$$N = \left[K(\varepsilon' + \varepsilon'_1) + \varepsilon'_1\right]\frac{y^2}{2}$$

$$M = \left[\frac{K}{6}(\varepsilon'^2_1 - \varepsilon'^2) - \frac{\varepsilon_1'^2}{6} - \frac{\varepsilon'\varepsilon_1'}{2} + \frac{1}{3}\right]\frac{y^3}{2}$$

Estas fórmulas no son exactas más que para valores positivos de ε'_1.

Cuando la presa no esté sometida al empuje del agua, el valor de la presión normal y de la suma de momentos serán

$$N_0 = \frac{K}{2}(\varepsilon' + \varepsilon'_1)\,y^2$$

$$M_0 = \frac{K}{12}(\varepsilon'^2_1 - \varepsilon'^2)\,y^3.$$

Llamemos, como en el párrafo anterior, R y R_0 á la presión máxima en un punto del paramento de aguas abajo de ordenada y, respectivamente en los casos de embalse lleno y de embalse vacío; sean también r y r_0 las presiones máximas en ambos casos en el paramento de aguas arriba, que se supone satisface la condición de que la presión no sea inferior á la del agua. Se tendrá:

$$R = \frac{1 + \varepsilon'^2}{\varepsilon' + \varepsilon'_1}\left(K\,\varepsilon'_1 + \frac{1 - \varepsilon'\,\varepsilon'_1}{\varepsilon' + \varepsilon'_1}\right) y$$

$$R_0 = K\,\frac{1 + \varepsilon'^2}{\varepsilon' + \varepsilon'_1}\,\varepsilon'_1\,y$$

$$r = \frac{1}{\varepsilon' + \varepsilon'_1}\left[K\,\varepsilon'(1 + \varepsilon'^2_1) - \frac{(1 - \varepsilon'\,\varepsilon'_1)^2}{\varepsilon' + \varepsilon'_1}\right] y$$

$$r_0 = K\,\frac{1 + \varepsilon_1'^2}{\varepsilon' + \varepsilon'_1}\,\varepsilon'\,y$$

De estas fórmulas se deduce la consecuencia de que las presiones en ambos paramentos varían proporcionalmente á la profundidad.

Se ve desde luego que haciendo $\varepsilon'\,\varepsilon'_1 = 1$, resulta:

$$R = R_0 \quad \text{y}\ r = r_0$$

Para llenar aquella condición con la mínima área del perfil, es decir, de la suma $\varepsilon' + \varepsilon'$, bastará adoptar para las variables estos valores:

$$\varepsilon' = 1$$

$$\varepsilon'_1 = 1$$

Con lo cual se tiene:

$$R = R_0 = r = r_0 = K\,y.$$

Este perfil ofrece, pues, la particularidad notable de que las presiones máximas en ambos paramentos son iguales, ya esté el embalse lleno, ya esté vacío; pero como el área, comparada con la del estudiado en el párrafo anterior, es más del doble, no es posible que se acepte en la práctica. Puede observarse también que á embalse vacío la presión máxima es igual á la que tiene lugar en un perfil rectangular de la misma altura, y de base igual á la mitad, es decir, de la misma área, de donde se deduce que desde el punto de vista de la altura á que puede elevarse un muro, teniendo en cuenta la presión máxima á que queda sometida la fábrica en su base, es indiferente adoptar la sección rectangular ó la triangular con los paramentos á 45 grados.

Para hallar los valores de ε' y ε'_1 que dan al perfil el área mínima, se establecerá la condición de que la presión en el paramento de aguas arriba sea igual en cada punto á la presión del agua, ó sea $r = y$. Esto equivale en virtud del valor de r á la siguiente

$$\frac{K(\varepsilon' + \varepsilon'_1)}{1 + \varepsilon'^2}\varepsilon' = 1 .$$

Introduciendo esta condición en el valor de R dado anteriormente, se obtiene

$$R = K y ,$$

es decir, la misma fórmula encontrada ya para el perfil triangular de paramento de aguas arriba vertical. Como existen dos variables ε' y ε'_1 puede imponerse además de la ya establecida, la condición de que su suma $\varepsilon' + \varepsilon'_1$ sea un mínimo, con lo que será mínima también el área del perfil, que le es proporcional.

El valor de $\varepsilon' + \varepsilon'_1$ es:

$$\varepsilon' + \varepsilon'_1 = \frac{1 + \varepsilon'^2}{K\varepsilon'} ;$$

igualando á cero la derivada de esta función con relación á la única variable ε' de que depende, resulta:

$$\frac{\varepsilon'^2 - 1}{\varepsilon'} = 0 \text{, de donde}$$

$$\varepsilon' = 1 , \quad \varepsilon'_1 = \frac{2 - K}{K} \quad \text{y} \quad \varepsilon' + \varepsilon'_1 = \frac{2}{K} .$$

Como el valor de K está comprendido entre 2 y 3 el de ε_1' será negativo, y de consiguiente inaceptable, puesto que las fórmulas no son aplicables en este caso, según se ha dicho ya; el límite posible para ε_1' será cero y entonces se reproduce el caso anterior de paramento interno vertical. Por otra parte, no ha lugar á establecer las fórmulas para valores negativos de ε_1' porque son inadmisibles en las presas los paramentos desplomados.

Resulta, pues, que el perfil triangular de paramento interno vertical es preferible por su menor área á otro perfil triangular, si ambos satisfacen la condición fundamental del método de M. Levy.

(Se continuará.)

REVISTA EXTRANJERA

Empleo de los imanes en los sondeos.

En un sondeo que se estaba haciendo cerca de Ostroppa, en Silesia, rompióse á 300 m. de profundidad la varilla de la sonda, imposibilitando la prosecución del trabajo.

Después de tres semanas de infructuosas tentativas para extraer los fragmentos de la sonda, se recurrió á un representante de una Compañía eléctrica de Berlín, y después de un detallado estudio del problema procedióse de la manera siguiente: Se tomó una barra de 1,50 m. de longitud y 70 mm. de diámetro, que se recubrió arrollando sobre ella en espiral un alambre aislado con caucho; introdújose en el pozo esta barra colgada de un cable al cual iba unido un conductor que enlazaba las espiras de la barra con un dinamo movido por la misma locomóvil que servía para el sondeo. La corriente que se empleó era de 30 amperes.

El imán de este modo constituído llegóse á poner, después de algunos tanteos, en contacto con los restos de la sonda, y éstos fueron entonces extraídos bajo la acción de un esfuerzo de 50 kilogramos.

Purificación y esterilización de las aguas potables.

M. Henri Bergé, profesor de la Universidad de Bruselas, ha propuesto un sencillísimo procedimiento para la purificación y esterilización de las aguas, que consiste en el empleo de un compuesto gaseoso poco conocido, el *bióxido de cloro*, ClO^2. Este compuesto gaseoso es soluble en el agua, se descompone por la acción de la luz, por la del calor y por el contacto con las materias orgánicas. Es un oxidante de energía grandísima, superior á la del ozono. Su acción es tal que bastan tres décimas de miligramo de este compuesto para esterilizar un litro de agua.

Su preparación es muy sencilla: consiste en descomponer el clorato de potasio por el ácido sulfúrico de 64° Réaumur á la temperatura ordinaria. Esta reacción química no es peligrosa.

Si se supone una proporción de 2 gramos para cada metro cúbico de agua, el costo total no excederá de $^1/_{10}$ de céntimo por metro cúbico.

Tiene este procedimiento la ventaja de que puede ser aplicado á todos los casos que se ofrezcan: á la depuración de las aguas de los abastecimientos públicos, á la de las fábricas, á la purificación del agua durante los viajes. No hace cambiar la composición química ni el gusto del agua; hace disminuir la proporción de materia orgánica y aumentar la de oxígeno en disolución.

Se han hecho experimentos de este sistema de purificación de las aguas en Ostende. En una Memoria de M. André, Inpector general delegado del Estado y de M. Verlaert, Ingeniero de la ciudad, aparece comprobado que este procedimiento es muy eficaz si las operaciones que exige se llevan á cabo con cuidado, con discernimiento y con regularidad. La acción del peróxido de cloro es muy enérgica; bastan quince segundos para reducir á la mitad la cantidad de materias orgánicas. El procedimiento es sencillo, práctico, económico y aplicable á un volumen cualquiera de agua. Sin embargo, cuando el agua es excesivamente impura es necesario reducir previamente la cantidad de materia orgánica por medio de filtros y depósitos de sedimentación.

Ensayos rápidos de las pinturas para la conservación de las piezas metálicas.

El químico alemán H. Loesner propone el método siguiente para el ensayo rápido de las pinturas. Se limpian con papel de esmeril unos palastros de hierro, se pintan con la pintura que se trata de ensayar, y se dejan secar durante cuatro días; transcurrido este plazo se les da una segunda mano de pintura y se les deja secar durante igual tiempo. Colócanse después los palastros con la cara pintada hacia abajo en unos listones de madera, sobre una vasija donde se hace hervir el agua. Entre los palastros y el agua debe haber una distancia de unos 50 mm. El nivel del agua se mantendrá próximamente constante por medio de una alimentación adecuada.

Prolóngase la ebullición durante quince horas y después se retiran los palastros, se secan á una temperatura de 100° C.; se quita la pintura con anilina y una bruza y se examina la superficie del metal; si no ha habido corrosión, puede considerarse buena la pintura, porque el autor admite que cada hora de este tratamiento equivale á dos ó tres meses de exposición á la acción atmosférica. De doce horas debe ser la duración mínima de un ensayo. Apenas hay pintura que resista una exposición más larga á la acción del vapor de agua, si se exceptúa la pintura aplicada por un procedimiento que el mismo autor ha ideado, y que consiste en moler el color con aceite de linaza y en presencia de una cierta proporción de cemento y arena. Debe evitarse que el cemento esté expuesto á la acción de la humedad antes de la aplicación de la pintura. El cemento, absorbiendo la humedad de la atmósfera, forma la capa impermeable que ha de preservar el metal de la oxidación.