

REVISTA EXTRANJERA

Influencia del hielo en la estabilidad de las presas de pantanos.

El Inspector general jubilado del Cuerpo de Puentes y Calzadas de Francia, M. Dupuy, acaba de publicar en *La Nature* una nota sumamente curiosa acerca de la influencia que ejerce el hielo en la estabilidad de las presas de embalse.

Ha llamado la atención de aquel Ingeniero, al leer los diversos estudios que se han publicado sobre estabilidad de las presas de pantanos, que nadie se haya ocupado de las acciones que ejerce el hielo. Es cierto, dice, que se acostumbra á romper el hielo, á medida que se va formando, en las inmediaciones de estas presas; pero, cuando la temperatura desciende á -15 ó -20° , la capa de hielo que se reconstituye entre dos operaciones consecutivas puede llegar á adquirir un espesor de más de 4 centímetros.

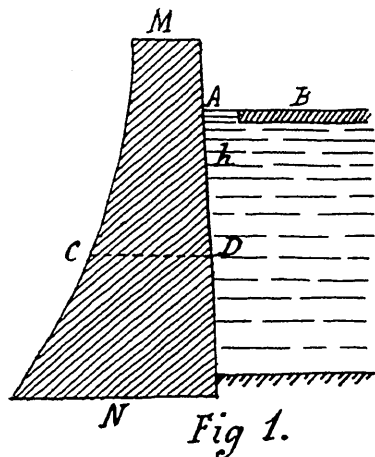
La acción de esta capa de 4 centímetros de hielo, parece á primera vista insignificante; pero un examen más detenido hace ver que es de suma importancia, como lo prueban las siguientes consideraciones:

En la Escuela de Puentes y Calzadas se han hecho con el hielo experimentos de rotura por aplastamiento. Se han formado, haciendo descender la temperatura del agua hasta 10 ó 15 grados bajo cero, unas pirámides truncadas de 4 centímetros de altura, y cuyas bases son cuadrados de 4 y 5 centímetros de lado respectivamente.

Sometida á esfuerzos de aplastamiento, una de las pirámides ensayadas soportó sin deformación una carga de 300 kilogramos, que equivale á $18^k,75$ por centímetro cuadrado de la base menor, de 16 centímetros cuadrados; la rotura se produjo bajo una carga de 720 kilogramos, ó sea 45 kilogramos por centímetro cuadrado.

En otro ensayo el prisma llegó á resistir sin deformación una carga de 324 kilogramos, ó bien, 20 kilogramos por centímetro cuadrado; se rompió bajo la acción de una carga de 640 kilogramos, 40 por centímetro cuadrado. La temperatura del aire, durante los experimentos, era de $+30^{\circ}$, y se puede admitir que la resistencia del hielo á la compresión puede llegar á 40 kilogramos por centímetro cuadrado.

Supongamos que, en un embalse, el agua retenida por la presa M N. (fig. 1.^a) tenga por superficie libre el plano horizon-



tal AB; que exista, en B, una capa de hielo de 40 á 50 centímetros de espesor, y que entre esta masa y la presa haya otra capa, cuyo espesor es de 4 centímetros.

El macizo B, sometido á las leyes de la dilatación, tenderá á aplastar la capa de 4 centímetros contra la presa, y el esfuerzo que esta capa ejercerá contra la obra, corresponderá á su resistencia á la rotura. Por cada metro de longitud de presa, el área de la capa de hielo, en contacto con el paramento de aguas arriba, es $100 \times 4 = 400$ centímetros cuadrados; y el esfuerzo ejercido por el hielo, $400 \times 40 = 16.000$ kilogramos.

Si se considera un plano horizontal CD, situado á una profundidad h bajo el nivel de la superficie libre del agua, el momento que tenderá á volcar el macizo superior á CD alrededor de la arista C, tendrá por valor $16.000 h$.

El momento del empuje del agua sobre el paramento vertical AD es igual, como se sabe, á $1.000 \frac{h^3}{6}$, por metro lineal de presa.

Dando á h diversos valores, se forma el siguiente cuadro:

	MOMENTOS DE LOS EMPUJES DEBIDOS	
	á la acción del hielo.	al empuje del agua.
Para $h = 5$ ms.....	80.000 km.	20.833 km.
Para $h = 10$ ídem.....	160.000 »	166.667 »
Para $h = 15$ ídem.....	320.000 »	1.333.333 »

Se ve que á 5 metros por debajo del nivel del agua, la acción del hielo es cuádruple de la debida al empuje del agua sobre el paramento vertical; á 10 metros, las dos acciones son próximamente iguales; á 20 metros, la acción del hielo no es más que la cuarta parte de la acción del agua.

¿Qué ocurrirá si una presa ha sido calculada sin tener en cuenta la acción del hielo? Se abrirá una junta j (fig. 2) en el punto

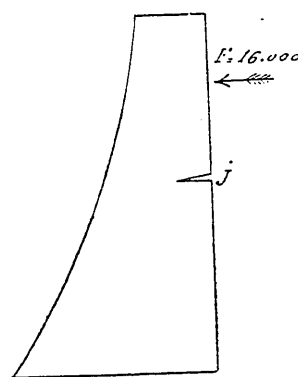


Fig 2.

más débil, es decir, en el punto en que las dos acciones producen la máxima presión en la fábrica; pero, al mismo tiempo, la presa se separará en A de la capa de hielo, que no ejercerá ya su acción sobre el paramento, y el equilibrio se restablecerá. Cuando se rompa el hielo, el muro volverá á su posición inicial, después volverá á formarse el hielo, la acción se ejercerá nuevamente y la grieta horizontal aumentará para cerrarse otra vez al mismo tiempo que cesa el esfuerzo, mas para cerrarse sin cesar de existir. Además, es imposible sospechar la existencia de esa grieta, que se halla oculta por el agua.

Cuando el nivel del embalse se eleve, la subpresión que se ejerce en la junta j se añadirá al empuje sobre el paramento vertical, y la rotura se podrá producir mucho antes de que el agua haya alcanzado el nivel con el cual la presa ha podido resistir anteriormente.

La rotura de la presa debe siempre producirse bruscamente, cuando es debida al empuje del agua. Tan pronto como el equilibrio se destruye, se produce una grieta por el lado del embalse, la subpresión que el agua ejerce sobre esta grieta se añade á la acción que la ha provocado, la grieta aumenta, el momento que tiende á volcar la presa crece al mismo tiempo, y la rotura debe ocurrir casi instantáneamente.

La valuación hecha por M. Dupuy del esfuerzo que la capa

de hielo de 4 centímetros de espesor puede transmitir á la presa es exacta, indudablemente, cuando la longitud de esta capa, ó sea la distancia entre la masa de hielo B y el paramento de aguas arriba de la presa es muy pequeña, porque entonces la capa de hielo sólo podrá romperse por aplastamiento, tal como lo supone el autor de la nota precedente. Pero, siendo la menor dimensión de la sección del prisma comprimido de hielo 4 centímetros solamente, se ve, que á poco que aquella distancia aumente, la capa de hielo se romperá por flexión (*flambage*) bajo un esfuerzo mucho menor que el calculado por M. Dupuy. Desde el momento en que la distancia entre el paramento y la masa B excede de 50 centímetros, doce veces y media la menor dimensión de la sección, la capa de hielo se romperá por flexión, y el esfuerzo capaz de producir la rotura decrecerá rápidamente á medida que aumente aquella distancia. Basta recordar que, en las fórmulas usuales para calcular ese esfuerzo, figura en el denominador el

cuadrado de la relación $\frac{l}{r}$ entre la longitud de la pieza y el radio mínimo de giro de la sección, cuyo valor es muy pequeño en este caso; y, sin necesidad de desarrollar cálculos, se presiente que bastará romper el hielo en una zona de pocos metros aguas arriba de la presa para reducir á proporciones insignificantes el peligro señalado por M. Dupuy.

Hay además otra circunstancia muy favorable, cuyo efecto es limitar ese esfuerzo. La carga que tiende á romper la capa de 4 centímetros es transmitida á ella por el macizo B de 40 á 50 centímetros de espesor, y no obra según el eje de la pieza comprimida que consideramos, sino muy escéntricamente, siendo esto causa de que llegue á producirse un momento flector capaz de romper el hielo con un esfuerzo relativamente pequeño.

El obelisco de Luqsor convertido en faro.

Entre la multitud de proyectos que diariamente se están imaginando para la Exposición universal de 1900, merece citarse la idea de colocar en la cúspide del obelisco de Luqsor, situado, como saben nuestros lectores, en el centro de la plaza de la Concordia de París, un foco eléctrico de gran potencia, proyecto que se trata de realizar decididamente. La lámpara será de una potencia luminosa de 1.800.000 cárcels de 10 bujías y su consumo de energía eléctrica de 2.250 watts, que serán suministrados por una de las nuevas centrales eléctricas que se establecerán con motivo de la Exposición.

La instalación de este foco de luz suscita algunas dificultades técnicas dignas de ser estudiadas y conocidas.

En primer lugar, no es admisible que los conductores se coloquen adosados al obelisco, lo cual produciría indudablemente un efecto desastroso. Para evitarlo, se ha propuesto perforar, según el eje del monolito, un agujero de 0^m,05 de diámetro, lo cual exigirá acudir al procedimiento del sondeo por medio de diamantes.

El monumento consta de un pedestal de granito de Cherburgo, cuya altura es de 8 metros, y el obelisco procedente de Egipto, de granito rojo de Siena, tiene una altura de 23^m,57; total, 31^m,57 para la altura del monumento completo.

Se calcula que, dada la dureza de estas piedras y utilizando la electricidad como motor, podrá avanzar la perforación á razón de 0^m,50 por hora, empleando la sonda de diamantes y adoptando una presión suficiente para el agua que deberá inyectarse en el agujero con el objeto de arrastrar los detritus. Este trabajo exigirá, en suma, un plazo de unos diez días.

La necesidad de instalar un taller de sondeo á una altura de 31^m,57 exigirá, por otra parte, andamiajes de gran importancia, que no es posible improvisar. A pesar de esto, no se trata de emprender los trabajos antes del año 1899.

Otra de las dificultades, que hasta ahora no se ha resuelto, consiste en disponer los medios que se deberán adoptar para poder inspeccionar diariamente el aparato; se ha propuesto el empleo de un pequeño globo cautivo convenientemente guiado, pero, como era natural, no se ha aceptado esta solución, que es, sin duda, poco práctica, y ofrece muchos inconvenientes fáciles de comprender.

BIBLIOGRAFIA

Extracto de las materias relacionadas con la Ingeniería contenidas en los sumarios de diversas revistas extranjeras publicadas recientemente.

- Génie civil* (3 Abril).—Puente de hormigón con rótulas descubiertas, sobre el Danubio, cerca de Inzigkofen, A. B.—Transmisión de la potencia motriz, por medio de la electricidad, á los aparatos de las estaciones de ferrocarriles, G. Dumont y G. Baignères.—La industria húngara en la exposición del millenario en Budapest (1896), C. Rosambert.—(10 Abril.) Transmisión de la potencia motriz, etc.—Obras del puerto de Constancia, Rumanía, G. Richou.—El petróleo, G. Lavergne.—(17 Abril.) Estación central eléctrica de Johannesburg, F. Schiff.—Instalación de un sistema central de condensación para motores de vapor, en las minas de carbón de Ewald, Wuillemier.—La adjudicación de los caminos de hierro del Estado del Brasil, J. Coureau.—El petróleo, G. Lavergne. (24.)—La nueva estación de Madrid-Atocha, J. N. Suss y H'Messier de Saint-James.—Medidas propias para aumentar la seguridad en el empleo de calderas de pequeños elementos, G. Lavergne.—Determinación de la cantidad de agua contenida en el vapor, J. *Génie moderne* (1.º Abril).—De los reóstatos, M. Caron.—Telémetro, A. Barr y W. Strond, J. de Reitz.—El obrero submarino, J. de R.—(15 Abril.) A través de las ciencias, las artes y los oficios, Mickhael Suni.—De los reóstatos, A. Caron.—Visita á una casa americana, J. de R.
- Electricien* (3 Abril).—Estación central eléctrica de la Davis Coal and Coke Company, Svilokossitch.—De las precauciones de seguridad en las instalaciones eléctricas, E. J. Brunswick.—Caja portátil para ensayos de aislamiento, Aliamet.—(10 Abril.) Ascensor electro-magnético, G. Dary.—Las aplicaciones industriales del ozono, E. Andreoli.—Sobre la fatiga magnética de los palastros de los transformadores, Aliamet.—De las precauciones de seguridad, etc.—Permutación vertical entre los conductores de un circuito telefónico, E. Piérard.—(17 Abril.) Instalación de una red telefónica sin conmutador central, E. Piérard.—El aluminio como conductor de la electricidad, M. F.—De las precauciones de seguridad, etc.—Indicador de tierra para circuitos de alta tensión.—(24 Abril.) Regulador eléctrico para turbinas, G. Dary.—Sobre la velocidad crítica de los árboles de las máquinas, F. Drouin.—Una nueva forma de reóstato del profesor Bergonié, Dr. Bertin-Sans.
- Electrical engineer* (2 Abril).—La construcción mecánica de la maquinaria eléctrica, F. M. Weymouth.—La distribución local de la potencia eléctrica en los talleres, E. Kilburn Scott.—(16 Abril.) La construcción mecánica, etc.—La distribución local, etc.
- Electrical World* (20 Febrero).—Rendimiento luminoso del arco de corrientes alternativas, A. E. Blondel y E. Jigouzo.—Acción disimilar de máquinas similares, W. Baxter.—Principios