

gas metálicas se habían torcido y desde hacía bastante tiempo habían tenido que reducirse sucesivamente las cargas, para cuya circulación estaba autorizado hasta el peso de 1.000 kilogramos.

El programa de las modificaciones necesarias puede enunciarse como sigue:

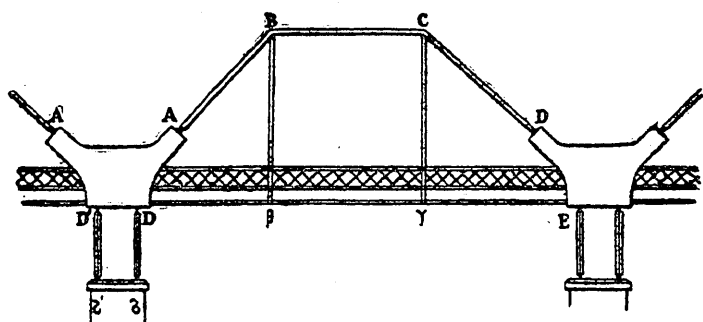
Disminución de la presión máxima debida al peso muerto sobre el macizo de cimentación, á fin de no aumentar la carga de los pilotes hincados en terreno dudoso, á pesar del aumento de las sobrecargas accidentales; sustitución de una carretera afirmada por el tablero de encina existente, de una conservación ruinosa; por consecuencia, reducción considerable del peso de las pilas, para compensar los aumentos de las cargas más arriba citadas; ensanche del tablero por la modificación de la anchura total de 6 metros existente entre las vigas-barandillas para la circulación á pie y del camino de hierro. Por lo tanto, establecimiento de andenes volados y elevación del nivel de la carretera, de tal modo que la solera superior de las vigas formase el borde de aquélla.

Mantener la circulación durante las obras, y, por consiguiente, conservar las vigas de celosía, á pesar de sus excesivas deformaciones.

Este programa ha podido ponerse en ejecución por procedimientos nuevos aplicados por la primera vez en Guildo.

El principio de la consolidación del puente de Guildo no es más que el de los puentes suspendidos semirrígidos, en los cuales un cable flexible sostiene una viga metálica rígida.

La antigua viga en celosía $D\delta\gamma E$ (véase la figura adjunta) ha



sido colocada sobre aparatos de dilatación formados por dos pequeñas pilas metálicas oscilantes $D\delta$, $D\delta'$, cuyas ligeras oscilaciones le aseguran la libertad completa de sus desplazamientos longitudinales en vista de la dilatación. Encima de estas pilas las antiguas vigas han formado bloque con un macizo de hormigón armado $AA' DD'$ que sirve de asiento á las piezas metálicas de consolidación, reducidas á las barras del trapecio $ABCD$ y á los enlaces $B\beta$ y $C\gamma$ que dividen la luz DE en tres partes sensiblemente iguales. Las piezas AB , BC y CD no están articuladas más que en A y en D y tienen juntas rígidas en B y C ; pero sus dimensiones, calculadas solamente en vista de la flexión vertical, son bastante débiles para que el sistema pueda considerarse como articulado en A , B , C y D .

El autor, M. Harel de la Noé, en la nota que publica los *Annales de Ponts et Chaussées* expone el método seguido en el cálculo de la armadura así constituida. En cuanto al piso de madera, ha sido reemplazado por un tablero de hormigón armado, formado de un piso forjado de 8 centímetros de espesor, con nervios de 70 centímetros de altura (fuera del forjado) y de 22 centímetros de anchura, espaciados de metro en metro próximamente. Los nervios están empotrados parcialmente por sus extremos en los montantes de hormigón y en las antiguas riostras que forman ahora tirantes.

Se han tomado las más minuciosas precauciones para asegurar un reparto igual de la carga sobre todos los pilotes de la cimentación. Con este objeto se han armado las pilas con un sistema de cadenas poderoso, que sirven de tirantes á parábolas invertidas que aseguran el reparto en el plano normal al table-

ro. En el plano perpendicular se obtiene aquél por medio de soleras de hormigón armado.—O.

ENSAYOS DE VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO

(CONTINUACIÓN)

Cuando la armadura metálica es horizontal, la fórmula que expresa la adherencia se deduce de la manera siguiente: en una sección cualquiera de la viga

$$M = Afd'$$

cuya derivada con relación á x (longitud de la viga) es:

$$\frac{dM}{dx} = Ad' \frac{df}{dx}$$

$\frac{dM}{dx}$ es el esfuerzo cortante V en la sección considerada, luego

$$\frac{Adf}{dx} = \frac{V}{d'} \quad (16)$$

el primer miembro de esta igualdad expresa la variación de la tensión total de las barras en dicha sección, y mide, por lo tanto, la acción que se transmite al hormigón por adherencia; se evalúa ordinariamente en kilogramos por centímetro cuadrado y por centímetro de longitud.

Si m es el número de barras, o la circunferencia ó perímetro de cada una y u la adherencia por unidad de superficie de barra, la adherencia total es

$$m. o. u$$

que tiene que ser igual á $\frac{V}{d'}$, luego

$$u = \frac{V}{m. o. d'} \quad (17)$$

fórmula que no es aplicable cuando las barras no son horizontales ó rectas, es decir, cuando d' es variable.

10. *Esfuerzos cortantes horizontales y verticales.*—Según se demuestra en mecánica, en toda sección de una viga se desarrollan esfuerzos cortantes verticales y horizontales cuyos valores por unidad de superficie son iguales entre sí, pero variables de una sección á otra. Según se ha indicado en el párrafo anterior, la tensión total de la armadura metálica varía con la longitud de la viga, lo mismo que la compresión total. Puede admitirse que el esfuerzo cortante horizontal relaciona los incrementos de la tensión total de la armadura con las de la compresión del hormigón, constituyendo este último material el alma de la viga. La tensión horizontal así transmitida por unidad de longitud es, según se acaba de ver,

$$mou = \frac{V}{d'} :$$

si se supone que se distribuye sobre una sección de la viga producida por un plano horizontal superior á las barras y en contacto con éstas, siendo v el esfuerzo cortante por unidad de superficie, la resistencia desarrollada por la viga por unidad de longitud es bv , que tendrá que ser igual á $\frac{V}{d'}$, luego

$$v = \frac{V}{ba'} \quad (18).$$

La fórmula anterior da el valor del esfuerzo cortante horizontal por unidad de superficie, y por lo tanto, el del vertical en un punto situado encima de las barras y muy próximo á éstas; ahora bien; como se admite que en el hormigón no hay tensión, los esfuerzos cortantes verticales y horizontales entre la armadura y la fibra neutra serán constantes. El estudio de la parte de viga inferior á las barras debe hacerse de otra manera. Por encima de la fibra neutra, los esfuerzos cortantes disminuyen según la ley en que varían los esfuerzos cortantes horizontales de las vigas homogéneas de sección rectangular, con la modificación inherente á la forma de la curva de las fuerzas y las deformaciones. La figura 9.^a representa la distribución de los esfuerzos cortantes horizontales en una sección vertical de la viga.

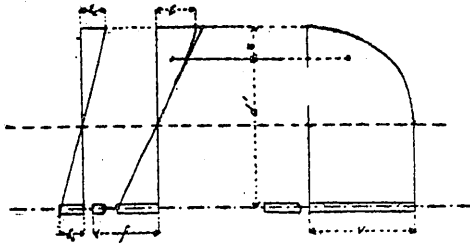


Fig. 9.

Como generalmente el valor de d' es poco diferente de $0,85 d$, el esfuerzo cortante dado por la fórmula (18) será un 18 por 100 mayor que si se distribuyera uniformemente hasta la armadura metálica; tampoco se modificaría mucho si se admitiese que el hormigón podía trabajar por tensión en una pequeña zona inferior á la fibra neutra. Cuando las barras no son rectas ú horizontales la fórmula (18) no se aplicará, porque se ha admitido que d' es constante.

11. *Tensión inclinada en el hormigón.*—En toda viga que trabaja por flexión, además de los esfuerzos cortantes horizontales y verticales ya considerados, existen fuerzas de tensión ó de compresión y esfuerzos cortantes con direcciones inclinadas, cuyas componentes horizontales son las únicas que intervienen en la determinación del momento flector. Cuando la viga no tiene alma metálica, es la resistencia del hormigón quien ha de contrarrestar la acción de aquellas fuerzas.

El valor de la tensión máxima inclinada por unidad de superficie es:

$$t = \frac{1}{2} s + \sqrt{\frac{1}{4} s^2 + v^2} \quad (19)$$

en cuya fórmula t es la tensión inclinada, s la tensión horizontal en el hormigón y v el esfuerzo cortante vertical ú horizontal, todos por unidad de superficie; la dirección de t hace con la horizontal un ángulo cuya cotangente es $\frac{1}{2} - \frac{s}{v}$.

Si la tensión del hormigón es cero:

$$t = v \quad (20)$$

y el ángulo de t con la horizontal es 45° .

12. Las fuerzas interiores que se desarrollan en una viga de hormigón armado dependen de las dimensiones de ésta, de las condiciones de la armadura metálica y de la distribución de las cargas; la que más se aproxima al límite de resistencia del material es la que ejerce influencia decisiva sobre la acción de la viga, siendo poco probable que dos ó más de aquellas fuerzas produzcan al mismo tiempo la rotura de la viga, y casi imposible constituir ésta de tal manera que resista en circunstancias

idénticas las fuerzas de tensión, compresión, adherencia, etcétera. Hay casos en los que por la forma y dimensiones generales de la viga, así como por la disposición de la armadura metálica, es relativamente fácil prever las fuerzas que producirán la rotura, y entonces bastará emplear las fórmulas que dan los valores de aquéllas.

13. *Rotura inicial y rotura definitiva.*—Al discutir los resultados de los ensayos es preciso distinguir con toda claridad la rotura inicial de la definitiva, porque durante el trabajo de la viga puede ésta experimentar ciertas alteraciones y roturas parciales que modifican sus condiciones, no siendo correcto juzgar lo que sucede en un principio por lo que ocurre posteriormente. Las primeras roturas parciales constituyen lo que puede llamarse la rotura inicial, cuya causa se considerará que produce también la rotura final de la viga. En una viga poco ó regularmente armada, cuando la carga es tal, que el metal trabaja más allá de su límite elástico, este material se alarga rápidamente, la fibra neutra se eleva, y las fuerzas de compresión crecen hasta un valor tal, que pueden determinar la rotura, cuya causa efectiva es el haber pasado el metal de su límite elástico; la carga máxima es muy poco mayor que la correspondiente al límite elástico del hierro. La rotura por tensión inclinada puede producir el deslizamiento de las barras. No siempre es posible conocer de una manera precisa la causa de la rotura, pero en la mayoría de los casos, el estudio detenido de la marcha del ensayo permitirá llegar á conclusiones satisfactorias.

14. *Rotura por la tensión del hierro.*—En las vigas poco armadas y cuya altura es pequeña con relación á la luz, la rotura no se produce, por regla general, antes que el metal haya llegado á su límite elástico, al cual corresponde una carga un poco menor que la máxima. La figura 10 (a) representa la forma carac-

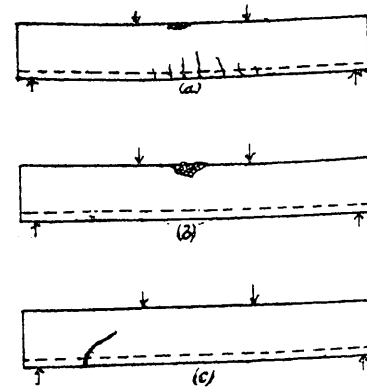


Fig. 10.

terística de la rotura por tensión del metal. Si se dibujan los diagramas, se observa que en el de las tensiones hay un cambio brusco en el punto correspondiente al límite elástico, existiendo otro cambio análogo en el de las compresiones.

Las vigas confeccionadas con hormigón de 1-3-6 y armadas con aceros cuyos límites elásticos son de 23,20 y 38,65 kilogramos por mm.², la rotura por tensión del metal se produce cuando los valores de p son 1,5 por 100 y 1,0 por 100 respectivamente. Las tensiones se calcularán con las fórmulas (12) ó (13). Hay que observar que las grietas representadas en la figura 10 (a) aparecen mucho antes que el metal llegue á su límite elástico, así como que también se forman, aunque con mucha menos extensión, cuando la rotura se produce por otras causas.

15. *Rotura por compresión del hormigón.*—Las vigas muy armadas pueden romperse por aplastamiento del hormigón en la cara superior de la viga antes que el metal llegue á su límite elástico. La dosis de éste necesaria para que el hormigón desarrolle toda su resistencia á la compresión de que es capaz, depende de su calidad y del límite elástico del metal. La figura 10 (b) representa la forma en que se produce la rotura en este caso.

Si se dibujan los diagramas, se observará que el correspondiente a los acortamientos de la fibra superior del hormigón se separa rápidamente de la recta del coeficiente de elasticidad constante, mientras que el del metal no sufre alteración alguna hasta que se llega cerca de la rotura, circunstancias que demuestran con toda claridad que el hormigón alcanza la carga de rotura sin llegar el metal a su límite elástico.

El cálculo de la compresión se hará con la fórmula (15).

El coeficiente de trabajo que se ha de tomar como base para calcular la resistencia de las vigas para que el hormigón desarrolle toda la compresión de que es capaz, será el que corresponde a la carga de rotura; pero es esta una cuestión que exige un estudio detenido. Ahora bien; la repetición de las cargas, así como la permanencia de éstas en vigas, cuyo hormigón sufre compresiones grandes, aconsejan la adopción de un coeficiente de trabajo inferior a la carga límite, con objeto de que el aplastamiento de aquel material coincida con la llegada del metal a su límite elástico.

16. *Rotura por deslizamiento del hierro sobre el hormigón.*—Rara vez sucede que la rotura inicial de una viga de hormigón armado se produzca por el deslizamiento del metal sobre el hormigón, cuya adherencia con la carga de rotura, calculada con la fórmula (17), varía desde 5 hasta 13,5 kilogramos por cm^2 ; se han hecho experimentos especiales sobre dicha adherencia con barras de acero dulce y con piezas perfiladas del mismo material, obteniendo con las primeras valores comprendidos entre 14 y 35 kilogramos por cm^2 , y con las segundas entre 20 y 70; pero hay que observar que las condiciones en que se hicieron los ensayos son muy distintas de las que concurren en una viga, por cuya razón en las aplicaciones se tomarán como base adherencias mucho más pequeñas que las que se acaban de consignar. No se tienen datos concretos acerca de la influencia del tiempo y de la repetición de las cargas sobre la adherencia entre el hierro y el hormigón, cuyo valor con barras dobladas en sentido vertical es mucho mayor que cuando éstas son horizontales en toda la longitud de la viga. La resistencia al deslizamiento de la armadura metálica sobre el hormigón depende de la mayor ó menor rugosidad de la superficie de las barras, de la uniformidad de su diámetro, de la adherencia que desarrolle el hormigón y de su contracción durante el fraguado. La mayor parte de roturas de vigas que se atribuyen al deslizamiento de las barras, tienen como causa original la falta de resistencia a las tensiones inclinadas u otros fenómenos secundarios. Las vigas corrientes armadas con barras horizontales de acero dulce se rompen con más facilidad por efecto de dichas tensiones inclinadas que por falta de adherencia entre el metal y el hormigón.

17. *Rotura por efecto del esfuerzo cortante en el hormigón.*—Los esfuerzos cortantes verticales y horizontales por unidad de superficie que se deducen con la fórmula (18) son menores que los obtenidos en los ensayos de vigas, cuyo valor medio es 10,5 kilogramos por cm^2 . Si se considera el punto de la viga que trabaja por tensión con la carga de rotura, el valor del esfuerzo cortante inclinado rara vez llega al doble del vertical. El esfuerzo cortante del hormigón varía del 50 al 75 por 100 de la compresión, hecho comprobado en los ensayos verificados en la Universidad de Illinois. Los esfuerzos cortantes que frecuentemente se consignan, del 15 al 35 por 100 de la compresión, proceden de ensayos de vigas en las que el momento flector tiene una importancia preponderante y cuyas roturas iniciales son producidas por tensiones, no siendo posible asegurar que en estos casos la rotura definitiva es por cortadura; debe atribuirse a tensiones inclinadas.

18. *Rotura del hormigón por tensión inclinada.*—Cuando el valor de la tensión inclinada es igual a la resistencia del hormigón a la tensión, la rotura de la viga tiene por causa aquella fuerza, siempre que no exista armadura metálica en el alma. La figura 10 (c) representa la forma en que se produce la rotura. Como el valor de la tensión inclinada máxima que da la ecuación (19) depende de la tensión horizontal en el mismo pun-

to, resulta difícil conocer su valor actual, siendo preferible, al parecer, determinar aquella tensión en función de los esfuerzos cortantes verticales y horizontales. El esfuerzo cortante vertical, por unidad de superficie, de las vigas con alma sin armadura y que rompen por tensión inclinada, varía de 7 á 10,5 kilogramos por cm^2 cuando se aplica la fórmula (18). Si se aplica la (19) al esfuerzo cortante vertical así determinado y a la tensión horizontal probable que se desarrolla en el hormigón por bajo de la fibra neutra, la tensión inclinada resultante será la resistencia máxima del hormigón a la tensión. La rotura por tensión inclinada se caracteriza por la aparición repentina de grietas, sin señales previas, como sucede en las vigas de hormigón sin armar. Algunas veces la rotura se verifica lentamente, tomando las barras parte del esfuerzo cortante, y entonces la rotura definitiva la produce el deslizamiento de las barras sobre el hormigón y su reparación de la parte superior de la viga, conforme se explica más adelante.

Es evidente que siendo el esfuerzo cortante vertical independiente del momento resistente, la relación entre la altura y la luz de la viga es quien determinará si la rotura de ésta tendrá lugar por tensión inclinada, por tensión de la armadura ó por compresión del hormigón. En las vigas cortas y altas, la tensión inclinada es la fuerza que principalmente rige su resistencia, mientras que en las de mucha luz y poca altura se puede prescindir de dicha fuerza.

Puesto que la tensión inclinada puede descomponerse vertical y horizontalmente u en otras direcciones, es posible aliviar al hormigón de una parte de aquella fuerza por medio de dos procedimientos: (1) doblando las barras en sentido vertical; (2) con estribos normales a éstas que tienen la componente vertical de la tensión inclinada.

19. *Rotura por separación de las barras de la parte superior de la viga.*—Algunas veces se produce la rotura de las vigas de hormigón armado al presentarse una grieta inclinada ó poco después, la cual se prolonga horizontalmente, separándose la armadura y el hormigón inferior a ésta del resto de la viga, efecto que se atribuye a una tensión vertical del hormigón transmitida a éste por la rigidez de las barras después que aquél ha agotado su resistencia a la tensión inclinada. Si en la viga representada en la figura 11 se produce una grieta inclinada CD , su trabajo

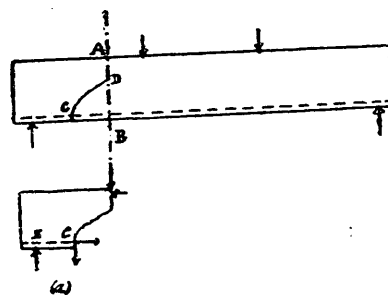


Fig. 11

no se realiza en condiciones normales, y una fracción del esfuerzo cortante vertical debido a la sección más grande de la viga es transmitida por DCB y por la rigidez de las barras al punto C y aquí aplicada a la sección de la izquierda en forma de una fuerza vertical descendente (a) representa esta última sección, que actúa como un cuerpo independiente. La fracción del esfuerzo cortante aplicada en C tiende a separar las barras del hormigón desde C hasta E , efecto que ha de ser contrarrestado por la resistencia del hormigón a la tensión en dirección vertical, que cuando es excedida se produce la rotura de la viga por separación de las barras del hormigón, y con deslizamiento ó sin él de aquéllas sobre éste; dicha separación supone una rotura por tensión inclinada, porque en tanto que la viga trabaja en condiciones normales no se producen tensiones verticales. Desde el momento en que se presenta la grieta CD , la viga puede considerarse como una armadura para cubierta. La forma de rotura

descrita se clasificará entre las secundarias, aunque en ciertas condiciones la carga de la viga antes de que se separen las barras del hormigón puede ser mucho mayor que la que determina la aparición de las grietas inclinadas, lo cual explica el hecho de que el hormigón inferior á las barras permanezca adherido á éstas.

Se tendrá siempre muy presente lo peligroso que es colocar las barras muy próximas entre sí y muy cerca de la cara inferior de la viga.

II.—Materiales, probetas y ensayos.

20. *Piedra*.—La empleada fué una caliza, cuyo peso por metro cúbico era 1.400 kilogramos y el volumen de huecos 45 por 100; se clasificó en tres grupos con dos cedazos, cuyas mallas tenían diámetros de 6 y 25 mm. respectivamente. El cuadro II contiene su análisis mecánico.

CUADRO II

Análisis mecánico de la piedra.

Diámetro de las mallas.	Cantidad retenida. — Kilogramos.	Cantidad que pasa.
51 mm.	0	100 %
25	0,23	96,5
12	4,09	37,2
6	1,84	9,2
2	0,50	1,7
Polvo.	0,25	"

21. *Arena*.—La arena, que era limpia y angulosa, se cribó por un cedazo con mallas de 6 mm., excepto la correspondiente á las vigas números 1 y 11, que se empleó en estado natural. Su peso por metro cúbico, sin comprimir, era 1.650 kilogramos; el volumen de huecos variaba del 28 por 100 al 30 por 100. El Cuadro III contiene su análisis mecánico.

CUADRO III

Análisis mecánico de la arena.

DIÁMETRO DE LAS MALLAS	CANTIDAD QUE PASA
5,3 mm.	99,0 %
2,0	73,0
0,9	46,0
0,3	8,0
0,2	2,3
0,1	1,0

22. *Cemento*.—Los hormigones se confeccionaron con un cemento formado por la mezcla de partes iguales de otros cinco procedentes de fábricas muy acreditadas.

CUADRO IV

Resistencias á la tracción del cemento.

Número de orden.	RESISTENCIAS EN KILOGRAMOS POR CM. ²			
	A los siete días.		A los setenta y cinco días.	
	Pasta.	Mortero de 1 X 3.	Pasta.	Mortero de 1 X 3.
1	48	28	53,4	35
2	50	24	50,6	42,8
3	45	23,4	40,7	39,4
4	62	23	45	38
5	49	23,8	53,4	34,4
6	51,5	27	"	35
Media.	50,75	24,9	48,6	20,8

Las probetas se conservaron en aire húmedo el primer día y en el agua durante los demás.

23. *Metal*.—Se empleó el acero dulce y el acero para herramientas en forma de barras redondas de 12,7 y 19 mm. de diámetro. De los ensayos practicados se dedujo que las primeras podían dividirse en dos grupos por lo que se refiere á las condiciones del metal, uno con 231,90 kilogramos por mm.² de límite elástico, y otro en que éste era 306; el de las barras de 19 milímetros era 200 y el del acero para herramientas, 373.

24. *Hormigón*.—Se confeccionaron varios cubos con el mismo hormigón con que se hicieron las vigas que se habían de ensayar, los cuales se conservaron en un local cubierto, sin humedecerlos, razón por la cual sus resistencias á la compresión tenían que ser bastante menores que las de las vigas. La media de dichas resistencias fué 86,44 kilogramos por cm.² con el hormigón de 1 X 3 X 6 y 10,70 con el de 1 X 2 X 4.

En el cuadro V se consignan las resistencias de vigas de hormigón sin armar rotas por flexión, en cuyos resultados se ha tenido en cuenta el peso propio de aquéllas y el de los aparatos necesarios.

CUADRO V

Ensayos de vigas de hormigón.

Dimensiones: 0,20 X 28 X 3,96..... Luz: 3,66.

Número de la viga.	Composición del hormigón.	Edad. — Días.	Carga máxima — Kilogramos.	Carga de rotura. — Kilogs. per cm. ²
64	1 X 3 X 6	58	544	25
65	1 X 3 X 6	59	571	40
66	1 X 2 X 4	59	476	26

25. *Vigas*.—Las dimensiones de las vigas de hormigón armado son las que tienen las que figuran en el cuadro anterior; el centro de la armadura se coloca á 25 centímetros de la cara superior, excepto cuando las barras tenían los extremos doblados; la dosis de acero se expresa con relación al área de la sección transversal comprendida entre el eje de la armadura y

la cara superior de la viga, sin descontar la parte correspondiente á las barras.

26. *Fabricación de las vigas.*—Se emplearon moldes de madera de pino cepillada que se colocaban sobre una hoja de papel fuerte en el suelo del laboratorio, los cuales dieron un resultado completamente satisfactorio, sobre todo si se tomaba la precaución de sumergirlos en agua antes de verter el hormigón, cuya confección se hacía de la manera siguiente: sobre una gran masera de hierro se mezclaban primero la arena y el cemento, después se agregaba la piedra, y por último el agua, sin dejar de revolver toda la masa así formada con palas manejadas por hombres, hasta que adquiría consistencia y aspecto completamente uniformes; la pasta resultante era más bien húmeda que seca. En cada masera se colocaban los materiales necesarios para producir el volumen de hormigón que hace falta para una viga y tres cubos de 15 centímetros. El relleno de los moldes se hacía por capas de unos 8 centímetros de altura que se apisonaban con todo cuidado, desmoldando á las cuarenta y ocho horas. La mayor parte de las vigas se confeccionaron con hormigón de una parte de cemento por tres de arena y por seis de piedra, medidas en volumen sin comprimir; muy pocas con el de $1 \times 2 \times 4$. El peso medio de las vigas fué 544 kilogramos, que equivale á 24,50 kilogramos por m.³

27. *Conservación de las vigas.*—Durante los sesenta días que habían de transcurrir hasta su rotura se conservaron al aire, regándolas hasta el tercer día, en un local cubierto cuya temperatura oscilaba entre 15° y 20° C.; las dimensiones de este local eran bastante reducidas, por cuyo motivo hubo necesidad de apilar las vigas, habiendo sucedido que una de las pilas se cayó, rompiéndose quince vigas, algunos de cuyos trozos se ensayaron con resultados muy interesantes. La viga núm. 18, rota á los 75 centímetros de su centro, resistió una carga máxima de 8.160 kilogramos, aplicada en dos puntos separados 3,50, entre los que el esfuerzo cortante es *cero*, es decir, que no había tensión inclinada.

Ω.

(Se continuará.)

BIBLIOGRAFIA

Cálculo gráfico y Nomografía, por M. d'Ocagne.—Un tomo de la *Enciclopedia Científica*.

Creemos inútil esforzarnos en poner de manifiesto la utilidad é importancia de este libro. Su autor—cuyos trabajos son seguramente conocidos de nuestros lectores—ha inventado nuevos métodos para representar gráficamente las fórmulas algébricas y ha sistematizado sus trabajos y los de sus predecesores, creando—con el nombre de Nomografía (1)—un nuevo cuerpo de doctrina de gran aplicación en los estudios de ingeniería. El mérito de esta labor, consagrado por la Academia de Ciencias de París que le concedió uno de sus premios más importantes, y por la gran aceptación que ha tenido la Nomografía en Francia y en otros muchos países, ha valido á M. d'Ocagne una autoridad indiscutible é indiscutida en este orden de estudios, y su forma es la mejor recomendación de las obras que escribe.

Esta que ahora nos ocupa se dirige principalmente á los técnicos: á los Ingenieros que buscan mejor que altas especulaciones matemáticas, métodos prácticos que les permitan ejecutar rápidamente los cálculos necesarios en el ejercicio de su profesión.

Se compone de dos libros, á los cuales precede una breve introducción destinada á definir un sistema especial de coordenadas, bautizadas por M. d'Ocagne con el nombre de *coordenadas paralelas*, cuya aplicación es muy frecuente en los cálculos nomográficos.

El libro primero, dedicado al *Cálculo gráfico*, se divide en dos capítulos: *Aritmética y Álgebra gráficas, Integración gráfica*; en el libro segundo se expone todo lo relativo á la *Nomografía* en tres capítulos: *Representación nomográfica por líneas concurrentes, Representación nomográfica por puntos alineados, Representación nomográfica por medio de puntos acotados diversamente asociados*.

Todas estas materias están expuestas en forma didáctica y elemental con la claridad y precisión que son habituales en M. d'Ocagne.

Aquí daríamos por terminada esta breve nota si no creyéramos conveniente llamar la atención del lector acerca de una afirmación que se contiene en el prólogo del libro. Indicase allí que generalmente pueden los Ingenieros admitir sin inconveniente ninguno el error relativo que se comete en los cálculos gráficos, y es esta una verdad en que conviene insistir siempre que la ocasión se presente; porque hay muchos Ingenieros que creen necesario emplear siempre procedimientos de cálculo de rigurosa exactitud, excluyendo sistemáticamente el empleo de la regla logarítmica y de los procedimientos gráficos de cálculo, y no puede haber, en nuestra opinión, exclusión menos justificada.

Los Ingenieros manejan en sus cálculos fórmulas que sólo de un modo aproximado—á veces muy poco aproximado—representan las leyes del fenómeno á que se aplican; admiten constantes específicas en cuya determinación caben errores no siempre despreciables; emplean en sus construcciones piezas que necesariamente presentan defectos más ó menos graves de fabricación, cuyas formas y dimensiones no son exactamente las mismas que se les asigna en el proyecto. Además, ni les es posible determinar con exactitud todos los esfuerzos exteriores á que la obra ha de ser sometida, ni menos aún puntualizar el efecto que en ella han de producir las trepidaciones, las variaciones de temperatura, la humedad, etc.

Para estas y otras causas igualmente inevitables de error, sólo hay un medio: la adopción de los coeficientes de seguridad que la práctica aconseja.

De nada sirve llevar con gran rigor los cálculos para deducir de las fórmulas cinco, seis ó más cifras exactas, si necesariamente por imperfecciones de las hipótesis en que los cálculos se fundan, la segunda cifra (y aun quizás la primera) ha de ser dudosa casi siempre.

El Ingeniero que redacta un proyecto—sobre todo si éste entraña alguna novedad—ha de discutir minuciosamente las fórmulas que emplee, ha de comprobar por cuantos medios estén á su alcance si las hipótesis que han servido para establecerlas pueden aplicarse fundadamente al caso que á él le interesa, y en este trabajo preliminar ninguna precaución será excesiva.

Pero para realizar los cálculos, cualquiera de los métodos usuales es de ordinario bastante exacto, y el más sencillo es el mejor, porque da mayor seguridad de evitar los únicos errores temibles; los errores groseros que á veces se deslizan en un cálculo complicado. Bien puede asegurarse que nunca se ha hundido una obra por un error de cálculo en la cuarta cifra; el tiempo que se dedica á esos cálculos exactos es casi siempre totalmente perdido y los libros que permiten suprimir ó limitar esta enojosa tarea—entre los cuales ocupa el de M. d'Ocagne un lugar preeminente—no deberían faltar en la biblioteca de ningún Ingeniero.

(1) M. d'Ocagne.—*Traité de Nomographie*.—Paris, 1899.—Gauthier-Villars.