

una obra de hormigón armado cuya resistencia era superior á 40 kilos por milímetro cuadrado y cuyo límite elástico estaba comprendido entre 16 y 18 kilos, y considerando verdaderamente atrevido imponerles una fatiga calculada en 12 kilos por milímetro cuadrado, pues un pequeño error de apreciación en las cargas y sobrecargas hubiera determinado el agrietamiento completo de la obra, nos hemos visto precisados á rechazarlas.

Es fácil obtener de las fabricas 22 ó 24 kilos por milímetro cuadrado.»

La importancia de esta observación es tanto mayor cuanto que los puentes metálicos se hacen casi todos de acero dulce, definido por sus propiedades mecánicas.

Antiguamente los límites de trabajo impuestos á los metales que entran en las construcciones civiles eran fijos, cualesquiera que fuesen las variaciones, ya en magnitud ó ya en dirección de los esfuerzos, á los cuales se sometían las piezas metálicas.

Estos límites de trabajo se deducían:

- 1.º De las cargas de rotura.
- 2.º De los límites de elasticidad.

Así, para las piedras y las maderas, el límite de trabajo se fijaba en $\frac{1}{10}$ de la carga de rotura.

Para el hierro, cuyo límite de rotura se ha considerado siempre de 36 kilos por milímetro cuadrado, el límite de trabajo se fijaba en $\frac{1}{6}$ de la carga de rotura.

En cuanto al límite de elasticidad de estos hierros, se exigía que fuese por lo menos igual á 15 kilos por milímetro cuadrado.

Las causas de alteración y de destrucción de los materiales y las incertidumbres respecto de su constitución eran mucho más grandes en los dos primeros casos (piedras y maderas, coeficiente $\frac{1}{10}$) que en el tercero (hierros, coeficiente $\frac{1}{6}$).

Además, por lo que concierne á los hierros, este límite en las armaduras, expuestas á vibraciones, era determinado por las consideraciones siguientes:

Se demostraba sumariamente, y se admitía que, bajo la acción de las cargas dinámicas, el trabajo de los hierros en las piezas de las armaduras podía ser doble. El trabajo máximo podía, por lo tanto, pasar momentáneamente de 6 á 12 kilos, y quedaba un margen de

$$15 - 12 = 3 \text{ kilos.}$$

para hacer frente á los defectos de homogeneidad.

Para el acero dulce se exige el límite de elasticidad de 22 kilos, á fin de poder contar con un límite de trabajo de

$$10 \text{ kilos por milímetro cuadrado.}$$

Este trabajo máximo, que puede doblarse bajo la acción de las cargas dinámicas, es susceptible de llegar á 20 kilos, y quedan todavía 2 kilos para hacer frente á los defectos de homogeneidad.

Este defecto de homogeneidad es ciertamente menor con el sistema de paquetes que con un metal fundido en lingotes en moldes.

Las cargas de rotura de estos aceros dulces deben oscilar alrededor de 42 kilos y separarse poco de este límite, bajo pena de obtener aceros demasiado blandos ó bien—y esto es más peligroso—aceros duros y quebradizos, faltándoles á las piezas la elasticidad necesaria para soportar flexiones y vibraciones.

En este caso el límite de trabajo llega hasta $\frac{1}{4}$ casi de la carga de rotura.

La experiencia ha probado, ya para los puertos de carretera, ya para los de ferrocarril, ya para los puentes-canales, que esta proporción no es exagerada.

Es conveniente poner en relación los coeficientes propios de los aceros con los coeficientes especiales de los hierros antiguos, hierros pudelados ó soldados.

Estos coeficientes para ser comparables suponen:

- 1.º Que no se ha hecho ninguna deducción para los agujeros de los roblones.

- 2.º Que son constantes, cualquiera que sea el sentido y la magnitud de los esfuerzos á los cuales las piezas están sometidas, con tal que estos esfuerzos no pasen del límite de elasticidad.

Pongámoslos enfrente unos de otros:

	HIERROS	ACEROS DULCES
Carga de rotura.....	56 kilos.	42 kilos por término medio (de 40 á 44).
Alargamiento antes de la rotura.....	15 á 20 %	24 %
Límite de elasticidad..	15 kilos.	22 kilos.
Límite de trabajo.....	6 kilos.	10 kilos.

Las cifras absolutas que preceden deben, para tener en cuenta las leyes de Wöehler, variar:

- 1.º Con la magnitud de los esfuerzos periódicos á los cuales las piezas de armadura están sometidas.
- 2.º Con el sentido de estos esfuerzos.

Además, debe hacerse deducción de la sección total de huecos que corresponden á los agujeros de los roblones.

Los límites de trabajo que se deben considerar en estas condiciones, llamando *A* el más pequeño y *B* el más grande de los esfuerzos, son:

- 1.º Para el hierro, en lugar de un límite constante de 6 kilos, los límites:

$$6 + 3 \frac{A}{B} = 6 \left(1 + \frac{1}{2} \frac{A}{B} \right) \left\{ \begin{array}{l} \text{esfuerzos siempre en el mismo sentido.} \end{array} \right.$$

$$6 - 3 \frac{A}{B} = 6 \left(1 - \frac{1}{2} \frac{A}{B} \right) \left\{ \begin{array}{l} \text{esfuerzos de sentido contrario, extensión y compresión alternativas} \end{array} \right.$$

- 2.º Para el acero, en lugar de un límite constante de 10 kilos:

$$8 + 4 \frac{A}{B} = 8 \left(1 + \frac{1}{2} \frac{A}{B} \right) \left\{ \begin{array}{l} \text{esfuerzos siempre del mismo sentido.} \end{array} \right.$$

$$8 - 4 \frac{A}{B} = 8 \left(1 - \frac{1}{2} \frac{A}{B} \right) \left\{ \begin{array}{l} \text{extensión y compresión alternativas.} \end{array} \right.$$

Prácticamente no se separan estos límites mucho de los límites extremos siguientes:

Para el hierro, de 5 á 8 kilos.

Para el acero, de 8 á 12 kilos.

El antiguo límite fijo de trabajo de 10 kilos para el acero constituye, por lo tanto, el valor medio de los nuevos límites, lo que confirma su carácter prudente, práctico y racional.

Pero se concibe bien que este límite de trabajo de 10 kilos esté demasiado cerca de los límites 16 y 18 kilos, de la elasticidad perfecta y esencial para que estas últimas cifras puedan adoptarse con toda seguridad.

Hormigón armado.—Su empleo en las obras públicas.

M. G. Espitallier ha presentado el 2 de Octubre de 1908, ante la «Société des Ingenieurs civils de France», una comunicación que creemos útil resumir.

Después de recordar las vacilaciones que hubo al principio, cuando se trató de introducir el hormigón armado en la práctica de las obras públicas, M. Espitallier manifiesta que si bien el período de empirismo aún no se ha cerrado, las aplicaciones son hoy bastante numerosas y los hechos de experiencia bastante concluyentes para que se tenga completa confianza en los métodos de cálculo.

Lo que caracteriza esencialmente el hormigón armado, ó más exactamente la fábrica armada, es la exacta colocación de los

dos elementos, hierro y fábrica, en el lugar que le asignan sus propiedades particulares para que ejerzan cada uno el modo de acción más apropiado. Si uno de los dos elementos no concurre á la resistencia, no hay, propiamente hablando, fábrica armada.

Después de examinar las condiciones que caracterizan la construcción de hormigón armado, M. Espitallier pasa revista á los diferentes géneros de obras en las cuales se aplica.

En primer lugar están los *puentes*, á los cuales el empleo del hormigón armado permite poderles dar á la vez una gran luz y una pequeña flecha con una ligereza favorable al establecimiento de un buen cimiento. El hormigón armado se presta, por otra parte, al establecimiento fácil y directo de esta cimentación, suprimiendo los recintos y ataguías provisionales, si se hace uso, ya de pilotes y tablestacas, ya de cajones igualmente de hormigón armado.

En la construcción de *presas y muros de sostenimiento*, el hormigón armado interviene igualmente por su elasticidad, que le permite resistir á los esfuerzos de flexión debidos al empuje.

Las mismas cualidades se manifiestan en ciertas *ménsulas* de gran luz y en la construcción de *chimeneas altas* de las fábricas y en las torres de los *faros*, sometidas á la acción del viento.

Los primeros proyectos de faros de hormigón armado fueron rechazados con el pretexto de que, por consecuencia misma de la elasticidad, eran de temer vibraciones y oscilaciones incompatibles con el buen funcionamiento de los aparatos ópticos, reproche que también puede dirigirse á los faros metálicos. Pero es de observar que el sistema de construcción con hormigón armado atenúa estos efectos, si se tiene en cuenta que la linterna se establece en este sistema en un cilindro interior que no está sometido directamente ni á la acción del viento ni al choque de las olas.

En los trabajos marítimos hay lugar de señalar especialmente los *pilotes* y las *tablestacas* de hormigón armado, cuya duración parece ser indefinida, mediante algunas precauciones en la confección y en la hinca.

El nuevo sistema de construcción encuentra aplicaciones ventajosas en los *muros de muelles*. Dos métodos hay en uso. En el primero, el muro lo forman una pantalla, una solera horizontal y contrafuertes que enlazan estos dos elementos; la solera está cargada por detrás con todo el peso de la tierra superpuesta y es esta carga la que equilibra el empuje. En el segundo método se emplean cajones dispuestos para la flotación y en cuyos compartimientos se introducen, para lastrarlos, bien hormigón ordinario, ó bien piedras partidas, arena ó tierra.

Por el mismo procedimiento se construyen los *rompeolas* y los *diques*, de los cuales existen numerosos ejemplos ya.

Finalmente, debe citarse también una aplicación importante del hormigón armado, la relativa á la *protección de dunas y de márgenes*. El sistema no consiste en extender sobre el talud una losa de espesor uniforme, la cual, dada la extensión de la superficie, no tardaría en agrietarse por consecuencia de los hundimientos parciales del suelo, sino que, por el contrario, se establece una red resistente de vigas, cuyas mallas se cierran simplemente con losas de pequeña dimensión y de débil espesor, disponiendo en la red misma juntas de dilatación. Se ha procedido de esta manera, con un éxito completo, para la protección de dunas en Vendée.

Distribuciones de agua.—Influencia de los contadores en el consumo.

El sistema de distribución llamado de caño libre, que da una confrontación insuficiente del consumo á domicilio, se presta á numerosas críticas: favorece el despilfarro, no obliga al abonado á que tenga interés por conservar en buen estado su canalización y sus aparatos de toma, y lleva consigo gastos suplementarios para la aducción ó la impulsión de volúmenes de agua inútilmente gastados, sin provecho ninguno para la higiene.

No hay más que un remedio á estos múltiples inconvenientes: el establecimiento obligatorio de un contador sobre cada acometida privada. Este sistema es excelente y produce efectos inmediatos, como lo demuestran los ejemplos siguientes.

Véase ante todo la relación del consumo medio por día y habitante, en 1902, en algunas ciudades alemanas, servidas unas por el sistema de caño libre y otras por contador:

CON CONTADOR	Litros.	CON CAÑO LIBRE	Litros.
Berlin.....	78	Hambourg.....	174
Breslau.....	83	Zurich.....	213
Magdebourg.....	89	Lübeck.....	242
Stettin.....	68	Francfort ^s /M.....	162
Charlottenbourg.....	76	Augsbourg.....	246
Leipzig.....	68	Barmen.....	193
Kiel.....	62	Wurzburg.....	230
Posen.....	51	Oberhausen.....	178
Postdam.....	57	Unna.....	191
Hanover.....	64	Hagen ^s /w.....	130
Halberstadt.....	65	Soet.....	196

En Magdebourg se puso en 1879 el contador obligatorio, y el consumo mensual máximo bajó desde 684.000 m³ en 1879 á 338.000 m³ en 1880; se redujo, pues, en más de la mitad.

En Bromberg, las notas tomadas en un cierto número de inmuebles antes y después de la instalación del contador acusan los consumos siguientes:

INMUEBLE	Antes.	Después.
	Mtrs. cúb.	Mtrs. cúb.
a.....	4.257	2.864
b.....	4.981	933
c.....	6.398	684
d.....	19.883	818
e.....	11.125	3.132
f.....	5.848	2.492
g.....	3.314	1.619
h.....	36.431	9.794
i.....	4.680	456
j.....	6.085	4.048

El contador se hizo obligatorio en Octubre de 1904; las estadísticas demuestran que el consumo total fué:

Del 1.º de Abril de 1903 al 1.º de Abril de 1904, de 2.156.503 metros cúbicos.

Del 1.º de Abril de 1904 al 1.º de Abril de 1905, de 1.824.750 metros cúbicos.

Del 1.º de Abril de 1905 al 1.º de Abril de 1906, de 1.471.062 metros cúbicos.

Esto es, una reducción de 700.000 m³ ó más del 30 por 100.

En Dessau, la obligación del contador hizo descender el consumo medio diario por habitante de 133 litros en 1902-1903 á 90 litros en 1905-1906. Es necesario añadir que esta disminución en el consumo, ó más exactamente en el despilfarro del agua, arrastra una reducción paralela de los gastos de explotación del servicio; en Magdebourg, el consumo mensual de carbón descendió de 608 toneladas á 322, obteniéndose una economía anual de más de 3.000 toneladas; en Bromberg, los gastos de las bombas han disminuido en un 30 por 100.

Estas cifras son de tal naturaleza que obligan á reflexionar y engendran el convencimiento de que en muchos casos los gastos de primer establecimiento de conservación y comprobación de los contadores se compensan con exceso por las economías realizadas en las otras ramas del servicio de la distribución.

(Technique Sanitaire.)