

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

ENSAYOS DE VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO

El Consejo de Administración de la Universidad de Illinois (Estados Unidos) acordó en 8 de Diciembre de 1903 la creación de una estación experimental de Ingeniería, cuyo objeto había de ser el estudio de cuestiones y problemas relacionados con el arte del Ingeniero y con el perfeccionamiento de toda clase de industrias, tanto desde el punto de vista técnico como desde el económico.

Uno de los primeros trabajos que comprendió la estación versó sobre el hormigón armado y sobre las propiedades del hormigón que tienen influencia sobre las construcciones de hormigón armado, cuyos resultados se publicaron en el *Boletín* número 1, del cual no ha sido posible obtener ejemplar alguno, porque se agotó la tirada en muy poco tiempo. Sin embargo, algo se puede decir sobre dichos resultados, porque en el *Boletín* número 3, que describe la estación experimental, se consigna un resumen sumamente breve de los principales puntos tratados en el núm. 1 y de alguna de sus conclusiones. Dicho resumen es el siguiente:

Los ensayos de vigas de hormigón armado verificados durante el año 1904 constituyen la investigación más extensa y sistemática sobre este material hecha en los Estados Unidos con resultados que aclaran muchos puntos hasta ahora muy discutidos. La forma de realizar los ensayos, de inspeccionarlos, de adquirir los materiales y aparatos, son elementos que contribuyen á que el valor de las conclusiones á que se ha llegado sea bastante mayor que el de otros trabajos análogos. Uno de los puntos estudiados fué la adherencia entre el hormigón y el acero, así como la relación entre los esfuerzos de compresión y las deformaciones correspondientes; la medida de estas últimas en vigas de hormigón ordinario demostró que hasta producirse la rotura por tensión el coeficiente de elasticidad correspondiente era prácticamente igual al obtenido con la rotura por compresión, y no la mitad como se admitía por muchos autores. También se estudió la acción del hormigón y del acero en vigas de hormigón armado, demostrándose que el hormigón se rompía por tensión con la carga límite corriente, y no con una diez veces mayor, como se afirmaba por muchos; el alargamiento adicional del acero en el momento de la rotura apareció con toda claridad en los diagramas.

En los ensayos de 1904 se estudió también la flexión, la determinación exacta de la posición de la fibra neutra, un cálculo del momento resistente de la viga en función de la tensión del acero, el valor que puede concederse á un procedimiento experimental para fijar la posición de la fibra neutra, la dosis de

acero más conveniente con un hormigón determinado, y, por último, el efecto del límite elástico del metal y de la forma de las barras sobre la resistencia de las vigas, llegando á la conclusión de que en las que no tienen la cantidad de metal necesaria para desarrollar todo el esfuerzo de compresión que de ellas se puede obtener y cuya rotura no se produce por esfuerzos secundarios, el máximo de resistencia tiene lugar poco después del límite elástico del metal y no cuando el trabajo de éste es un máximo, por cuya razón dicho límite ejerce mucha influencia en la disposición de la viga. Otra conclusión de los ensayos es que las curvas de las cargas y de las deformaciones parecen demostrar que durante el segundo período el hormigón no trabaja por tensión, en forma tal que se puede prescindir del valor de ésta al calcular el momento flector, no siendo exacta la afirmación de que el alargamiento continúa contribuyendo al aumento de resistencia de la viga.

Los ensayos verificados durante el año 1905 se emprendieron con objeto de desarrollar los principios fundamentales que rigen las construcciones de hormigón armado y preparar los ensayos que se habían de hacer en épocas sucesivas; desde el primer momento se consideró preferible limitar dichos ensayos al estudio exclusivo de las vigas, prescindiendo en absoluto de los detalles de construcción.

Como en la discusión de los resultados de los ensayos hay que referirse á las fórmulas y procedimientos de cálculo empleados, es muy conveniente explicar, aunque sea de una manera breve, los principios adoptados y la nomenclatura empleada en el estudio analítico de la flexión, así como las diversas maneras en que puede producirse la rotura de las vigas.

El *Boletín* núm. 4 de la Estación experimental de Ingeniería de la Universidad de Illinois comprende el estudio y las conclusiones de los ensayos hechos con vigas de hormigón armado durante el año 1905, constituyendo el presente artículo un extracto del contenido de dicho *Boletín*, dividido en tres secciones:

- I. Resistencia de las vigas á la flexión.
- II. Materiales, probetas y ensayos.
- III. Resultados experimentales y discusión.

I.—Resistencia de las vigas á la flexión

1. *Generalidades.*—El estudio de la flexión de las vigas de hormigón armado es más complicado que el de las de hierro ó de madera, en las cuales las únicas fuerzas interiores que se consideran son las tensiones y compresiones horizontales y en algunos casos los esfuerzos constantes verticales y horizontales, prescindiendo por completo de las demás por su poca importancia, mientras que en las vigas de hormigón armado, estas últimas fuerzas pueden ser causa de su falta de resistencia,

por cuya razón siempre se tendrán en cuenta, excepto en los casos en que por la forma general de las vigas y por sus dimensiones se pueda asegurar que dichas fuerzas tienen una intervención inapreciable en la resistencia de aquéllas. Toda viga de hormigón armado puede romperse por una ó varias de las causas siguientes: primera, tensión del metal; segunda, compresión del hormigón; tercera, esfuerzo cortante del hormigón; cuarta, deslizamiento de las barras; quinta, tensión inclinada del hormigón; sexta, separación de las barras del hormigón, acción de los apoyos, etc. La forma en que cada una de estas causas interviene en la resistencia de las vigas depende de la dosis de metal, de la calidad de éste, de la del hormigón, de la relación entre la altura y la luz de la viga, de la disposición de la armadura metálica y de otras varias circunstancias. Por regla general, no se necesita hacer muchos cálculos para prever las causas que producirán la rotura de una viga determinada.

Antes de considerar con detalle cada una de las causas que pueden producir la rotura de una viga de hormigón armado, se describirá brevemente el procedimiento analítico para estudiar la flexión de las vigas rectas, admitiendo las hipótesis siguientes: primera, que las cargas son normales á la longitud de la viga; segunda, que los apoyos permiten sus movimientos longitudinales; tercera, que las secciones planas continúan siéndolo después de la flexión; cuarta, que los alargamientos del metal y del hormigón que le rodea son simultáneos; quinta, que la tensión del hormigón es muy pequeña en la parte de la viga, donde el momento flector es un máximo, que por lo menos puede despreciarse al calcular el momento resistente correspondiente á la carga máxima. El estudio se limita á las vigas rectangulares armadas solamente en la parte que trabaja por tensión.

2. *Notación.*—En todo el estudio analítico se empleará la notación siguiente:

b = ancho de la viga.

d = distancia entre la cara comprimida y el centro de la armadura metálica.

A = área de la sección de la armadura.

$$p = \frac{A}{b d}.$$

o = circunferencia ó perímetro de la sección de una barra.

m = número de barras de la armadura.

E_s = coeficiente de elasticidad del metal.

E_c = coeficiente de elasticidad inicial por compresión del hormigón.

$$n = \frac{E_s}{E_c}.$$

f = tensión por unidad de superficie en la armadura.

c = compresión por unidad de superficie en la fibra del hormigón más separada de la fibra neutra.

c' = compresión por unidad de superficie que produce la rotura por aplastamiento.

E_s = deformación del metal por unidad de longitud.

E_c = deformación de la fibra del hormigón más separada de la fibra neutra, por unidad de longitud.

E'_c = deformación, por unidad de longitud, en el momento de producirse la rotura por aplastamiento.

$$q = \frac{E_c}{E'_c}.$$

k = relación entre la distancia desde la cara comprimida á la fibra neutra y d .

z = distancia desde la cara comprimida al centro de gravedad de las fuerzas de compresión.

d' = distancia desde el centro de la armadura metálica al centro de gravedad de las fuerzas de compresión.

ΣX = suma de las fuerzas de compresión horizontales.

M = momento resistente en una sección cualquiera.

s = tensión horizontal, por unidad de superficie, en el hormigón.

t = tensión inclinada, por unidad de superficie, en el hormigón.

u = adherencia, por unidad de superficie, de las barras metálicas.

σ = esfuerzo cortante vertical y horizontal, por unidad de superficie, en el hormigón.

3. *Relación entre las fuerzas y las deformaciones en el hormigón comprimido.*—En el hormigón no existe proporcionalidad entre las deformaciones y las fuerzas que las producen cuando éstas varían entre límites muy separados como sucede en el acero, es decir, que la deformación producida por una carga no es proporcional á la compresión correspondiente. Se han propuesto varias curvas para representar la ecuación que enlaza las deformaciones y los esfuerzos, siendo la parábola la más aceptada, por ser la que más se aproxima á la curva real, sobre todo entre los límites en que generalmente trabajan las vigas, teniendo muy poca importancia práctica las diferencias que pueda haber entre esta curva y la efectiva en la parte correspondiente á la rotura. El estudio analítico de la flexión con la parábola no es complicado, y tiene la ventaja de que se compara muy fácilmente con el hecho con la línea recta, siendo muy sencilla la relación entre uno y otro. Aun cuando se acepte como suficiente la representación lineal dentro de los límites ordinarios de trabajo, se empleará la parábola ú otra curva más conveniente para discutir los ensayos de vigas en que el hormigón experimenta deformaciones considerables. En el estudio que se hace á continuación se adopta la parábola.

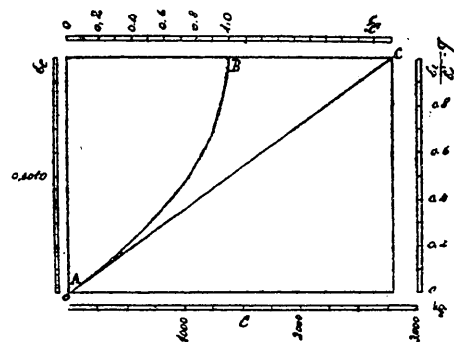


Fig. 1

En la figura 1.^a se representa la curva correspondiente á un hormigón cuya carga de rotura es 140 kilogramos por cm.² y 0,002 el valor de ϵ'_c : en la misma figura pueden obtenerse los valores de las relaciones $\frac{\epsilon}{\epsilon'_c}$ y $\frac{\epsilon_c}{\epsilon'_c} = q$, tanto una como otra muy interesantes.

En la teoría general de la flexión se llama coeficiente de elasticidad de un material la relación de la fuerza unidad á la deformación unidad dentro del período elástico, cuyo valor es una constante en los materiales que tienen la propiedad de que las fuerzas y las deformaciones sean proporcionales. En los que no sucede esto como en el hormigón, no parece correcto llamar coeficiente de elasticidad á una cantidad variable, lo cual tendría, además, el inconveniente de conducir á errores en la aplicación de las fórmulas. Sin embargo, es de mucha importancia definir de una manera precisa dicho coeficiente, lo cual se consigue con la adopción, de la que Mr. Talbot llama *coeficiente inicial de elasticidad*, que es la relación que existiría entre las fuerzas y las deformaciones si el hormigón se comprimiase constantemente en la misma proporción que cuando las primeras son muy pequeñas. En la figura 1.^a el coeficiente inicial de elasticidad E_c está representado por la tangente del ángulo que la recta AC, tangente á la parábola en A, hace con la vertical, la ecuación de AC es

$$x = E_c$$

y de la parábola en función de E_c :

$$c = E_c \epsilon_c - \frac{1}{2} \frac{1}{\epsilon'_c} E_c \epsilon_c^2 = \left(1 - \frac{1}{2} q\right) E_c \epsilon_c \quad (1)$$

se la cual se deduce:

$$\frac{c}{c'} = \left(1 - \frac{1}{2} q\right)^2 q \tag{2}$$

Estas dos últimas ecuaciones son fundamentales, y las cantidades E_c , C y ϵ_c que en ellas figuran se determinarán experimentalmente. La recta AC se considerará como la línea que, con aproximación suficiente, representa la relación entre las fuerzas y las deformaciones dentro de los límites en que se ensayan las vigas, y $s'c$ como la abscisa del vértice de la parábola, que con exactitud casi absoluta, equivale á dicha relación, y no como la deformación por unidad de longitud al ocurrir la rotura. Cuando las fuerzas son pequeñas la parábola se confunde sensiblemente con la recta del coeficiente inicial de elasticidad, por la cual puede sustituirse.

4. Distribución de las fuerzas.—La figura 2.^a representa la

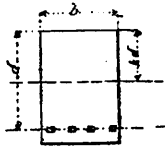


Fig. 2

sección transversal de una viga, y la figura 3.^a el diagrama correspondiente cuando la fibra extrema superior trabaja con la carga de rotura. Puesto que las deformaciones son proporciona-

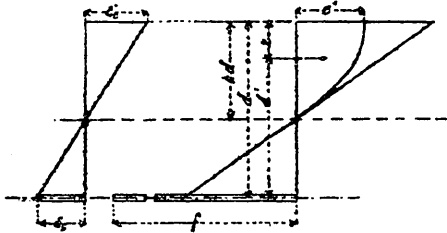


Fig. 3

les á las distancias á la fibra neutra, la curva que representa las fuerzas de compresión será una parábola cuyo vértice es 0. La tensión de la armadura está representada por una longitud proporcional á $n = \frac{E_s}{E_c}$. La figura 4.^a es el diagrama de la misma viga para una deformación de la fibra supresión del hor-

migón igual á 0,75 de la anterior y una carga igual á $\frac{15}{16}$ de la

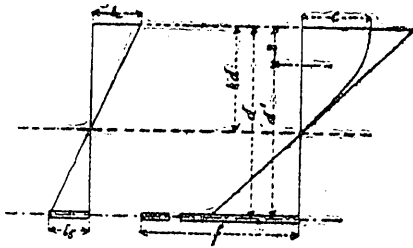


Fig. 4

de rotura, y la figura 5.^a otro diagrama en el que aquella deformación es 0,50 de la correspondiente á la rotura y la carga 0,75

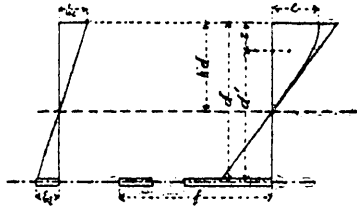


Fig. 5

de la que produce ésta. Como se observa en las figuras, las diferencias entre la parábola y la recta que representa E_c disminuyen sucesivamente.

5. Fórmulas.—Admitiendo la parábola como la curva representativa de la ley de variación entre las deformaciones y las fuerzas, se deducen con facilidad las siguientes fórmulas, necesarias para calcular la posición de la fibra neutra, el momento resistente y la compresión de la fibra superior:

$$\frac{c}{E \epsilon_c} = 1 - \frac{1}{2} q \tag{3}$$

$$\frac{1}{2} \frac{\Sigma X}{\frac{1}{2} E_c \epsilon_c k b d} = \frac{\text{Area del segmento de parábola}}{\text{Area del triángulo}} = 1 - \frac{1}{3} q \tag{4}$$

$$\frac{z}{k d} = \frac{4 - q}{12 - 4q} = \frac{1}{3} \left[1 + \frac{1}{4} \frac{q}{3 - q} \right] \tag{5}$$

En el cuadro I se consignan los valores de c , ΣX , z y $\frac{c}{\frac{2 p f}{k}}$ para diferentes valores de q .

CUADRO I

	$q = 1$	$q = \frac{3}{4}$	$q = \frac{1}{2}$	$q = \frac{1}{4}$	$q = 0$
$c =$	$\frac{1}{2} E_c \epsilon_c$	$\frac{5}{8} E_c \epsilon_c$	$\frac{3}{4} E_c \epsilon_c$	$\frac{7}{8} E_c \epsilon_c$	$E_c \epsilon_c$
$\Sigma X =$	$\frac{1}{3} E_c \epsilon_c k b d$	$\frac{3}{8} E_c \epsilon_c k b d$	$\frac{5}{12} E_c \epsilon_c k b d$	$\frac{11}{24} E_c \epsilon_c k b d$	$\frac{1}{2} E_c \epsilon_c k b d$
$2 =$	$\frac{3}{8} k d$	$\frac{13}{36} k d$	$\frac{7}{20} k d$	$\frac{15}{44} h d$	$\frac{1}{3} k d$
$\frac{c}{\frac{2 p f}{k}} =$	$\frac{3}{4}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{9}{10}$	$\frac{21}{22}$	1

Se tendrá presente que las fórmulas anteriores se aplicarán única y exclusivamente cuando puede prescindirse de la tensión

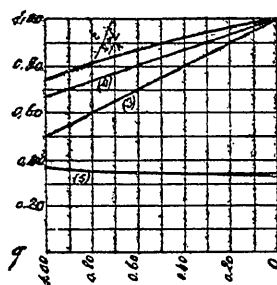


Fig. 6.

del hormigón. La figura 6.^a es la representación gráfica de las fórmulas (3), (4) y (5).

6. *Fibra neutra*.—Las ecuaciones del párrafo anterior y la condición de que la suma de las compresiones horizontales es igual a la de las tensiones también horizontales, cuando puede prescindirse de la tensión del hormigón, permiten determinar con sencillez la posición de la fibra neutra en las vigas de sección rectangular. Como las deformaciones son proporcionales a las distancias a la fibra neutra. (Figuras 3.^a, 4.^a y 5.^a).

$$\frac{\epsilon_s}{1-K} = \frac{\epsilon_c}{K} \quad (6)$$

Igualando las fuerzas horizontales se obtiene:

$$Af = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{1}{3} q \right) E_c \epsilon_c k b d \quad (7)$$

dividiendo (7) por (6) y sustituyendo f por $E_s \epsilon_s$ resulta:

$$AE_s (1-k) = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{1}{3} q \right) E_c k^2 b d.$$

$$\frac{A}{bd} \frac{E_s}{E_c} (1-k) = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{1}{3} q \right) k^2$$

$$pn (1-K) = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{1}{3} q \right) k^2$$

$$k = \sqrt{\frac{2pn}{1 - \frac{1}{3}q} + \frac{p^2 n^2}{\left(1 - \frac{1}{3}q\right)^2} - \frac{pn}{1 - \frac{1}{3}q}} \quad (8)$$

fórmula que da la posición de la fibra neutra cuando puede prescindirse de la tensión del hormigón y antes que éste trabaje con carga máxima.

Si $q = 1$,

$$k = \sqrt{3pn + \frac{9}{4} p^2 n^2 - \frac{3}{2} pn} \quad (9)$$

fórmula que corresponde al caso en que el hormigón trabaja con su carga máxima.

Si $q = 0$,

$$k = \sqrt{2pn + p^2 n^2} - pn \quad (10)$$

que es el valor que se obtendría si se admitiera que la ley de las deformaciones y de las fuerzas era una línea recta.

La figura 7.^a representa la variación de k en función de q y de $\frac{c}{c'}$ para $n = 15$ y $p = 0,01$. La posición de la fibra neutra varía desde 0,418 cuando $q = 0$, a 0,484 cuando la deformación

producida es la correspondiente a la rotura. Por regla general, la dosis de metal de 1 por 100 no permite que el hormigón desarrolle toda la compresión de que es capaz, pero el diagrama hace ver la forma en que varía la posición de la fibra neutra, la cual permanece casi invariable durante el último período de la flexión.

Cuando los valores de q son pequeños, la tensión del hormigón modificará algo la posición de la fibra neutra.

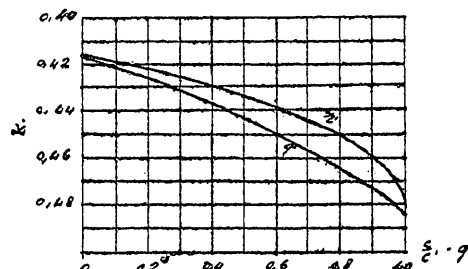


Fig. 7.

En el estudio que es objeto de este artículo se hace uso del valor de k que corresponde a $q = \frac{1}{4}$, el cual da la posición de la fibra neutra para deformaciones que se diferencian muy poco de las que se producen en las condiciones ordinarias de trabajo de las vigas; dicho valor de k es:

$$k = \sqrt{\frac{24}{11} pn + \frac{144}{121} p^2 n^2 - \frac{12}{11} pn} \quad (11)$$

los valores de p que se admiten son los que más se usan en las aplicaciones.

La figura 8.^a es la representación gráfica de la ecuación (11)

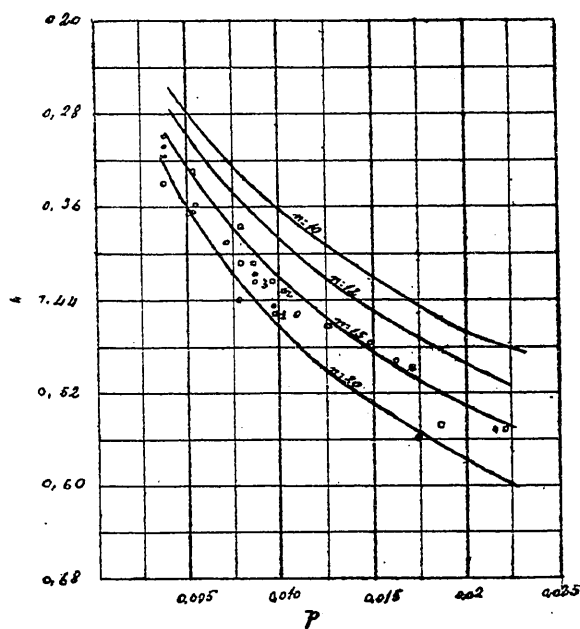


Fig. 8.

para $n = 10, 12, 15$ y 20 , es decir, que si se acepta para coeficiente de elasticidad del acero el valor 21.085 kilogramos por mm.², los iniciales del hormigón correspondientes a los de n citados, son respectivamente 2.108, 1.757, 1.405 y 1.054 kilogramos por mm.²

7. *Momento resistente*.—Cuando se puede prescindir de las tensiones del hormigón y se conoce la posición del centro de gravedad de las compresiones, el valor del momento resistente es:

$$M = Af (d - z) \quad (12)$$

Del examen del Cuadro I se deduce que los valores de z varían muy poco con las compresiones; así, por ejemplo, para

$$q = \frac{3}{4} \quad n \quad z = 0,36 \text{ kd.}$$

$$q = \frac{1}{2} \quad n \quad z = 0,35 \text{ kd.}$$

$$q = \frac{1}{4} \quad n \quad z = 0,34 \text{ kd.}$$

$$q = 0 \quad n \quad z = \frac{1}{3} \text{ kd.}$$

el último valor de z corresponde el caso en que el coeficiente de elasticidad del hormigón es constante é igual al inicial.

Si el coeficiente inicial de elasticidad es conocido y se ha fijado la dosis de metal, la ecuación (12) puede escribirse en la forma

$$M = Afd' \quad (13)$$

en la cual d' es el brazo del par, que generalmente se expresa en función de d . Por ejemplo: si $E_c = 1.406$ kilogramos por mm.² pasa

$$q = \frac{1}{4} \quad n \quad n = 15 \quad n \quad p = 0,01 \dots \quad d' = 0,853 d$$

y pasa

$$q = \frac{1}{4} \quad n \quad n = 15 \quad n \quad p = 0,015 \dots \quad d' = 0,831 d$$

Los valores de los momentos resistentes son, respectivamente,

$$0,853 Afd \quad n \quad 0,831 Afd.$$

El método descrito es el más conveniente para calcular el momento resistente en función de la tensión del metal cuando no se pasa del límite elástico de éste. La posición de la fibra neutra se deducirá de un diagrama análogo al de la figura 8.^a y luego muy fácilmente el valor de d' .

Si conviniera expresar el momento resistente en función de la compresión del hormigón se haría uso de la fórmula siguiente:

$$M = \frac{1 - \frac{1}{3} q}{1 - \frac{1}{2} q} \cdot \frac{1}{2} \cdot ckbd (d - z) \quad (14)$$

cuya aplicación exige el conocimiento de un valor de q por lo

menos; el coeficiente fraccionario es igual á $\frac{c}{k} \cdot \frac{2pf}{k}$ (Cuadro I y figura 6.^a).

8. *Compresión en la fibra superior.*—Las fórmulas relativas á la posición de la fibra neutra y al momento resistente suponen que la compresión de la fibra superior es inferior á la carga de rotura. Para hallar el valor de dicha compresión se hace uso de las fórmulas (3) y (7), de las cuales se deduce:

$$c = \frac{2Af}{kbd} \cdot \frac{1 - \frac{1}{2} q}{1 - \frac{1}{3} q} = \frac{2pf}{k} \cdot \frac{1 - \frac{1}{2} q}{1 - \frac{1}{3} q} \quad (15).$$

$$\text{Cuando } q = \frac{3}{4} \quad n \quad \left(\frac{c}{c'} = \frac{15}{16} \quad n \quad (2) \right) \quad n \quad c = \frac{5}{6} \cdot \frac{2pf}{k}$$

$$n \quad q = \frac{1}{2} \quad n \quad \left(\frac{c}{c'} = \frac{3}{4} \right) \quad c = \frac{9}{10} \cdot \frac{2pf}{k}$$

$$n \quad q = 1 \quad n \quad \left(\frac{c}{c'} = 1 \right) \quad c = \frac{3}{4} \cdot \frac{2pf}{k}.$$

Á medida que disminuye la deformación de la fibra superior el valor de c se aproxima á $\frac{2pf}{k}$, que es el valor de la compresión cuando el coeficiente de elasticidad es constante é igual al inicial. Se observará que para cargas grandes las compresiones desarrolladas son mucho menores que las que se obtendrían adoptando la recta correspondiente al coeficiente inicial de elasticidad, 0,75 de las segundas con la compresión máxima; en el caso de ser pequeñas las cargas, la discrepancia es mucho menor.

Si la deformación producida por la acción de la carga se diferencia muy poco de la correspondiente á la carga de rotura, la compresión calculada con la fórmula (15) es mucho menor que

$\frac{2pf}{k}$; pero si aquella deformación es una fracción muy pequeña de la máxima, como sucede en los casos corrientes, el coeficiente de la ecuación (15) se diferencia muy poco de la unidad y se puede aplicar la fórmula $\frac{2pf}{k}$, en la seguridad de

que el error cometido no tendrá importancia alguna.

9. *Adherencia entre el hormigón y el metal.*—Para que una viga trabaje en buenas condiciones es preciso que exista un enlace seguro entre las partes de aquella que desarrollan respectivamente fuerzas de tensión y de compresión, enlace constituido por el hormigón cuando no existe alma metálica. Ahora bien; tanto la tensión del metal como la compresión del hormigón, varían continuamente de una sección á otra, siendo el alma el elemento que enlaza los incrementos sucesivos de una y de otra. Al transmitirse el incremento de la tensión de las barras al hormigón que las rodea, las primeras tienden á resbalar sobre el segundo, desarrollándose fuerzas de adherencia entre aquéllas y éste que se expresan en función del área de la superficie de contacto. Se verá que la adherencia total en un centímetro de longitud es igual á la variación total de la tensión de las barras en la misma longitud. La función que desempeña la adherencia puede compararse con la de los roblones que enlazan las alas con el alma de una viga, con la diferencia de que en el hormigón armado el contacto es continuo.

Q.

(Se continuará.)

TUBERIAS DE ENCHUFE Y CORDÓN

CON JUNTA DE CAUCHO Y LLAVE DE PLOMO, SISTEMA GILBERT

Ya se sabe que á pesar del gran número de tipos de juntas imaginados desde hace largo tiempo para las tuberías de agua, de gas, de aire comprimido y otras análogas, las pérdidas por estas juntas son siempre apreciables, á menudo importantes y se continúa siempre proponiendo sistemas nuevos, lo que indica muy bien que el problema no se ha resuelto todavía á satisfacción de todos.

Es, por otra parte, inútil insistir sobre los graves inconvenientes de estas pérdidas: en primer lugar, constituyen pura y simplemente un despilfarro del agua ó de los fluidos canalizados; pueden, además, provocar accidentes: filtraciones de gas y explosiones subsiguientes; peligro para las plantaciones de las vías públicas y algunas veces para la salud de los ribereños si el gas perdido se introduce en los inmuebles por quiebras que haya en ellos; deterioro de estos inmuebles por la humedad, si se trata de tuberías de agua; riesgos por la entrada de agua cenagosa y contaminada en estas tuberías, por las juntas defectuosas, si se produce un vacío interior á consecuencia de aspi-