

Uno de los polos de la pila queda unido á *C*, y el otro á *D*.

El galvanómetro, entre *F* y *C*.

Anulada toda resistencia entre *D* y *E*, la llave *H* establece ó interrumpe la comunicación entre *B* y *D*.

Se incluyen en los lados fijos *A B* y *A D* resistencias aproximadas á la que se suponga pueda tener la pila.

Introduciendo en *R* una resistencia adecuada, se baja la llave *I*, y si la derivación de la aguja excede de 53° , se disminuye la intensidad de la corriente, bien sea aumentando la resistencia del galvanómetro ó intercalando una de las derivaciones ó shunts.

Si al bajar la llave *H* se obtiene una desviación menor, es prueba de que no es suficiente la resistencia incluida en *R*, y se aumenta; si la desviación fuese mayor, es preciso disminuir la resistencia hasta que la aguja del galvanómetro desvíe lo mismo, tanto si está baja como si está levantada la llave *H*.

Cuando en ambos casos la desviación de la aguja del galvanómetro sea igual, llamando *x* la resistencia interior de la pila, deberá existir entre las resistencias de los cuatro lados del puente la proporción

$$r : r' :: R : x.$$

10. Fuerza electromotriz de una pila.

Para determinar la fuerza electromotriz de una pila se empalman los polos del elemento que se elija como tipo de comparación á las bornas *L L* del aparato, y colocando dos clavijas en las intersecciones de la primera banda horizontal *F'* del conmutador general con las verticales 3.^a y 5.^a, y otras dos en la segunda banda horizontal *C*, con las verticales 4.^a y 6.^a, se anota la desviación de la aguja del galvanómetro, el cual queda con esta disposición intercalado entre los dos polos del elemento tipo.

Se mide, si no se conoce, la resistencia interior de la pila que se ensaya, y retirado el elemento tipo se empalman á su vez los polos de aquélla á las bornas *L L* del aparato, colocando las clavijas del conmutador general en la forma siguiente: en la segunda banda horizontal *C*, clavija en la intersección con la 6.^a banda vertical; tercera banda horizontal *D*, clavija en la 4.^a vertical; cuarta tira horizontal *E*, clavijas en la 3.^a y 5.^a vertical.

El puente hace oficio de caja de resistencias. Se van introduciendo resistencias en *R* hasta que la aguja marque la misma desviación que marcó con el elemento tipo, y se tendrá la fuerza electromotriz en voltios; sumando la resistencia del galvanómetro, la de la pila y la introducida en la caja ó reóstato, multiplicando esta suma por la fuerza electromotriz del elemento tipo y dividiendo el resultado por la resistencia del galvanómetro.

Sean *G* la resistencia del galvanómetro;

p la de la pila cuya fuerza electro-motriz se trata de determinar;

R la resistencia introducida en la caja para obtener una desviación igual á la del elemento tipo;

1,07 voltios fuerza electromotriz del elemento tipo, tendremos:

$$E = \frac{G + p + R \times 1,07}{G} = \text{voltios.}$$

FLORENCIO ECHENIQUE.

ESTABILIDAD

de las construcciones de hormigón de cemento armado ⁽¹⁾.

(CONTINUACIÓN)

La relación anterior da

$$b h = 0,00001177 \frac{M}{h}$$

é introduciendo este valor en la relación (44), tendremos el precio de la viga por metro lineal:

(1) Véase el núm. 1278.

$$\pi = 0,00130647 \frac{M}{h}$$

$$\frac{\pi}{M} = \frac{0,00130647}{h}$$

resultado idéntico al que se obtendría aplicando la fórmula (48). Atribuyendo otros valores á *n* y á *u*, se obtendrán del mismo modo $\frac{H}{h}$, $\frac{H_1}{h}$, $\frac{M}{b h^2}$, $\frac{b h^2}{M} = \gamma$ y $\frac{\pi}{M}$. Hemos hecho los cálculos para algunos valores de *n*, comprendidos entre 0,015 y 0,025, atribuyendo á *u* el valor 0,90. Los resultados de las operaciones se hallan consignados en el cuadro que insertamos en la página siguiente.

La primera parte del referido cuadro demuestra:

1.^o Que los momentos resistentes de las vigas que tengan las mismas dimensiones *b* y *h* y armaduras con secciones variables entre 0,002 *b h* y 0,040 *b h*, se elevarían de 21.580 *b h*² á 117.625 *b h*², según el método de M. Hennebique;

2.^o Que, por el contrario, la sección *b h* necesaria para obtener, con arreglo á este método, un momento determinado *M*, se reduciría de 0,00004634 $\frac{M}{h}$ á 0,00000850 $\frac{M}{h}$, si las secciones de

las armaduras variasen de 0,002 *b h*, á 0,040 *b h*;

3.^o Finalmente, que el precio del metro lineal de viga, comparado con el momento resistente calculado por medio del citado método, resulta por kilogrametro representado por una cifra que desciende desde $\frac{0,0033584}{h}$ á $\frac{0,0013057}{h}$, cuando las secciones de las armaduras se elevan desde 0,032 *b h* á 0,016667 *b h*, y que luego aumenta desde $\frac{0,0013057}{h}$ hasta $\frac{0,00153}{h}$ variando las secciones de las armaduras de 0,016667 *b h* á 0,04 *b h*.

Resulta de aquí que si el método de M. Hennebique fuera exacto, habría interés en fijar el tanto por ciento de metal de todas las vigas en 0,016667; es decir, en $\frac{1}{60}$, y que las disposiciones de las vigas, cuyas armaduras tienen secciones superiores á 0,016667 *b h*, ocasionarían gastos inútiles.

Según el cuadro que precede, las dimensiones *b* y *h* de las vigas capaces de resistir á un cierto momento flector *M*, deben ser, según el método M. Hennebique, tales que:

$$b_1 h_1 = 0,00002369 \frac{M}{h_1} \text{ cuando } n = \frac{\omega}{b h} = 0,005$$

y que

$$b_2 h_2 = 0,0001187 \frac{M}{h_2} \text{ cuando } n = 0,0167.$$

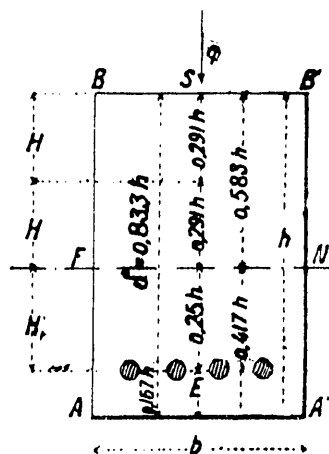


Fig. 21.

Si las alturas *h*₁ y *h*₂ de estas vigas son iguales, sus anchos deberán satisfacer á las condiciones

$$b_1 = 0,00002369 \frac{M}{h_2} \text{ cuando } n = 0,005$$

$$b_2 = 0,0001187 \frac{M}{h_2} \text{ cuando } n = 0,0167$$

NÚMERO de la fórmula aplicada.	Razón (u) entre la distancia (δ) y la altura (h) =	$u = \frac{\delta}{h} = 0.833333$										$h = \frac{\delta}{u} = 0.90$			
	Tanto por ciento del metal: $n = \frac{w}{b} h =$	0,002	0,005	0,010	0,015	0,016.667	0,020	0,025	0,030	0,040	0,015	0,016.667	0,020	0,025	
(58) y (60)	$20 n =$ $20 n + u = 20 n + 0.833 =$ $20 n (20 n + u) =$ $\sqrt{20 n (20 n + u)} =$ $20 n =$	0,040 0,873 0,03492	0,100 0,933 0,093333	0,200 1,033 0,20667	0,300 1,113 0,340	0,333.333 1,166.667 0,388.889	0,400 1,233 0,4933	0,500 1,133 0,66667	0,600 1,433 0,86	0,800 1,633 1,306667	0,30 1,20 0,35	0,333.333 1,233.333 0,411.111	0,40 1,30 0,52	0,50 1,40 0,70	
	$\frac{H}{h} = -20 n \pm \sqrt{20 n (20 n + u)} =$	0,1869 0,0400	0,3055 0,1000	0,4546 0,2000	0,5831 0,3000	0,6236 0,3333	0,7024 0,4000	0,8165 0,5000	0,9274 0,6000	1,143 0,800	0,60 0,30	0,6412 0,3333	0,7211 0,4000	0,8367 0,5000	
(59)	$\frac{H_1}{h} = u - 2 \left(\frac{H}{h} \right) = 0.833 - 2 \left(\frac{H}{h} \right) =$ $2 \left(\frac{H}{h} \right) =$	0,1469 0,2038	0,2055 0,4110	0,2546 0,5092	0,2831 0,5662	0,2903 0,5806	0,3024 0,6048	0,3165 0,6330	0,3274 0,6548	0,343 0,686	0,30 0,60	0,3079 0,6058	0,3211 0,6122	0,3367 0,6734	
(49) y (52)	$\frac{M}{2 b h^2} = \left(\frac{b}{h} \right) \left(\frac{H}{h} \right) \left(\frac{H}{h} \right) (250.000) = 500.000 \left(\frac{H}{h} \right)^2 =$	10,790	21,115	32,411	40,073	42,137	45,723	50,086	53,595	58,825	45,000	47,401	51,553	56,683	
(50)	$\frac{M}{2 b h^2} = (10.000.000) \left(\frac{H_1}{h} \right) \left(\frac{H_1}{h} \right) = (10.000.000) (n) \left(\frac{H_1}{h} \right) =$ $\frac{M}{b h^2} = (500.000) \left(\frac{H}{h} \right)^2 + (10.000.000) (n) \left(\frac{H_1}{h} \right) =$	10,790 21,580	21,100 42,215	32,410 64,821	40,066 80,139	42,117 84,234	45,700 91,423	50,075 100,161	53,550 107,145	58,800 117,625	45,000 90,000	47,367 94,768	51,560 103,113	56,650 113,333	
(45)	$\gamma = \frac{b h^2}{M} =$	0,0000.4634 0,100 1,10 66	0,0000.2369 0,25 1,25 75	0,0000.1543 0,50 1,50 90	0,0000.1248 0,75 1,75 105	0,0000.1187 0,833333 1,83333 110	0,0000.1094 1,00 2,00 120	0,0000.0998 1,25 2,25 135	0,0000.0933 1,50 2,50 150	0,0000.9850 2,00 3,00 180	0,0000.1111 0,75 1,75 105	0,0000.1055 0,833.333 1,833.333 110	0,0000.0970 1,00 2,00 120	0,0000.0883 1,25 1,25 135	
(47) y (48)	Cálculo del precio por metro lineal y por kilogramo..... $\left(\frac{\pi}{M} \right) (h) = (60). (1 + 50 n) (\gamma) =$	0,003.0584	0,001.7768	0,001.3887	0,001.3104	0,001.3057	0,001.3128	0,001.3473	0,001.3995	0,001.5300	0,001.1666	0,001.1605	0,001.1640	0,001.1921	
(33) y (61)	Cálculo de la presión impuesta: al hormigón por metro cuadrado de sección: $r = 6 \frac{M}{b h^2} =$	129,480	253,290	388,926	480,834	505,524	548,538	600,966	642,870	705,750	540,000	568,608	618,678	679,098	
(62)	Cálculo de la tensión impuesta por metro cuadrado de sección a los hierros de la armadura..... $\frac{3 r}{8 n} =$	388,440 0,016	759,870 0,04	1,166,778 0,08	1,442,502 0,12	1,516,572 0,133	1,645,614 0,16	1,802,898 0,20	1,928,610 0,24	2,117,250 0,32	1,620,000 0,12	1,705,824 0,133.333	1,856,034 0,16	1,939,904 0,20	
		24,300.000	19,000.000	14,600.000	12,000.000	11,400.000	10,300.000	9,000.000	8,000.000	6,600.000	13,500.000	12,800.000	11,600.000	10,400.000	

Luego tendremos

$$\frac{b_1}{b_2} = \frac{2369}{1187} \quad y \quad b_1 = \frac{2369}{1187} b_2 = 2 b_2.$$

Si los anchos son iguales, las alturas deberán satisfacer á las condiciones:

$$h_1^2 = 0,00002369 \frac{M}{b} \text{ cuando } n = 0,005$$

$$h_2^2 = 0,00001187 \frac{M}{b} \text{ cuando } n = 0,0167$$

Luego

$$\frac{h_1^2}{h_2^2} = \frac{2369}{1187} \quad y \quad h_1 = h_2 \sqrt{\frac{2369}{1187}} = 1,414 h_2$$

La sección $b_1 h_1$ será, como se ve, siempre notablemente superior á la $b_2 h_2$, teniendo las vigas el mismo momento resistente.

Sin embargo, según el método de M. Hennebique, el trabajo impuesto al hormigón de las vigas que poseen secciones tan diferentes, resultaría para ambas de 250.000 kgs. por m.², y el del hierro de 10.000.000 kgs. por m.² Esto es evidentemente imposible é inexacto; el trabajo del hormigón de dos vigas de alturas idénticas y de anchos diferentes que resisten al mismo momento flector, manifiestamente no puede ser igual en las dos vigas.

¿Cuál es la importancia real de los esfuerzos unitarios impuestos á los materiales de las vigas de M. Hennebique?

Para resolver exactamente el problema, sería preciso poseer datos de que hoy carecemos, y que probablemente faltarán aún durante mucho tiempo.

Pero puede bastar una solución aproximada en un problema de esta naturaleza, y si se aceptan las hipótesis que constituyen la base de nuestro método de cálculo, se podrán valuar los esfuerzos de que se trata por medio de las fórmulas (12) y (23), de las cuales se deduce teniendo en cuenta que $w = n b h$,

$$r = \frac{6 M}{b h^2} \quad (61)$$

$$\rho = \frac{3 r}{8 n} \quad (62)$$

Siendo $n = 0,017$, se obtiene, como ya se ha dicho, $M = 84.986 b h^2$ y las relaciones (61) y (62) dan

$$r = 6 \times 84.986 = 509.916 \text{ kgm.}$$

$$\rho = \frac{3 \times 509.916}{8 \times 0,017} = 11.250.000 \text{ kgm.}$$

Hemos calculado por medio de las fórmulas (61) y (62) los valores de r y de ρ que corresponden á las otras hipótesis hechas respecto á la magnitud de n ; las operaciones efectuadas se hallan resumidas en el cuadro precedente.

Examinando este cuadro, se observa que si las secciones de las armaduras de vigas cuyas dimensiones generales sean b y h variasen entre $0,002 b h$ y $0,04 b h$, el trabajo del hormigón crecería desde 129.480 kgs. á 705.750 kgs. por m.², alcanzando el momento flector de las fuerzas exteriores el valor necesario para equilibrar el momento resistente de la viga, calculado de acuerdo con las reglas de M. Hennebique, y que el trabajo de los hierros decrecería, por el contrario, desde 24.300.000 kgs. hasta 6.600.000 por m.²

Resulta de todo esto que, aplicando á las vigas calculadas por M. Hennebique las cargas que pueden soportar, conforme á las afirmaciones de su autor, se impone al hormigón un trabajo exagerado cuando el tanto por ciento de metal excede de 0,016667, ó al hierro, cuando el tanto por ciento no á llega este limite.

Este inconveniente gravísimo es consecuencia de los errores teóricos en que se fundan las fórmulas de Hennebique.

Pero, se podrá decir: ¿cómo pueden las vigas de este reputa-

do inventor resistir á las fuertes pruebas á que han sido sometidas, si el trabajo de cada uno de sus elementos constituyentes alcanza efectivamente cifras exageradas?

Es una cuestión á la que permiten responder las indicaciones del cuadro.

Cuando el tanto por ciento de metal llega á la más grande de nuestras cifras, es decir á 0,04, el trabajo del hierro se reduce á 6.600.000 kgs., y el del hormigón se eleva á 705.750 kgs. por m.², cifra inferior al limite peligroso.

Cuando el tanto por ciento de metal se reduce á 0,002, que es la cifra más pequeña inscrita en el cuadro, el trabajo del hierro llega á 24.300.000 kgs. por m.², y el del hormigón se reduce á 128.580 kgs. En este caso, el hormigón, que trabaja insuficientemente, no está expuesto á accidentes. Pero el hierro, que experimenta esfuerzos algo exagerados, está aún demasiado lejos del limite de rotura para que la viga se halle en peligro inminente; además, el hormigón, con sección relativamente grande, ofrece á la tensión una resistencia mucho mayor que la que le atribuye nuestra fórmula (23), y su trabajo real será probablemente inferior á 24.300.000 kgs. siendo, no obstante, superior al esfuerzo que se puede imponer al hierro en obras destinadas á durar mucho tiempo.

Compréndese, en vista de lo que precede, que las vigas sistema Hennebique, puedan resistir á las pruebas á que se las somete con las dimensiones que les asigna el inventor. La sección de la armadura es casi siempre mayor que $0,005 b h$, é inferior á $0,02 b h$, y por consiguiente, los esfuerzos impuestos á los materiales no superan generalmente á las cifras más elevadas que corresponden á estos dos valores de n , es decir, á 19.000.000 kgs. por m.² para el hierro, y á 548.538 kgs. para el hormigón. Con estos limites, las obras no corren ningún riesgo inmediato, aun cuando aumente sensiblemente la sobrecarga, la cual, generalmente, sólo representa una fracción moderada de la carga permanente.

Mas, sin dejar de reconocer que las vigas rectangulares de M. Hennebique, resisten bien á las pruebas, y que generalmente se hallan constituidas de modo que puedan soportar, en caso de necesidad, cargas superiores á las calculadas por su autor, estimamos que el método ideado por este distinguido inventor no debe ser aconsejado. Aplicando este método, se podría exagerar el trabajo de uno de los dos elementos que constituyen la viga á expensas del del otro, lo cual tendría como consecuencia inmediata el exceso de gasto, y daría por resultado, en lo venidero, la disminución de la duración de la obra.

Atenuaríanse los inconvenientes del método de M. Hennebique, tomando la precaución de que el tanto por ciento de metal sea igual á 0,016667, ó por lo menos quedase comprendido entre 0,015 y 0,02. Mas si se quisiese imponer esta condición, sería preferible efectuar los cálculos por medio de las fórmulas del párrafo 10, que son más sencillas y más fáciles de manejar, y que, por otra parte, aseguran mejor la estabilidad de las obras, como lo demostraremos en el siguiente párrafo.

Siendo esto así, el método de M. Hennebique, fundado en errores teóricos, no puede ser aceptado en los servicios públicos.

Pero merece plácemes el distinguido inventor por haber tomado la iniciativa de los importantes experimentos que han demostrado las positivas ventajas que pueden resultar del empleo del hormigón armado. Agreguemos que sería conveniente proceder á la ejecución de algunos experimentos complementarios para poder comparar las ventajas y los inconvenientes de los sistemas de los diversos inventores y estudiar ciertos puntos que no han podido aclarar los experimentos de 1898.

16. *Comparación de los resultados del método de M. Hennebique con los dados por las fórmulas prácticas del párrafo 10.*—En la práctica, el tanto por ciento de metal de las vigas de M. Hennebique varía, según se ha dicho, entre 0,002 y 0,04, pero generalmente es bastante inferior á 0,01; el hormigón armado se emplea principalmente en plataformas, pisos y forjados, y el tanto por ciento de metal es generalmente pequeño en las obras de esta clase que construye M. Hennebique. Creemos, pues, que se pue-

de admitir que el precio medio de sus vigas, comparado con su momento resistente nominal, es un término medio entre los valores de $\frac{\pi}{M}$ que corresponden á los valores 0,005 y 0,01 de n . Dicho de otro modo: opinamos que se pueda admitir que el valor medio de $\frac{\pi}{M}$ de las vigas de M. Hennebique es, por lo menos, igual á $\frac{0,0015}{h}$.

Pero resulta de los cálculos explicados en el párrafo 14, que esta razón $\frac{\pi}{M}$ en las vigas cuyas secciones se calculan por las fórmulas del párrafo 10, es igual á $\frac{0,00144}{h}$. Parece, pues, verosímil que la sustitución de las fórmulas de dicho párrafo á las de M. Hennebique ha de permitir realizar una pequeña economía, que sería bastante notable en casos análogos á los de la viga A de los experimentos de 1898. Nos consideramos, cuando menos, autorizados á pensar que esta sustitución no ocasionará ningún aumento de gasto.

Por otra parte, si valuamos por el método de M. Hennebique el momento resistente de las vigas calculadas por las fórmulas del párrafo 10, las cuales suponen $n = 0,02$ y $u = 0,833$, encontraremos, por medio de la relación (60)

$$H = h \left[-20n \pm \sqrt{20n(20n + u)} \right] = 0,3024h$$

Además, la relación (59) da

$$H_1 = uh - 2H = 0,2285h.$$

Por consiguiente, el momento resistente de la viga, valuado, según M. Hennebique, sería, aplicando las fórmulas (49) y (50);

Momento resistente debido al.....		hormigón comprimido:	$\frac{M}{2} = b \times 0,6048h \times 0,3024h \times 250.000 = 45,723bh^2$
		hierro tendido:	$\frac{M}{2} = 0,02bh \times 0,2285h \times 10.000.000 = 45,700bh^2$
			$M = 91.423bh^2$

Pero el momento resistente que la fórmula 34 atribuye á las vigas calculadas por las fórmulas del párrafo 10, es solamente $M = 83.333bh^2$. Luego se ve que nuestro método de cálculo atribuye á las vigas un momento resistente sensiblemente inferior al que se obtendría con las fórmulas de M. Hennebique. La diferencia es $(91.423 - 83.333)bh^2 = 8.090bh^2$, es decir, $\frac{8.090bh^2}{83.333bh^2} = 0,097$; cerca de 10 por 100.

Así, nuestro método de cálculo, comprobado con el de M. Hennebique, atenúa el valor nominal del momento resistente de las vigas. Por consiguiente, es muy favorable á la estabilidad; dicho de otro modo, las vigas calculadas por medio de las fórmulas del párrafo 10 satisfacen muy ampliamente á las condiciones de estabilidad que se impone M. Hennebique.

Para acabar de aclarar este punto, vamos á calcular con las fórmulas de este inventor el momento resistente de la viga A, de los párrafos 13 y 14. Las dimensiones son $b = 0^m,30$, $h = 0^m,485$ y $\omega = 0,00291m^2$, y además $\omega = 0,02bh$, $\delta = 0,833h$.

Según las indicaciones precedentes, se encuentra

$$H = 0,3024h = 0,1467$$

$$H_1 = 0,2285h = 0,1108$$

y las fórmulas (49) y (50) de M. Hennebique dan:

$$\frac{M}{2} = 0,30 \times 0,2934 \times 0,1467 \times 250.000 = 3.228 \text{ kgm.}$$

$$\frac{M}{2} = 0,00291 \times 0,1108 \times 10.000.000 = 3.224$$

$$M = 6.452 \text{ kgm.}$$

Obtiénese, por otra parte, el mismo resultado con la expresión $M = 91.423bh^2$, demostrada ya, la cual da

$$M = 91.423 \times 0,30 \times 0,485^2 = 6.452 \text{ kgm.}$$

Según nuestra fórmula (34), el momento resistente de la viga A es igual solamente á 5.881 kgms. Se ve, pues, que nuestras fórmulas atribuyen á esta viga un momento resistente sensiblemente inferior al que se obtiene por la aplicación de las fórmulas de M. Hennebique; la diferencia llega á $6452 - 5881 = 571$ kgms.,

$$\frac{571}{5881} = 0,097, \text{ es decir, 10 por 100 próximamente.}$$

Es de notar, además, que según las indicaciones del párrafo 14, nuestra viga A, costará 17,46 francos por metro lineal, mientras que la A de Hennebique llega á valer 20,79 francos; la diferencia es de 3,33 francos y la economía $\frac{3,33}{20,79} = 16$ por 100 próximamente.

Se ve, por este ejemplo, que en casos análogos al de la viga A, el empleo de nuestras fórmulas puede aumentar la resistencia de las vigas en comparación con el método de M. Hennebique, disminuyendo sensiblemente al mismo tiempo su coste.

Es, pues, ciertamente preferible no emplear el método de M. Hennebique, cuyas indicaciones no son plenamente satisfactorias, por la razón de estar basado este método, como lo ha observado M. Considère, en errores teóricos.

Pero las vigas rectangulares de M. Hennebique presentan, según los resultados de las pruebas que soportan, una resistencia que parece muy suficiente. Podrá, pues, tratarse de averiguar si no convendría reducir los coeficientes de las fórmulas (35) y (36), de modo que se obtenga simplemente una resistencia igual á la de las vigas de M. Hennebique.

Bastaría, para conseguirlo, reemplazar estas fórmulas por las siguientes:

$$bh^2 = 0,00001187M$$

$$\omega = 0,016667bh.$$

cuyos coeficientes se deducen del cuadro inserto más arriba.

La primera no difiere sensiblemente de la fórmula (35) que es preferible por su mayor sencillez. Se podría, pues, conservar la fórmula (35) y reemplazar la (36) por la anterior ó por

$$\omega = 0,017bh \quad (63)$$

expresión más sencilla, y que da resultados próximamente equivalentes.

Empleando las fórmulas (35) y (63), se obtendría el máximo de resistencia que puede dar el método de M. Hennebique para un gasto determinado, ó el mínimo de gasto para una resistencia impuesta.

Corresponde á los lectores apreciar si les conviene emplear las fórmulas (35) y (63), con preferencia á las (35) y (36).

Nosotros preferimos éstas, porque conducen á dar mayor sección á la armadura. El hormigón tendido, á consecuencia de su adherencia con los hierros, está obligado á tomar en las pruebas el mismo alargamiento que éstos. Y el hierro que resiste á una tracción dada, se alarga tanto menos cuanto mayor es su sección transversal. Por consiguiente, cuando se aumenta la sección de la armadura, se disminuye el alargamiento que adquieren el hierro y el hormigón tendidos en el acto de las pruebas, y el hormigón se halla menos expuesto á agrietarse. El agrietamiento de las partes tendidas del hormigón, debe evitarse cuidadosamente, á nuestro juicio, porque con el tiempo, favorecería la desagregación y el aplastamiento de las partes comprimidas del hormigón. Creemos, por consiguiente, que es preferible disponer en las vigas armaduras bastante fuertes. Por lo demás, el trabajo del hierro llegaría á 9.575.000 kgs. por m^2 si se emplease la fórmula (36), y aumentaría hasta 11.400.000 kgs. aplicando la (63). La presión de 9.375.000 kgs. por m^2 , parece ya

muy elevada, y creemos que no conviene aumentarla. Dicho de otro modo, estimamos que no conviene reemplazar la fórmula (36) por la (63).

17. *Comparación de los resultados de las fórmulas del párrafo 10 con los de las fórmulas de M. Planat.*—Las fórmulas prácticas dadas por M. Planat, Director de la *Construction moderne*, en las págs. 138 á 142 de sus *Recherches sur la théorie du ciment armé*, á saber:

$$n = 0,0052 \sqrt{\frac{\mu}{b}}$$

$$y \quad \omega = 0,000027 \sqrt{b \mu}$$

se pueden escribir como sigue, adoptando las notaciones explicadas en el párrafo 3.

$$\delta = 0,0052 \sqrt{\frac{M}{b}} \quad (64)$$

$$\omega = 0,000027 \sqrt{b M} \quad (65).$$

La letra n de M. Planat designa la distancia entre el vértice S del trasdós BC de la viga y el eje EE' de la armadura (figura 22), distancia representada por $\delta = u h$ en todas las relaciones

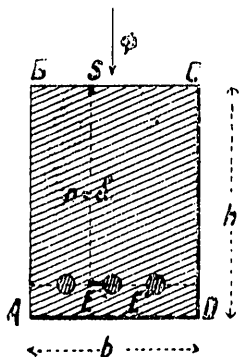


Fig. 22.

del presente estudio. En cuanto á las letras b y μ de M. Planat, tienen respectivamente las mismas significaciones que nuestras b y M .

La expresión (64) da

$$M = \frac{b \delta^2}{(0,0052)^2} = \frac{b \delta^2}{0,00002704}$$

Introduciendo este valor de M en la relación (65), se obtiene:

$$\omega = 0,000027 \sqrt{\frac{b \delta^2}{(0,0052)^2}} = 0,0052 b \delta \quad (66).$$

Reemplacemos δ por $u h$, y encontraremos:

$$\omega = 0,0052 u b h \quad (67).$$

La relación (64) se convertirá en

$$u h = 0,0052 \sqrt{\frac{M}{b}}$$

de donde se sacará

$$M = \frac{u^2}{0,00002704} b h^2 \quad (68).$$

(Se continuará).

REVISTA EXTRANJERA

Empleo del agua para evitar el calentamiento de los mecanismos de las locomotoras.

Durante mucho tiempo se ha considerado peligroso para el metal el empleo del agua fría para regar las partes del mecanismo expuestas á calentarse. En la actualidad comienzan á hacerse en los Estados Unidos instalaciones de riego en las máquinas destinadas á ciertos servicios, como, por ejemplo, el de los trenes correos rápidos que pueden dar lugar á multas por retrasos.

Algunas veces se dispone una tubería en comunicación con el inyector para regar las cajas de los carretones, las de los ejes motores y los botones de las manivelas. Parece, sin embargo, que no hay ventaja en servirse del agua caliente. Lo importante es la temperatura de las piezas que se calientan. Si el riego se hace á tiempo, la temperatura de las piezas no se eleva lo suficiente para hacer peligroso el empleo del agua fría. La dificultad estriba principalmente en hacer llegar el agua á los puntos en que es necesario el riego.

En una memoria sobre este asunto presentada á la «Travelling Engineers Association», el profesor Goss se expresa de este modo: «El empleo del agua para regar las cajas y los botones de las manivelas, no es perjudicial, á menos que la temperatura de las piezas sea demasiado elevada en el momento en que comienza el riego, y, aun entonces, el mal debe atribuirse más bien al calentamiento que al riego. El empleo del agua fría ó del agua caliente es más bien cuestión de conveniencia; es poco probable que el agua fría sea más perjudicial que la caliente, y en definitiva, no hay razones serias para no preferir la fría.»

Recuerda la memoria que en la marina se ven grandes cojinetes que funcionan durante treinta días sin interrupción, sin más lubricante que el agua y sin que resulte ningún inconveniente. Es un precedente de gran importancia.

He aquí la opinión de una autoridad en la materia: «No hay que temer riesgo alguno al regar las piezas que empiezan á calentarse, y el maquinista debe hacer funcionar la instalación de riego en el momento para impedir que se eleve la temperatura. Pero si las piezas están fuertemente calentadas hay que considerar que la aplicación brusca del agua fría puede producir la formación de grietas por la contracción rápida.»

Dinamos volantes.

Desde hace algunos años, varios constructores de máquinas eléctricas tienden á suprimir el volante de la máquina de vapor incorporándolo á la máquina eléctrica, aumentando, en las proporciones necesarias, el peso de los órganos rotativos de ésta. De este modo se podría obtener una acción reguladora más poderosa, y, á igualdad de costo, una economía considerable en el espacio necesario para la instalación.

M. F. Collischonn, en la *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, del 17 de Febrero, estudia las condiciones de establecimiento de estos motores eléctricos, é insiste principalmente sobre los de corriente continua, para los cuales la nueva disposición presenta dificultades particulares de construcción.

En este estudio describe gran número de instalaciones eléctricas que se han hecho en Alemania con este tipo de motores, é insiste en particular sobre los motores instalados en las estaciones centrales de Dortmund, de Dusseldorf y de Homburg.

En la primera estación, dos dinamos-volantes pueden conjugarse en cantidad para la carga de acumuladores destinados al alumbrado, ó en tensión para suministrar corriente á la red urbana de tranvías. En el primer caso las dinamos marchan á 90 vueltas, desarrollando una potencia de 185 kilovatios cada una, á la tensión de 370 voltios. En el segundo caso el voltaje varía de 500 á 600 voltios. En la estación de Dusseldorf, dos motores eléctricos análogos pueden acoplarse del mismo modo, y desarrollan en conjunto una potencia de 225 kilovatios, á 90 vueltas. En la instalación de Homburg, se encuentran directamente acoplados á una máquina de vapor vertical, compound, girando á 160 vueltas una dinamo ordinaria, para alumbrado, de 80 kilovatios, y una dinamo volante para alimentar la red de tranvías. Esta última, de 150 kilovatios, da la corriente á 600 voltios. El autor da varios detalles de construcción de estas máquinas eléctricas.

Traslación de un puente de hierro.

En el ferrocarril minero de Neunkirchen á Heinitz, en Alemania, había, cerca de Heinitz, un túnel para vía única, de 200 metros de lon-