

La quinta banda horizontal tiene por objeto unir entre sí las bandas verticales, cuando así lo exija la disposición de las comunicaciones para los trabajos que se efectúen.

Las comunicaciones del puente con las cuatro primeras bandas horizontales $F C D E$, se establecen por medio de clavijas, de modo que quitando éstas queda cortada é interrumpida la unión del puente con el conmutador y pueden utilizarse las bandas horizontales para establecer comunicaciones entre las verticales en todos los casos en que se funciona con el galvanómetro solamente y no se hace uso del puente.

Como por regla general casi todos los puentes tienen las mismas iniciales, siguiendo la costumbre de hacer los empalmes en las bornas F y E de las llaves que corresponden á A y B , hemos conservado las mismas letras en el conmutador: téngase en cuenta que con estas iniciales designamos á la vez las comunicaciones $F A$ y $E B$.

5. Conmutador de pila.

El conmutador de pila está formado por cuatro bandas verticales 1, 2, 3 y 4, á cuyas bornas se unen los polos positivos, que pueden sumarse por medio de clavijas en una banda horizontal marcada con el signo $+$.

En las bandas verticales se empalman los polos positivos de los cuatro grupos de elementos en que convenga dividir la pila, y se toma el grupo más á propósito para las experiencias que se verifiquen, uniendo la banda vertical correspondiente por medio de una clavija con la horizontal $+$, que está en comunicación con el conmutador general.

A la borna inmediata al conmutador de pila y marcada con el signo $-$, se empalma directamente el polo negativo de la pila.

Los hilos para las experiencias se unen á las bornas $L L T T$, que están á la izquierda del aparato.

Un nivel circular, dispuesto en el centro de la peana, y cuatro tornillos de rectificación en los extremos de ésta, tienen por objeto fijar el aparato en posición horizontal.

Una vez adquirida la costumbre de manejar el conmutador, se comprende fácilmente el número de combinaciones á que se presta, sin necesidad de recurrir á aparatos auxiliares ó montajes especiales.

En las medidas de capacidad, por ejemplo, se puede suprimir la doble llave de Sabine, que se usa siempre que en los trabajos se emplea el condensador. Los tres espacios de carga, aislamiento y descarga, se obtienen moviendo una sola clavija; se hace la emisión de corriente en la carga por el tiempo necesario, se quita para el aislamiento, y colocándola de nuevo, se descarga á través del galvanómetro ó de éste y de las resistencias del puente.

Concurriendo independientemente al conmutador general todas las comunicaciones del galvanómetro, puente y pila, pueden relacionarse entre sí en la forma que sea necesario para las experiencias que se verifiquen, y en la imposibilidad de citar todas las combinaciones que pueden hacerse con estos elementos, reunidos ó aisladamente, indicaremos algunos de los casos generales que en la práctica es preciso resolver con más frecuencia.

FLORENCIO ECHENIQUE

Director de la Escuela, Museo y Talleres de Telégrafos.

ESTABILIDAD

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

(CONTINUACIÓN)

Mientras no se hayan efectuado experimentos concluyentes, será prudente construir las vigas de hormigón armado como si constituyeran bóvedas; es decir, dando al hormigón y á la armadura secciones constantes en toda la longitud.

Por lo demás, en lo concerniente á la armadura, no se debe perder de vista que el esfuerzo cortante, á la inversa del momento flector, crece desde el centro de la viga á los apoyos. Cuando se da la misma sección á la armadura en toda su longitud, el metal en exceso con relación al momento flector puede ser útil para resistir al esfuerzo cortante. Es cierto que este metal se hallaría mal situado si quedase en toda su extensión la parte inferior de la viga; pero se pueden encorvar, como lo hace M. Hennebique, algunas barras de la armadura, de modo que sus extremos c y d (fig. 18) queden en la parte superior de la viga. Es una disposición muy racional, á nuestro juicio. No diremos otro tanto de la desigual repartición de los estribos. Pero insistiremos sobre estos puntos cuando hayamos estudiado el esfuerzo cortante.

8. *Determinación del coeficiente de seguridad de las construcciones de cemento armado.*—Los experimentos llevados á cabo en 1898 en los talleres de M. Hennebique, nos hubieran sido muy útiles para apreciar el coeficiente de seguridad que conviene adoptar, así como la resistencia práctica de los materiales que constituyen las vigas de hormigón armado, si dicho distinguido inventor hubiera cumplido su promesa de remitirnos las actas detalladas de todas aquellas pruebas.

No habiéndolas recibido, nos vemos precisados á utilizar datos incompletos, que nos fueron comunicados verbalmente por el Sr. Hennebique y sus colaboradores. Las conclusiones que vamos á deducir de estos datos insuficientes deberán, pues, ser considerados como provisionales. Pero hay algunas que quizás no carecerán de interés.

Los datos que poseemos se refieren á ocho vigas rectas, tres de perfil rectangular y cinco en forma de Γ . Estas vigas descansaban simplemente sobre dos apoyos separados por un intervalo libre de 5 metros. Se prosiguieron las pruebas hasta la rotura, que se obtenía por medio de una carga concentrada aplicada al centro de la viga. Se trata, pues, de experimentos muy importantes, y que serían muy instructivos si fuesen conocidas todas sus circunstancias. Merece plácemes el Sr. Hennebique por haber tomado la iniciativa de esta clase de pruebas. Pero él mismo comprenderá nuestro sentimiento de ignorar los resultados, los cuales nos fué imposible conocer como testigos presenciales por haber recibido la invitación para asistir á las pruebas la víspera del día en que se efectuaron las últimas operaciones, cuando ya todas las vigas estaban agrietadas; los experimentos habían comenzado tres ó cuatro meses antes.

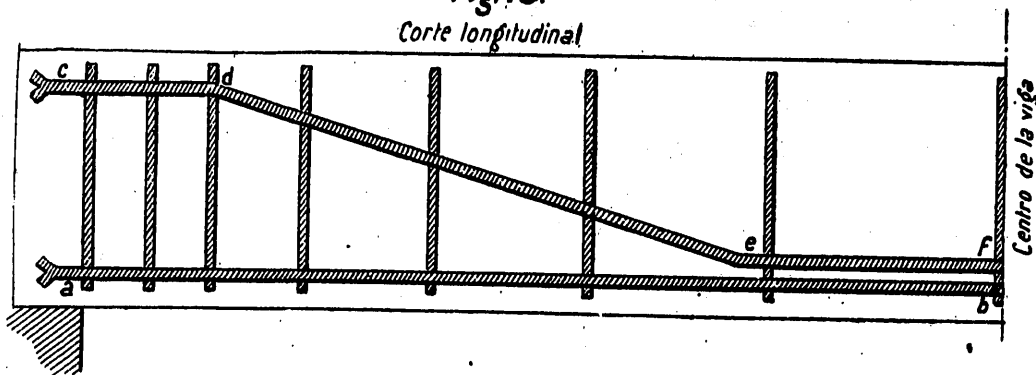
Los datos que poseemos se hallan resumidos en el siguiente cuadro:

Designación de la viga.	Ancho de la viga.	Altura de la viga incluído el espesor de la cabeza.	Distancia entre el trasdós y el ojo de la armadura.	Sección de la armadura.	Cabeza superior.		Carga.	Prácticas calculada por M. Hennebique.	De rotura.	Coeficientes de seguridad.
					Ancho.	Espesor.				
	b	h	$d = uh$	ω	a	e				
1.º—Vigas rectangulares.										
	m	m	m	m^2						
A	0,30	0,40	0,34	0,004530	"	"	3,950	11.500	2,91	
A'	0,30	0,47	0,36	0,001062	"	"	1,650	8.400	5,06	
B	0,30	0,60	0,54	0,004242	"	"	8,500	36.900	4,34	
							14,100	56.800	4,03	
2.º—Vigas en Γ.										
	m	m	m	m^2	m	m				
F	0,30	0,52	0,46	0,004242	1,50	0,12	12,800	35.700	2,79	
F'	0,30	0,52	0,47	0,004155	1,50	0,12	12,800	28.800	2,25	
F''	0,30	0,52	0,46	0,004242	1,50	0,12	12,800	33.000	2,58	
G	0,30	0,64	0,58	0,004242	2	0,14	19,400	42.000	2,16	
K	0,30	0,52	0,46	0,004242	3	0,12	16,000	32.800	2,02	
							73,800	171.800	2,33	

(1) Véase el número 1.273.

Fig. 18.

Corte longitudinal



Resulta de las indicaciones de la última columna que el coeficiente de seguridad, obtenido dividiendo la carga de rotura por la carga práctica calculada, resulta por término medio, de 4,03 para las vigas rectangulares, y de 2,33 para las de forma de T. Este último coeficiente es pequeño, y aun demasiado débil, pero el de las vigas rectangulares es, según nuestra opinión, completamente satisfactorio.

Reconocemos que el coeficiente *cuatro* parece insuficiente, cuando se le compara con los adoptados generalmente, á saber: *diez* para las fábricas y *seis* para los metales. Pero las construcciones de hormigón, cuando lleguen á ser sus disposiciones perfectamente racionales, no ofrecerán los puntos débiles que se encuentran en la mayor parte de las vigas metálicas, especialmente en las de celosía, los cuales han sido causa de la ruina de algunos puentes.

Por otra parte, los experimentos realizados en Suiza y en Bélgica han demostrado que el verdadero coeficiente de seguridad de las obras metálicas, obtenido comparando la carga de rotura con la carga práctica calculada (peso propio y sobrecarga reglamentaria), era muy inferior á la cifra 4 que proponemos que se admita para las vigas de hormigón armado, y que es, además, el que ha fijado la Administración para los puentes colgados.

El coeficiente 4, que consideramos necesario, podrá parecer demasiado elevado en comparación con los resultados de los experimentos suizos y belgas á que nos hemos referido. Pero no se debe olvidar que las propiedades del hormigón varían mucho según la procedencia del cemento, la naturaleza de la gravilla y el esmero en la preparación, y que, por lo tanto, vale más pecar de prudente que de atrevido en este caso.

Habiendo tenido que inspeccionar gran número de puentes colgados construídos por concesionarios, sabemos por propia experiencia que las obras construídas á bajo precio están lejos de ser económicas, y opinamos que, especialmente en el servicio vecinal, debe evitarse el repetir con el hormigón armado una experiencia análoga á la realizada con los puentes colgados. Los funcionarios afectos á este servicio, que sólo disponen de recursos ínfimos para la conservación, se hallan en el deber de exigir una gran solidez á sus obras de arte, evitando disposiciones que no ofrezcan garantías muy formales.

Por esto importa guardarse de construir vigas en forma de T, calculadas y dispuestas según el método que ha servido para determinar las dimensiones de las vigas F, F', F'', G y K de los experimentos de 1898. Este método, que supone que las extremidades *a i j h*, *b c l k* de la cabeza son perfectamente solidarias con los demás cuerpos de la obra, es ciertamente deficiente; la viga *k*, que tenía un ala más ancha que la *F*, y la cual, según los cálculos, debía poder resistir una carga muy superior (16.000 kilogramos en vez de 12.800), se rompió bajo un peso sensiblemente menor (32.300 kilogramos en vez de 35.700).

Hay, además, que considerar que las vigas experimentadas en 1898 se agrietaron bajo la acción de cargas muy inferiores á las que finalmente determinaron su rotura. A pesar de las grietas, aquellas vigas pudieron soportar después cargas que no vacilamos en calificar de considerables. Parece, pues, que las grietas no alteran profundamente la resistencia inmediata del hor-

migón armado. Pero ¿qué sucederá con el tiempo? ¿No es presumible que estas grietas facilitarán poco á poco la desagregación del hormigón? Parece, pues, prudente tratar de evitar la formación de grietas.

Se encuentra en la página 92 de un libro publicado por M. Planat, intitulado *Recherches sur la théorie des ciments armés*, una carta de M. Hennebique, en la que se afirma que en los experimentos en que se cargan las piezas hasta la rotura, se manifiestan en la región del hormigón tendido numerosas grietas, cuando la carga llega á ser la mitad de la que causa la rotura.

Si el coeficiente de seguridad se limitase á dos, la carga práctica sería igual á la mitad de la carga de rotura, y las vigas se agrietarían probablemente al verificarse las pruebas reglamentarias.

Es cierto que podría adoptarse un coeficiente superior á dos é inferior á cuatro, por ejemplo, tres. Es posible que llegue á ser admisible este coeficiente, cuando sea mejor conocida la acción del tiempo. Un accidente ocurrido recientemente en las obras de la Exposición acaba de probar una vez más que las construcciones de hormigón armado, aun cuando parezcan imperfectas sus disposiciones, presentan una resistencia extraordinaria. Pero antes de resolvernos á proponer un coeficiente tan reducido, creemos deber esperar á que sea conocido el efecto de la acción del tiempo.

9. *Determinación de los valores numéricos de r, de r' y de p.*— Los datos que poseemos de los experimentos de 1898, realizados en los talleres de M. Hennebique, no son bastante completos para permitir valuar la resistencia á la tensión del hormigón; es decir, el número *r'* de nuestras fórmulas. Pero estos datos bastan, á nuestro juicio, para apreciar los valores medios de *r* y de *p*, con la aproximación necesaria en la práctica.

La fórmula (12)

$$M = \frac{r b h^3}{6},$$

de la cual se deduce

$$r = \frac{6 M}{b h^3} \quad (33)$$

daría el medio de calcular la resistencia del hormigón de las vigas, si éstas estuvieran dispuestas del modo indicado en el párrafo 5; es decir, hallándose colocadas sus armaduras de modo que el centro de las tensiones se halle al sexto de la altura de la viga á partir del intradós.

La fórmula (12) y la (33) que acabamos de deducir son aplicables á las vigas de M. Hennebique, cuyas armaduras están colocadas lo más cerca posible del intradós.

Debemos, pues, calcular el valor medio de *r* por medio de la fórmula (31) del párrafo 6:

$$r = \frac{6 M}{b x h (3 \bar{x} - x h)}$$

En cuanto al valor de *p*, lo determinaremos por medio de la fórmula (32) del mismo párrafo:

$$p = \frac{9 M}{2 \omega (3 \bar{x} - x h)}$$

Mas puede ser útil, como medio de comprobación, valuar *r* por la fórmula (33).

Hemos efectuado los cálculos valiéndonos de estas tres fórmulas, admitiendo que el momento resistente práctico de cada

una de las vigas es igual á la cuarta parte del momento flector desarrollado por las fuerzas exteriores (peso propio y sobrecarga) en el instante de la rotura de la viga.

Nuestros cálculos relativos á las vigas rectangulares A, A' y B, se hallan resumidos en el siguiente cuadro:
(Más adelante se estudiarán las vigas en forma de T.)

DESIGNACIÓN DE LA VIGA		A	A'	B
Peso muerto por metro lineal.....	$p =$	300 k	300 k	450 k
Carga concentrada al romperse la viga..	$P =$	11.500 k	8.400 k	36.900 k
Luz.....	$L =$	5 m	5 m	5 m
Monumento flector en el instante de la rotura.....	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{8} p L^2 = \dots\dots\dots \\ + \frac{1}{4} P L = \dots\dots\dots \end{array} \right.$	940	940	1.400
Total.....	$M_f =$	14.370	10.500	46.100
Momento resistente práctico.....	$M = \frac{M_f}{4} =$	15.310	11.440	47.500
Ancho de la viga.....	$b =$	3.800	2.800	11.800
Altura de la viga.....	$h =$	0,30	0,30	0,30
Sección total de la viga.....	$\Omega = b h =$	0,40	0,40	0,60
	$6 M =$	0,12	0,12	0,18
	$\Omega h = b h^2 =$	22.800	16.800	70.800
		0,048	0,048	0,108
Aplicación de la fórmula (33).....	$r = \frac{6 M}{b h^2} =$	475.000	350.000	656.000
Total de los tres valores de.....	$r =$	1.481.000		
Media de los tres valores de.....	$r =$	494.000		
Distancia entre el eje(el intradós..... de la armadura y... (el trasdós.....	$\left\{ \begin{array}{l} z h = \\ \delta = u h = \\ z = \\ u = \end{array} \right.$	0,06	0,04	0,06
		0,34	0,36	0,54
		0,15	0,10	0,10
		0,85	0,90	0,90
Sección de la armadura.....	$\omega =$	0,004.531 m ²	0,001.062 m ²	0,004.242 m ²
Tanto por ciento de metal.....	$n =$	0,088	0,009	0,024
Aplicación de la formula (26).....	$x = \frac{2 + 9 n u}{4 + 9 n} =$	0,528	0,508	0,520
	$3 \delta =$	1,020	1,080	1,620
	$x h =$	0,211	0,203	0,312
	$3 \delta - x h =$	0,809	0,877	1,308
	$b x h =$	0,0633	0,0609	0,0936
	$6 M =$	22.800	16.800	70.800
Aplicación de la fórmula (31).....	$r = \frac{6 M}{b x h (3 \delta - x h)} =$	445.000 k	313.000 k	578.000 k
Total de los tres valores de.....	$r =$	1.338.000 k		
Media de los tres valores de.....	$r =$	446.000 k		
Aplicación de la fórmula (32).....	$\rho = \frac{M}{2 \omega (3 \delta - x h)} =$	4.666.000	13.558.000	9.568.000
Total de los tres valores de.....	$\rho =$	27.782.000 k		
Media de los tres valores de.....	$\rho =$	9.261.000 k		

(Se continuará).

REVISTA EXTRANJERA

Pruebas del daltonismo.

En el *Bulletin de la Commission internationale du Congrès des Chemins de fer*, del mes de Febrero, hallamos la siguiente nota.

En estos últimos tiempos, muchos especialistas americanos han tratado la cuestión de las pruebas á que deben someterse los empleados de los caminos de hierro para saber si poseen la facultad de distinguir los diversos colores á diferentes distancias y en diferentes condiciones atmosféricas.

A continuación damos un resumen de los sistemas imaginados con

este objeto por el profesor E. W. Scripture y por el oculista D. Emmett Welsh.

Según M. Scripture, las pruebas á que son sometidos los agentes de los caminos de hierro, principalmente los maquinistas, no ofrecen garantías suficientes para los viajeros, puesto que algunos accidentes ocurridos en estos últimos años no pueden ser atribuidos más que al daltonismo de los agentes, y M. Scripture cree que puede afirmar que algunos empleados, que han sufrido favorablemente la prueba tal como actualmente se practica, no ofrecen seguridad para los viajeros.

Cita el caso de uno de sus alumnos que distingue perfectamente los colores de las lanas, y, sin embargo, padece de daltonismo. Es el caso