

orden que se quiere limpiar. Repetida esta operación varias veces se logra que todas las materias contenidas en la cañería de segundo orden y en sus ramificaciones pasen al depósito.

(Se continuará.)

VIADUCTO DEL MALLECO, EN CHILE

CONSTRUIDO POR LOS SRES. SCHNEIDER Y C.^a, del Creusot

Memoria publicada en *Le Génie Civil*

POR ENRIQUE MAMÚ

INGENIERO DE ARTES Y MANUFACTURAS, OFICIAL DE LA ACADEMIA

(Continuación.)

Las vigas del capitel que sostiene los aparatos de apoyo son de cajón doble. Tienen 800 milímetros de alto, y tres almas de 776×12 , ocho escuadras de $\frac{100 \times 100}{12}$ y dos platabandas de 750×12 ; estas vigas están reforzadas por montantes encima de las columnas y en su punto medio; además están unidas por barras rectas y oblicuas formando arriostramiento.

El capitel lleva alrededor un piso sostenido por ménsulas y rodeado de una barandilla que cierra un rectángulo de $6^m,90$ por $4^m,40$.

Las riostras de las cinco primeras filas á partir del capitel están compuestas de un alma de 250×8 y 4 escuadras de $\frac{100 \times 80}{9}$. Las demás riostras tienen el alma de 300×8 , y las escuadras de $\frac{120 \times 80}{9}$.

Las diagonales están formadas por dos T unidas, cuya sección varía de $\frac{130 \times 80}{10}$ á $\frac{130 \times 70}{10}$. En las grandes caras de las pilas, todos los cruzamientos de diagonales y los puntos medios de riostras horizontales están unidas por una cadena en T de $130 \times 70 \times 9$, que va desde el capitel á la base; estos mismos puntos están unidos á la columna central por barras horizontales en forma de I de $140 \times 80 \times 6$. En el plano de cada arriostramiento horizontal existen barras diagonal que triangulan el sistema. Las barras de los cinco primeros tramos á partir del capitel están formadas por un alma de 200×6 y 4 escuadras de $\frac{80 \times 60}{7}$. Las demás barras tienen el alma de 250×6 y las escuadras de $\frac{95 \times 60}{8}$.

Las columnas están provistas de tirantes de amarra de hierro forjado, que por medio de estribos abrazan una altura de fábrica de 7^m,50. Estos tirantes tienen un diámetro de 170 milímetros en las dos pilas mayores, y de 140 en las menores; terminan en una parte fileteada, y las tuercas están zunchadas en caliente, para impedir se aflojen con las trepidaciones.

Las vigas reposan sobre pilas y estribos por intermedio de aparatos con rótulas, para que las reacciones verticales pasen por el eje de los apoyos cuando las vigas sufren flexión. Los aparatos permiten la libre dilatación del puente; están fijos en las dos pilas centrales y llevan rodillos en las extremas y estribos. Los extremos de las dos pilas mayores no se mueven más que bajo la influencia de la dilatación del tramo central; estos movimientos pequeños con relación á la altura de las pilas fatigan poco á éstas.

Cálculo de los elementos principales del viaducto.—El metal empleado en la construcción de las pilas y tramos ha sido el acero dulce, cuyas condiciones de resistencia estipuladas en el pliego de condiciones son:

Carga de rotura 45 kilogramos por milímetro cuadrado. Con alargamiento de 25 por 100.

Los ensayos se han efectuado con barras de 100 milímetros de longitud útil, cortadas de las planchas y barras que se empleaban.

Los resultados medios obtenidos han sido los siguientes:

$$R = 47 \text{ kilogramos por milímetro cuadrado.}$$

$$A = 28 \text{ por 100 en 100 milímetros.}$$

Vigas.—Las cifras que han servido de base á los cálculos de las vigas son las siguientes:

	CARGAS POR METRO LINEAL	
	De puente. Kilogramos.	De viga. Kilogramos.
Peso de los metales.	2.300	»
— de traviesas y carriles.	180	»
— de la madera de andenes.	170	»
Peso permanente.	2.650	1.325
Sobrecarga de prueba.	4.100	2.050
TOTAL.	6.750	3.375

Las vigas forman cinco tramos iguales continuos de 69^m,50; son, por lo tanto, simétricas con relación á su punto medio. Los momentos de flexión se han determinado por las fórmulas de Collignon; los valores de estos momentos, así como los de los esfuerzos cortantes y los trabajos de los elementos esenciales de las vigas, están indicados en los cuadros siguientes:

MOMENTOS DE FLEXIÓN MÁXIMOS.

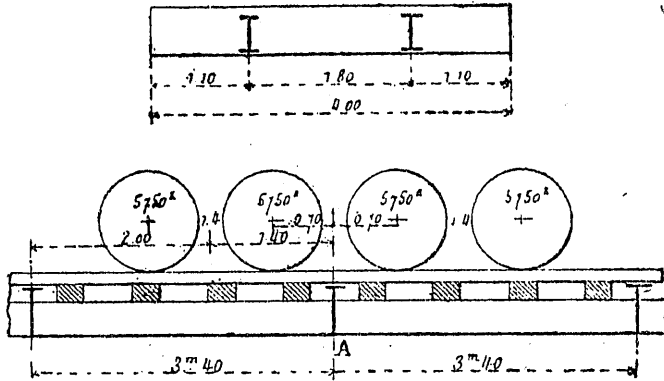
Secciones consideradas.	Disposición de las cargas.	Momentos.	Secciones.	Esposor de las platabandas.	Valor de $\frac{I}{21}$	Trabajo por milimetro cuadrado.
		<i>Kilog.</i>		<i>Milim.</i>		<i>Kilog.</i>
1. ^a pila.....		1 822.600		32	191.400	9.5
2. ^a pila.....		1.559.475		26	170.200	9.2
En el 4er. tramo.		4.430 000		21	152 800	9.4
En el 2. ^o tramo..		950 000		40	114 585	8.3
En el 3er. tramo.		1.030.000		40	114 585	9.0

ESFUERZOS CORTANTES EN LOS APOYOS.

Puntos considerados.	Disposición de las sobrecargas.	Esfuerzos cortantes.	Esfuerzo que corresponde a una barra.	Secciones de las barras.	Trabajo por milimetro cuadrado.
		<i>Kilog.</i>	<i>Kilog.</i>		<i>Kilog.</i>
Estribo		98.500	34.800	$\frac{735 \cdot 85}{33 \cdot 66} \cdot \frac{m^2}{4300}$	8.4
1. ^a pila. { izquierda..		443.500	50.700	$\frac{250 \cdot 85}{43 \cdot 66} \cdot 5800$	9.4
{ derecha...		431.000	46.300		8.6
2. ^a pila. { izquierda..		425.000	44.200	$\frac{250 \cdot 85}{38 \cdot 66} \cdot 4980$	8.9
{ derecha...		428.000	45.200		9.1

Viguetas.—Las viguetas se han considerado como apoyadas en dos puntos distantes 4 metros.

La separación de las viguetas es de 3^m,40 y la de los largueros es de 1^m,80 (figs. 1 y 2).



1.º Cargas uniformemente repartidas:

Peso de los metales por metro lineal: 70 kilogramos.

Momento de flexión en el centro del vacío:

$$m_1 = \frac{1}{8} \times 70 \times 4^2 = 140 \text{ kilogramos.}$$

2.º Cargas aisladas permanentes encima de cada larguero:

Un larguero.	220 kilogramos.	
Traviesas y carriles.	310	—
Piso..	70	—
	<hr/>	
TOTAL.	600	—

Momento de flexión en el centro del vacío:

$$m_2 = 600 \times 1.1 = 660 \text{ kilogramos.}$$

3.º Cargas aisladas accidentales encima de cada larguero:

Las cargas máximas están dadas por las ruedas de una locomotora de 46 toneladas con cuatro ejes separados 1^m,40. La mayor reacción de estas ruedas sobre las uniones de largueros y de la vigueta A está dada por la disposición indicada en la figura 2.ª

Reacción de las ruedas sobre la vigueta A:

$$2 \left(2 \times 5.750 \text{ kg.} \times \frac{2,00}{3,41} \right) = 13.530 \text{ kilogramos.}$$

Momento de flexión en el centro del vacío:

$$m_3 = 13.530 \text{kg.} \times 1^{\text{m}},1 = 14.880 \text{ kilogramos.}$$

Momento de flexión total:

$$M = 140 + 660 + 14.880 = 15.680 \text{ kilogramos.}$$

Las viguetas tienen la sección indicada en la figura 3.

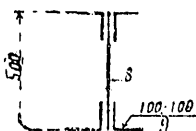


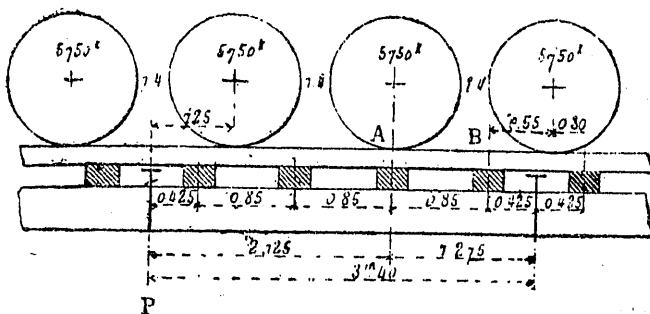
Fig. 3.

Valor de $\frac{I}{n}$: 0,001711

Trabajo del acero por milímetro cuadrado:

$$R = \frac{15.680}{1.711} = 9 \text{kg.,}2$$

Largueros.—Los largueros se consideran como apoyados libremente en sus extremos distantes 3^m,40 (fig. 4).



1.º Cargas uniformemente repartidas:

Peso de los metales por metro lineal.	65 kilogramos.
— de las traviesas y carriles.	90 —
TOTAL.	155 —

Momento de flexión en el centro del vacío:

$$m_1 = \frac{1}{8} \times 155 \text{kg.} \times 3,4^2 = 224 \text{ kilogramos.}$$

2.º Cargas aisladas accidentales:

El momento de flexión tiene lugar encima de la traviesa A cuando las

ruedas de la locomotora ocupan la posición indicada en la fig. 4. La carga sobre la traviesa B, debida á una rueda es igual á:

$$5.750 \times \frac{0,3}{0,85} = 2030 \text{ kilogramos.}$$

La reacción del apoyo P tiene por valor:

$$\frac{2030 \times 0,425 + 5.750 (1,275 + 2,675)}{3,4} = 6.930 \text{ kilogramos.}$$

El momento de flexión máxima en A es:

$$m_a = 6.930 \text{ kg} \times 2 \text{ m},125 - 5.750 \text{ kg} \times 1 \text{ m},4 = 6.676 \text{ kilogramos.}$$

El momento de flexión total es próximamente igual á:

$$M = 224 + 6.676 = 6.900 \text{ kilogramos.}$$

Los largueros tienen una sección representada por la fig. 5.

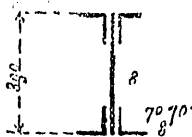


Fig. 5.

$$\text{Valor de } \frac{I}{n} : 0,000873.$$

Trabajo del acero por milímetro cuadrado:

$$R = \frac{6.900}{873} = 7 \text{ kg},9.$$

Pilas metálicas y acción del viento sobre el viaducto.—Las pilas metálicas deben oponerse al vuelco de la obra por la acción del viento. Como para todas las obras de esta importancia, se ha considerado esa presión del viento de 270 kilogramos por metro cuadrado cuando el puente está libre, y de 170 kilogramos cuando da paso á los trenes. Este último esfuerzo, capaz de volcar los vagones vacíos, impide la circulación. Aunque estas presiones sean excepcionales, se han calculado las pilas, en atención á su gran altura, de manera que el trabajo de todos sus elementos no pase de 10 kilogramos por milímetro cuadrado, bajo la influencia de las cargas verticales y del viento. Se han tomado como superficies expuestas al viento:

1.º En el puente propiamente dicho:

a) Los nervios superior é inferior de la viga directamente expuesta al viento.

b) Los montantes y celosías de las dos vigas.

La superficie total por metro líneal es de $3 \text{ m}^2,60$.

2.º Para el tren:

Un rectángulo de 2 metros de altura cuya base inferior está 1 metro por encima de los carriles.

3.º Para las pilas:

- a) La proyección de los cuatro montantes y de la columna central.
- b) Las piezas secundarias en las dos caras de las pilas.

Los cálculos de las condiciones de estabilidad de las pilas están indicados en los cuadros siguientes, suponiendo que el viento obra sobre todo el viaducto y que éste está con sobrecarga en toda su longitud, teniendo en cuenta la continuidad de las vigas.

ESTABILIDAD POR ENCIMA DEL CAPITEL DE LAS PILAS.

Altura de las pilas.....	75m,70 y 67m,70		43m,70	
	270k	170k	270k	170k
Intensidad del viento por metro cuadrado...				
ACCIÓN DE LAS CARGAS VERTICALES				
Peso del puente..... p_1	480t	480t	209t	209t
Peso del tren..... p_2	0	278t	0	322t
Peso total..... $P = p_1 + p_2$	480t	458t	209t	531t
Semidistancia de eje á eje de los apoyos... c	2m,25	2m,25	2m,25	2m,25
Momento de estabilidad..... $M_s = P\delta$	405	4030,5	470,25	1194,75
ACCIÓN DEL VIENTO				
Presión del viento sobre el puente..... V_1	66t	42t	77t	48t
Altura del centro de presión..... h_1	4m,6	4m,6	4m,6	4m,6
Momento de giro..... $m_1 = V_1 h_1$	303,6	193,2	354,2	220,8
Presión del viento sobre el tren..... V_2	»	23t	»	27t
Altura del centro de presión..... h_2	»	10m,4	»	10m,4
Momento de giro..... $m_2 = V_2 h_2$	»	232,2	»	272,7
Presión total del viento..... $V_t = V_1 + V_2$	66t	65t	77t	75t
Momento total de giro..... $M_g = m_1 + m_2$	303,6	425,6	354,2	493,5
ESTABILIDAD				
Distancia del punto de paso de la resultante de los esfuerzos al eje de la pila.... $\frac{M_g}{P}$	1m,69	0m,93	1m,69	0m,93
Coficiente de seguridad..... $\frac{M_n}{M_r}$	1,33	2,42	1,33	2,42
Relación del viento al peso..... $\frac{V}{P}$	0,36	0,44	0,36	0,44

Aunque el puente tiene estabilidad por su peso, se le ha unido á los capiteles y á los estribos por medio de bielas que por el esfuerzo que pueden soportar elevan el coeficiente de seguridad á la cifra 2.

La mayor relación del esfuerzo del viento al peso es de 0,36; el rozamiento solo se opone al deslizamiento del puente sobre los capiteles. Además, los aparatos de dilatación se oponen á este movimiento.

(Se continuará.)

MADRID: 1891.

ESTABLECIMIENTO TIPOGRÁFICO DE GREGORIO JUSTE,

Calle de Pizarro, número 15, bajo.