

# PROYECTO DE PUENTE SOBRE EL RIO ITATA

(Conclusion)

## § V. ACERO PARA LOS ÓRGANOS DE EMPOTRAMIENTO

Estimamos que las condiciones de sollicitacion en que se encuentran colocadas estas piezas, fabricadas con el mismo metal de las vigas maestras, permiten adoptar para ellas como tasa práctica de trabajo a la estension

$$11,50 \text{ k. mm.}^2$$

El montante vertical está cargado de punta, debiendo atenderse entónces a la fórmula

$$i_o = \frac{i}{1 + 001 \frac{L}{r}}$$

$$L = 4000 \text{ mm.}$$

$$I = 1.584.068.560 \text{ mm.}^4$$

$$\Omega = 36.400 \text{ mm.}^2$$

$$r = 209 \text{ mm.}$$

$$i_o = \frac{11,50}{1 + 0,01 \times 19} = 9,66 \text{ k. /mm.}^2$$

### a) Brida superior, seccion inclinada

Trabajo límite admisible.....	+	11,50 k. /mm. <sup>2</sup>	
» máximo calculado.....	+	8,54	»

### b) Tirantes

Trabajo límite admisible. ....	+	11,50	»
» máximo calculado.....	+	9,00	»

### c) Anclaje

Trabajo límite admisible. ....		11,50	»
» máximo calculado.....		8,03	»

*d) Montante vertical*

Trabajo límite admisible (de punta).....	9,66	»
» máximo calculado » .....	2,00	»
» límite admisible (compresion simple)...	11,50	»
» máximo calculado » .....	4,23	»
» límite admisible (flexion).....	11,50	»
» máximo calculado » .....	7,82	»

Por fin, la mayor fatiga por cizalle que se desarrolla en el montante vertical se ha calculado igual a..... 5,60 k. /mm.<sup>2</sup>  
 i la tasa de trabajo admisible es de  $\frac{4}{5} \times 11,50 = 9,20$  »  
 de acuerdo con la circular francesa que nos ha servido de norma.

§ VI. ACERO PARA LA REMACHADURA

La misma circular dice en su artículo 2.º:

«Se calcularán el número i las dimensiones de los remaches de manera que el trabajo por cizalle del metal no sobrepase los  $\frac{4}{5}$  del límite mas bajo que se haya admitido en las piezas por ensamblar.

*a) Ensamble de los travesaños a las vigas*

Trabajo límite admisible.....	$\frac{4}{5} \times 5,5 =$	4,4 k. /mm. <sup>2</sup>
» máximo calculado.....		1,68 »

*b) Ensamble de las vigas*

Trabajo limitado admisible.....	$\frac{4}{5} \times 11,50 =$	9,20	»
» máximo calculado (diagonales).....		6,57	»
» » » (montantes).....		5,31	»
» » » (brida superior).....		3,92	»
» » » (brida inferior).....		5,10	»
» » » (cubre juntas).....		6,78	»

*c) Contravientos*

Trabajo límite admisible.....	$\frac{4}{5} \times 12,50 =$	10,00	»
» máximo calculado (arriostramiento vertical)..		2,56	»
» » » (arriostramiento horizontal)		6,41	»

*d) Organos de empotramiento*

Trabajo límite admisible.....	$\frac{4}{5} \times 11,50 =$	9,20	»
» máximo calculado (montante vertical).....		6,82	»
» » » (brida superior, seccion inclinada).....		6,07	»
» » » (tirantes).....		5,85	»

## § VII. FUNDICION

Se han elaborado con este metal los descansos de los extremos inferiores de los arcos, las golillas semi-cilíndricas de las cabezas de los tirantes de empotramiento i las planchas de apoyo de los anclajes sobre el cielo de las galerías.

Segun la circular francesa, puede aceptarse como límite de trabajo a la compresion.....	6,00 k. /mm. <sup>2</sup>
Las presiones máximas que soportan las piezas nombradas son:	
Descansos de los arcos.....	1,43 »
Golillas de los tirantes.....	3,69 »
Planchas de apoyo del anclaje.....	0,14 »

## § VIII. ALBAÑILERÍAS

Para fijar los límites de trabajo en las albañilerías, hemos creído conveniente prescindir de las cifras indicadas en los formularios extranjeros, porque la calidad de los materiales empleados i la forma de ejecucion son peculiares del país. En consecuencia, hemos dado la preferencia a los coeficientes de resistencia que la práctica ha indicado como aceptables en Chile.

a) *Mampostería de piedra tallada*

Trabajo límite admisible.....	30,00 k. /cm <sup>2</sup>
» máximo calculado (apoyo de los arcos).....	24,24 »

b) *Mampostería de bolones*

Trabajo límite admisible.....	14,00 »
» máximo calculado (presion del montante vertical).....	12,67 »

c) *Concreto*

Trabajo límite admisible.....	14,00 »
» máximo calculado (base del estribo).....	4,14 »

## CAPÍTULO XII

ESTUDIO DE LAS DEFORMACIONES DEL PUENTE BAJO LA ACCION DEL PESO MUERTO  
I DE LA SOBRECARGA

Solo nos ocuparemos de los movimientos que experimenta la seccion en la llave cuyo avalúo nos interesa para las pruebas por sobrecarga uniforme a que el puente ha de ser sometido.

En el § I del Capítulo III hemos establecido las fórmulas jenerales que nos permi-

ten calcular los desplazamientos horizontales i verticales de la seccion en la llave. Esas fórmulas aparecen con los números (15) i (16):

$$E \Omega \Delta x_1 = \frac{p}{2} \int_A^D \frac{(L-x)^2}{h} dx - qd \int_A^D \frac{dx}{h} - q \int_A^D dx - r \int_A^D \frac{L-x}{h} dx \tag{15}$$

$$- E \Omega \Delta y_1 = \frac{p}{2} \left[ \int_A^D \frac{(L-x)^3}{h^2} dx + \int_A^D \frac{(L-x')^3}{h'^2} ds \right] - qd \left[ \int_A^D \frac{L-x}{h^2} dx + \int_A^D \frac{L-x'}{h'^2} ds \right] - q \int_A^D \frac{L-x}{h} dx - r \left[ \int_A^D \frac{(L-x)}{h^2} dx + \int_A^D \frac{(L-x')^2}{h'^2} ds \right] \tag{16}$$

El cálculo de algunas de las integrales que figuran en estas ecuaciones ha sido hecho anteriormente en el § II del Capítulo III.

$$\int_A^D dx = 20,25$$

$$\int_A^D \frac{dx}{h} = 12,752$$

$$\int_A^D \frac{(L-x)^2}{h} dx = 989,227$$

$$\int_A^D \frac{(L-x)^2}{h^2} dx = 435,511$$

$$\int_A^D \frac{(L-x')^2}{h'^2} ds = 457,748$$

$$\int_A^D \frac{(L-x)^3}{h^2} dx = 4851,771$$

$$\int_A^D \frac{(L-x')^3}{h'^2} ds = 5359,410$$

Para las restantes hemos formado el cuadro XII derivado de los cuadros I i II

## CUADRO XII

N.º	$\frac{L-x}{h}$	$\frac{L-x}{h^2}$	$\frac{L-x'}{h'^2}$
1 .....	4,21875	0,87890	0,97808
2 .....	4,39156	1,05820	1,00445
3 .....	4,69565	1,36106	1,31418
4 .....	5,06250	1,80803	1,76958
5 .....	5,28261	2,29679	2,28016
6 .....	5,47297	2,95783	2,96369
7 .....	5,58620	3,85255	3,86413
8 .....	5,28261	4,59357	4,62333
9 .....	4,05000	4,05006	4,09216
10 .....	2,31428	2,64489	2,70435
11 .....	0,00000	0,00000	0,00000

Este cuadro nos permite calcular las tres integrales

$$\int_A^D \frac{L-x}{h} dx \quad \int_A^D \frac{L-x}{h^2} dx \quad \int_A^D \frac{L-x'}{h'^2} ds$$

aplicando la fórmula de Simpson. Recordemos que

$$\frac{\Delta x}{3} = 0,675$$

$$\frac{\Delta s}{3} = 0,68433$$

Entonces:

$$\int_A^D \frac{L-x}{h} dx = 0,675(4,21875 + 4 \times 22,52392 + 2 \times 19,61446) =$$

$$= 90,142$$

$$\int_A^D \frac{L-x}{h^2} dx = 0,675(0,8789 + 4 \times 13,06252 + 2 \times 11,5604) =$$

$$= 51,469$$

$$\int_A^D \frac{L-x'}{h'^2} ds = 0,68433 (0,97808 + 4 \times 13,0654 + 2 \times 11,55063) = 52,242$$

Conocidas las integrales i el valor de  $E\Omega$ ,

$$E\Omega = 151.872.000$$

podemos reemplazar esos valores en las fórmulas i escribir:

$$151.872.000 \Delta x_1 = 494,613p - 12,752qd - 20,25q - 90,142\pi \quad (15')$$

$$-151.872.000 \Delta y_1 = 5105,59p - 103,711qd - 90,142q - 893.259\pi \quad (16')$$

### § I. PESO MUERTO SOLO

El peso muerto es una sobrecarga uniformemente repartida que cubre la longitud total de la viga i cuyo valor por metro corrido es

$$p = 670 \text{ k.}$$

Hemos calculado ya las espresiones de  $q$ ,  $\pi$  i  $d$  que a este caso se refieren

$$q = 17,6448p = 11822 \text{ k.}$$

$$\pi = 0.$$

$$d = 0,611 \text{ m.}$$

Podemos, por tanto, reemplazar en las fórmulas (15') i (16'):

$$\Delta x_1 = 0.$$

$$\Delta y_1 = -0,0107 \text{ m.}$$

Como se sabia de antemano el desplazamiento horizontal de la seccion en la llave es nulo.

### § II. PESO MUERTO I MEDIA SOBRECARGA

Las deformaciones producidas por el peso muerto son las que acabamos de avaluar. En cuanto a la sobrecarga, ella cubre solo la mitad del largo de la viga i vale por metro corrido.

$$p = 840 \text{ k.}$$

Anteriormente hemos escrito los valores de  $q$ ,  $\pi$  i  $d$  en el caso de que se trata:

$$q = 8,8224 p = 7.411 \text{ k.}$$

$$\pi = 2,8578 p = 2.401 \text{ k.}$$

$$d = 0,611 \text{ m.}$$

Reemplazando en (15') i (16'), se tiene:

$$\Delta x_1 = -0,000058 \text{ m.}$$

$$\Delta y_1 = -0,00664 \text{ m.}$$

Se ve pues que, bajo la accion de la media sobrecarga, la seccion en la llave desciende de 0,00664 m., mientras que su desplazamiento horizontal es inapreciable.

### § III. PESO MUERTO I SOBRECARGA COMPLETA

Para el peso muerto se han calculado ya las deformaciones de la seccion en la llave. En el caso que estudiamos, la sobrecarga cubre toda la viga y vale por metro corrido

$$p=840 \text{ k.}$$

Aplicando las fórmulas conocidas

$$q=17,6448 \text{ p}=14.822 \text{ k.}$$

$$\pi=0.$$

$$d=0,611 \text{ m.}$$

i entónces

$$\Delta x_1=0$$

$$\Delta y_1=-0,0133$$

### § IV. RESÚMEN

Si consideramos el puente armado con una contra flecha de 0,0107 m., las bridas superiores de las vigas quedarán sensiblemente horizontales bajo la accion del solo peso muerto.

En el momento en que la sobrecarga uniforme principie a aplicarse sobre el puente, el centro de gravedad de la seccion en la llave comienza a desplazarse horizontal i verticalmente, describiendo una curva; pero como el desplazamiento horizontal es inapreciable no lo tomaremos en cuenta.

Cuando el puente se halla bajo media sobrecarga, el descenso vertical de la seccion referida vale 0,00644 m.

Si la sobrecarga sigue avanzando, ese punto sigue bajando hasta que su desplazamiento vertical llega a su máximo, 0,0133 m., cuando la sobrecarga es completa.

Si ésta sigue avanzando i descubriendo ahora el puente, la seccion en la llave se levanta al mismo tiempo. Cuando media sobrecarga se ha retirado, el descenso vertical ha disminuido hasta 0,00644 m.

Por fin, si la sobrecarga continúa retirándose, el centro de gravedad de la seccion en la llave sigue acercándose a su posicion inicial que ocupa de nuevo cuando aquella sale del puente en su totalidad.

NOTA.—Las escalas indicadas en todas las láminas anexas corresponden a los dibujos orijinales, i no a las reducciones fotográficas que se han hecho para ajustarse al formato de la presente publicacion.

RAÚL CLARO SOLAR.

JORJE LIRA ORREGO.

