

## MEMORIA

ACERCA DE LA SUSTITUCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE MADERA POR OTRA DE HIERRO  
EN EL PUENTE COLGADO DE LASCCELLAS.

La carretera de segundo orden de Huesca á Monzón, en la provincia de Huesca, cruza el río Alcanadre en Lascellas por medio de un puente colgado, que consta de un solo tramo de 94 metros de luz, á 35 metros de altura sobre el cauce.

Este puente presenta una disposición especial, que no he visto en ningún otro colgado, y es que la rasante del piso no está en toda su longitud por debajo del cable, sino que corta la flecha de la catenaria; resultando de esta disposición que el piso es superior al cable en el tercio central, é inferior en las extremidades. Hallábase sostenido aquél, antes de la reparación que trato de describir, por 63 viguetas transversales de madera, de las cuales 30 estaban colocadas bajo el cable y suspendidas de él por medio de péndolas de alambre, y las restantes, en la parte central del tramo, se hallaban apoyadas sobre aquél por medio de montantes verticales de madera.

Estas viguetas, de 9,00 metros de longitud y 8,40 de luz, con una sección de 0,30 por 0,36, se hallaban en condiciones de resistencia muy desfavorables para las enormes cargas que ahora circulan por la carretera, á menos que se contase con que el efecto del piso de madera habría de ser el de transmitir á las viguetas próximas situadas á uno y otro lado de la que se considere parte del peso de un vehículo en el momento de actuar sobre esta última.

En efecto; la carga permanente que sobre una de ellas actúa, es la siguiente:

|                                                                | Kilogramos.    |
|----------------------------------------------------------------|----------------|
| Quince largueros de 0,20 $\times$ 0,15 y 1,50 de longitud. . . | 499            |
| Doce metros cuadrados de entablado de 7 centímetros. . .       | 621            |
| Peso propio de la vigueta.. . . .                              | 671            |
| <i>Carga total uniformemente repartida. . . . .</i>            | <i>1.791</i>   |
| <i>Carga permanente por metro lineal de vigueta. . . . .</i>   | <i>p = 213</i> |

Llamando ahora X el momento de flexión, I el momento de inercia de la sección, U la distancia de la fibra considerada al eje neutro, y T el límite de la tensión permanente que debe sufrir el material, sabemos que estas cuatro cantidades están ligadas entre sí por la ecuación

$$t = \frac{Xu}{I}.$$

Llamando ahora P la carga accidental que la vigueta puede soportar obrando en el punto medio de su longitud, sin pasar del coeficiente límite

de la tensión ó compresión del material, que para la madera de pino es  $t = 600000$  kilogramos por metro cuadrado; y limitándonos á considerar la sección más expuesta á la rotura, tendremos:

$$X = \frac{1}{4} P \times 8,40 + \frac{1}{8} p \times 8,40^2 = 2,10 P + 8,82 p.$$

$$I = \frac{1}{12} 0,30 \times 0,36^3 = 0,0011664$$

$$U = 0,18,$$

y sustituyendo estos valores en la ecuación anterior, tendremos:

$$600,000 = \frac{(2,10P + 8,82 \times 2,13)0,18}{0,0011664};$$

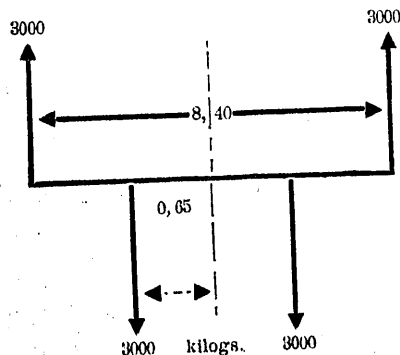
de donde

$$P = \frac{600000 \times 0,0011664 - 8,82 \times 2,13 \times 0,18}{2,10 \times 0,18} = 957 \text{ kilogramos.}$$

Lo cual quiere decir que la vigueta transversal en cuestión, después de soportar su peso propio y el del piso, sólo puede resistir en buenas condiciones de estabilidad una carga de 957 kilogramos, obrando en el centro de su longitud.

Este resultado nos hace ver la insuficiencia de las dimensiones que tenían estas viguetas, y puede juzgarse cuáles serían sus condiciones de estabilidad en el momento en que pasase sobre ellas un carro, cuyo peso no baja en muchas ocasiones de 5.000 kilogramos; es decir, que se veían obligadas á soportar una carga accidental *cerca de seis veces mayor* que la que pueden resistir dentro del coeficiente de seguridad.

Presentando la cuestión bajo otro aspecto, podemos calcular los esfuerzos máximos que actúan sobre la vigueta al paso de vehículos cargados con 6.000 kilos (incluso el peso propio), pues no es raro ver circular por la carretera tan enormes cargas sobre carros de un solo eje. La figura adjun-



ta representa la posición de la carga accidental que actuaría, además de la carga permanente  $p = 213$  kilogramos por metro lineal.

En estas condiciones resulta:

$$X = 3000 (4,20 - 0,65) + 8,82 p = 12528,$$

y por consiguiente,

$$t = \frac{Xu}{I} = \frac{12528 \times 18}{0,0011664} = 1933333 \text{ kilogramos};$$

es decir, 1,93 kilogramos por milímetro cuadrado, ó sea una *tensión más de tres veces mayor* que el coeficiente práctico de seguridad.

Era todavía menos satisfactorio el resultado de los cálculos de estabilidad de los largueros del puente, cuya sección era de  $0,20 \times 0,12$ . Bajo la acción de una rueda de vehículo cargado con 6.000 kilos, resulta una tensión máxima de 370 kilogramos por milímetro cuadrado, ó sea *seis veces mayor* que el coeficiente de seguridad.

A no ser porque el efecto del entablonado es siempre repartir una parte de la carga sobre los largueros contiguos, es evidente que en tan malas condiciones de estabilidad no podrían resistir el paso de carros tan cargados.

La adquisición de las viguetas de madera de 9,00 metros de longitud no costaba menos de 120 pesetas, siendo además preciso pedir las con mucha antelación al tiempo de su empleo, y no pudiendo contarse con que durasen en buenas condiciones más de diez ó doce años.

Estas poderosas razones hicieron nacer la idea de la sustitución de las viguetas de madera por otras de hierro, habiéndoseme encargado el estudio consiguiente.

El problema nada interesante ofrecería si se tratase de un puente colgado, cuya rasante fuera totalmente inferior al cable; pero en la disposición especial que hemos dicho presenta el puente de Lascellas, la sustitución de la antigua estructura por otra metálica ofrecía algunas dificultades que vencer y al mismo tiempo particularidades que pueden interesar para casos análogos, y que trato de describir en esta Memoria, dividida en dos partes, una relativa á la parte de tablero suspendida y otra á la apoyada sobre el cable.

(Se continuará.)

