

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

VIADUCTO HELIZOIDAL DE ACCESO AL PUENTE DE AUSTERLITZ, SOBRE EL SENA.

EN PARÍS

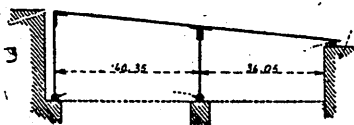
La travesía del Sena por la línea del Metropolitano á la salida de la estación de Austerlitz ha necesitado la construcción sobre la orilla izquierda, por encima del puerto de Austerlitz, de un tramo metálico de 29^m,10 de luz; sobre el río, de un viaducto en arco de triple articulación, de 140 metros de luz, y sobre la orilla derecha, por encima del bajo puerto de la Rapée, de dos tramos metálicos consecutivos de 34^m,30 de luz.

El tramo de la orilla izquierda no ofrece nada de particular.

Los dos tramos de la orilla derecha, por el contrario, son de un tipo enteramente nuevo y encierran una solución extremadamente elegante, tanto desde el punto de vista de la construcción como de la estética. Daremos algunas reseñas de esta obra.

Por encima del bajo puerto de la margen derecha, la línea férrea se desarrolla en curva de 75 metros de radio, según una pendiente de 40 milésimas. Hasta el presente, ya se sabe que para el paso de una vía férrea en curva sobre un viaducto metálico se colocan las vigas de orilla de los tramos sobre un contorno poligonal que aproxima cuanto es posible las posiciones sucesivas ocupadas por el material móvil en su movimiento sobre la curva. Esta solución no conduce frecuentemente á una disposición muy elegante. En París se ha imaginado un desarrollo curvo, paralelo á la envolvente del gabarito de los coches, de suerte que las vigas de orilla se han establecido según una superficie helizoidal.

El viaducto del bajo puerto de la Rapée comprende dos tramos solidarios, cuyas luces medidas sobre el lado exterior son respectivamente de 40^m,35 y de 33^m,05. En el gran tramo, las vigas hacen cuerpo con sus pies derechos, los cuales descansan sobre apoyos de rótula (véase la figura). El pequeño tramo es



continuación del primero y por intermedio de apoyo de dilatación descansa en su extremidad baja sobre el estribo.

Los apoyos de rótula descansan, ya sobre el cajón de fundación del estribo del viaducto sobre el Sena, ya sobre cajones introducidos especialmente para recibirlos.

Los tramos tienen un ancho de 8 metros medidos de eje á eje

de las vigas. El decline de 40 milésimas está contado sobre el eje de la obra; las viguetas de enlace están dispuestas horizontalmente según el radio; las pendientes de las dos vigas de orilla no son iguales y el tablero es elizoidal.

Bovedillas de ladrillo enlazan las viguetas, y á fin de permitir á éstas resistir á los momentos transversales debidos á la curvatura de las vigas, se enlazan á las vigas de orilla por medio de una disposición de una gran rigidez.

Las vigas principales tienen 3 metros de altura y sus parámetros laterales están trazados según superficies cilíndricas.

Cada una de las cabezas comprende dos almas de 500 milímetros de altura, separadas de 340 milímetros y bordeadas por tres cantoneras. Las cabezas están reunidas por montantes y diagonales del tipo en N.

Las cabezas inferiores de las dos vigas se hacen solidarias por medio de un arriostramiento, calculado para resistir á los esfuerzos resultantes de la acción del viento, de los empujes ejercidos sobre los pies derechos, de la fuerza centrífuga y el frenado de los trenes.

Los pies derechos, que refieren á las mamposterías de las fundaciones, las cargas verticales y los empujes horizontales debidos á su solidaridad con las vigas, á la acción del viento, al frenado y á la fuerza centrífuga, tienen una sección en forma de viga-cajón y su base está cortada según un plano oblicuo, orientado en una dirección normal á la reacción media. Esta disposición tiene por objeto reducir al mínimo la componente tangencial, que tiende á hacer deslizar el pie derecho sobre el balancín superior del aparato de apoyo, al cual está ensamblado por ocho pernos de 30 milímetros.

Para cada uno de los pies derechos centrales, el aparato de apoyo se compone de un bastidor inferior cuya base es un rectángulo de 1^m,70 de longitud por 1^m,60 de ancho. Este bastidor recibe el balancín superior por intermedio de una rótula de acero forjado de 0^m,25 de diámetro y de 0^m,90 de longitud. La carga máxima sobre estos apoyos es de 563 toneladas. Los aparatos de apoyo de los pies derechos extremos son menos importantes.

Cada pórtico está constituido por dos pies derechos y la rios-tra que reúne sus extremos. Debe transmitir á los apoyos las reacciones horizontales del arriostramiento y resistir á las componentes transversales de los empujes.

Para oponerse á las deformaciones debidas á estas fuerzas, en lugar de recurrir á diagonales, se ha realizado una verdadera forma rígida.

El cálculo de las dimensiones de los diferentes elementos de la obra ha dado lugar á una voluminosa Memoria. Nos limitaremos á indicar brevemente el método de cálculo empleado, el cual constituye un nuevo dato al estudio de la estabilidad de los puentes curvos.

Se sabe que la curvatura de las vigas desarrolla en la construcción momentos de torsión que tenderían a volver las vigas si no se constituye por medio de montantes verticales y riostras verdaderas armaduras transversales muy rígidas, capaces de resistir á estos momentos transversales sin deformación sensible. Se admite, por otra parte, que los pares de torsión pueden ser reemplazados por dos fuerzas verticales, iguales y de sentido contrario, las cuales vienen á sumarse algébricamente á las cargas y sobrecargas de las dos vigas; este es precisamente el caso que se presenta cuando se estudia la acción del viento sobre una obra metálica.

Las vigas, supuestas planas, con una longitud igual á su desarrollo, se determina, desde luego, por los métodos usuales las reacciones de los apoyos y los momentos flectores, teniendo en cuenta las cargas verticales. Después, por medio de los momentos M así obtenidos, se calcula para cada viga los momentos transversales debidos á la curvatura con ayuda de la fórmula:

$$m = 2 M \sin \frac{x}{2}$$

designando por x el ángulo en el centro correspondiente á un recuadro de la viga, es decir, al intervalo comprendido entre dos montantes verticales consecutivos.

Los momentos m actúan sobre la armadura rígida, compuesta por una riostra y los montantes verticales correspondientes, dando origen en cada sección á un par que se puede representar por dos cargas verticales, iguales y de sentido contrario, aplicadas á una y otra viga. Estas cargas engendran en las vigas nuevos momentos flectores μ .

En el cálculo de las cabezas hay, pues, á considerar definitivamente la suma $M + \mu$ para cada elemento.

Conociendo las reacciones de los apoyos, los momentos en las extremidades de cada tramo y las cargas definitivas que actúan en cada punto se pueden calcular fácilmente los esfuerzos cortantes.

En cuanto á los esfuerzos producidos por las variaciones de temperatura, el frenado de los trenes y la fuerza centrífuga, se determinan por un método idéntico á aquel que ha servido al cálculo de los esfuerzos debidos á las cargas verticales y que acabamos de resumir.

Los momentos flectores engendrados por los pares transversales en los montantes verticales y riostras se calculan en función del momento máximo definitivo en cada punto. Estos momentos se suman con su signo á los que resultan de las cargas que actúan directamente sobre las riostras.

Del mismo modo, para el cálculo de las secciones de los montantes, se ha tenido en cuenta, á la vez que los esfuerzos longitudinales que solicitan estas piezas en las vigas, los momentos flectores que sufren transversalmente á éstas.

Las pruebas á las cuales la obra, una vez terminada, ha sido sometida, han establecido una concordancia, por decirlo así, perfecta entre los resultados del método y los de la experiencia.

Se puede decir que el viaducto helizooidal del bajo puerto de la Rapée constituye una obra de las más notables, por la originalidad de sus disposiciones y la elegancia de sus líneas.—O.

CANALIZACIONES DE AIRE BAJO PRESIONES ELEVADAS

El *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de France* (Octubre, 1907) publica una nota interesante de M. Leroux sobre esta cuestión.

El transporte de la energía á distancia por medio del aire bajo presiones elevadas, es decir, bajo presiones superiores á 30 kilogramos, se ha utilizado particularmente para la tracción me-

cánica de tranvías. Las canalizaciones destinadas al transporte del aire debían colocarse bajo el suelo, de donde resultaban serias dificultades en la instalación; tanto para asegurar su duración y su impermeabilidad cuanto para facilitar la visita y conservación.

La Compañía general de ómnibus, que ha adoptado progresivamente desde 1893 á 1900 la tracción por el aire comprimido en una gran parte de su red de tranvías, ha tenido necesidad, durante este período, de colocar numerosas canalizaciones de aire comprimido á presiones que alcanzan la cifra de 100 kilogramos, y son estas canalizaciones, todavía en servicio, que son examinadas por M. Leroux en su nota, con el propósito de reconocer si las consideraciones técnicas que han servido de base á estas instalaciones han sido consagradas por la experiencia y si las previsiones relativas al empleo de este sistema de transporte de energía han sido realizadas.

La primera canalización de aire comprimido para la carga de los tranvías, lejos de la fábrica de compresión, se estableció en 1891 en Nogent por M. Mékarski. Esta canalización, prevista para una presión de 45 kilogramos, se construyó de tubos de fundición, pero fueron bien pronto abandonados por su extrema fragilidad y tener una impermeabilidad muy dudosa. En su consecuencia, se emplearon tubos de hierro ó acero dulce soldados con recubrimiento y tubos de acero dulce estirados, sin soldadura, para las piezas especiales, tales como codos, tubos de dilatación, etc.

Tal ha sido el caso también en Nantes, en 1893 y en 1893-94, en la Compañía general de ómnibus, donde la presión era de 80 kilogramos.

Entre las canalizaciones que esta Compañía hizo instalar á M. Mékarski, hay una de 1.875 metros de longitud formada de tubos de 6 metros de longitud, de acero dulce de 0^m,060 de diámetro interior y 0^m,0075 de espesor; cada tubo llevaba en sus extremidades collares atornillados y soldados, de los cuales uno presentaba un saliente y el otro una garganta, igualmente truncados para formar junta con interposición de una arandela de plomo. En las canalizaciones primitivas, una gran parte de los tubos tenía collares soldados, disposición que hacía difícil la renovación de una brida y de un collar.

El autor cita aún instalaciones análogas hechas en Nogent, Vichy, Aix-les-Bains y Nantes. Estas canalizaciones están en servicio desde hace más de diez años y dan excelentes resultados.

El estudio de las canalizaciones de aire comprimido fué emprendido en 1895 para el servicio de la tracción mecánica de la Compañía general de ómnibus, en vista de la transformación de su red de tranvías para la Exposición universal de 1900.

M. Leroux da cuenta de las investigaciones y cálculos hechos para determinar el diámetro de los conductos, las pérdidas de carga, el espesor de los tubos; emite consideraciones en extremo interesantes sobre la longitud límite de los tubos, sobre los ensayos en las juntas que han sido efectuados sobre los tubos de dilatación, etc.

La red de la Compañía general comprende 26 kilómetros de canalización y 55 kilómetros de tubería. Como hay aproximadamente una junta cada 13 metros por término medio, se tiene un total de 4.200 juntas. Pero como cada año no ha habido nunca más de 10 á 12 juntas á reparar, ó sean el 0,28 por 100, resulta, pues, que la canalización se ha sostenido de una manera perfecta.

En cuanto al precio de coste, es evidentemente muy variable con las dificultades de colocación. Á título de ejemplo, diremos que una canalización doble de 75 mm. de diámetro y de 1 kilómetro de longitud cuenta á razón de 43,20 francos por metro lineal.—O.