

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

MADRID, 15 DE DICIEMBRE DE 1891.

4.ª Serie.

Tomo 9.º

Número 23.

AÑO XXXIX DE LA PUBLICACIÓN.

SUMARIO.

Puentes de fábrica articulados, por D. Luis Gaztelu.—Proyecto de saneamiento general de Valladolid, redactado en virtud de orden del Excmo. Ayuntamiento por D. Recaredo de Uhagón.—Láminas 115, 116, 117 y 118.

SUMARIO DEL BOLETIN.—El ferrocarril de Oviedo á Infesto.—Noticias.—Bibliografía.—Parte oficial.—Subastas.—Adjudicaciones.—Movimiento del personal de Obras públicas.

PUENTES DE FABRICA ARTICULADOS

(Conclusión.)

III.

Con arreglo á los principios que acabamos de exponer se han construido en Alemania, desde 1882 á 1887, cuatro puentes, todos ellos de estribos perdidos; el de Hofen, sobre el río Enz, tiene 28 metros de luz aparente y 2^m,80 de flecha; su luz, al nivel de los cimientos, es de 45 metros; el de Wildbad, también sobre el Enz, de 15^m,60 de luz aparente, 3^m,25 de flecha y 20^m,60 de luz al nivel de los cimientos; el de Neuneck, sobre el Glatt, de 17 metros de luz aparente, 20^m,80 entre las bases de los estribos y 3 metros de flecha aparente; y finalmente, el de Marbach, sobre el Murr, de 32 metros de luz aparente, 3^m,10 de flecha y 43^m,50 de luz entre las bases de los estribos, construido en 1887.

Vamos á dar cuenta de las disposiciones generales adoptadas en todos ellos, y después describiremos con mayor detalle el último de los citados, que es el de más importancia y el más recientemente construido. Remitimos á los lectores que deseen conocer la descripción de los otros tres á la Memoria de Mr. de la Rivière, inserta en el número de Junio último de los *Annales des ponts et chaussées*, de la cual extractamos estos ligeros apuntes.

En todos estos puentes se ha tratado de obtener la mayor economía posible, y el ancho adoptado es en casi todos insuficiente para el cruce de dos carruajes. Para reducir el ancho se han construido aceras voladas, sostenidas por ménsulas de piedra generalmente; pero en el puente sobre el Glatt

se ha sostenido el firme por bovedillas apoyadas en hierros Zorés, como en los puentes de hierro, y las prolongaciones de estas piezas metálicas sostienen las aceras. Claro está que con estas disposiciones ha sido necesario suprimir los pretiles de fábrica, y emplear en su lugar barandillas metálicas.

Imitando las disposiciones empleadas modernamente en Francia en los puentes de Lavour, Antoinette, Castelet, St. Pierre sobre el Dadou, etcétera, los puentes articulados se han proyectado con estribos perdidos, á pesar de que la roca en que insisten los estribos es perfectamente horizontal. El arco de intradós es escarzano, rebajado generalmente al $\frac{1}{10}$, y se prolonga dentro del terreno por otro arco de menor radio, formando en conjunto un arco carpanel. Unicamente la parte de bóveda aparente es de sillaría; la prolongación que forma el estribo se construye generalmente de hormigón de cemento de Portland, intercalando á veces en este material lechos de grandes bloques dispuestos con las juntas según los radios del intradós; este hormigón se compone de una parte de cemento, tres de arena y seis de piedras machacadas; y los bloques de que hemos hablado forman el 30 por 100 del volumen del estribo. La junta de plomo forma el apoyo de la parte aparente de la bóveda, y hacia el lado del estribo, á partir de esta junta, se aumenta el espesor del arco en 0^m,40 á 0^m,50.

Para luces inferiores á 30 metros, las bóvedas son de hormigón de cemento, compuesto de una parte de cemento, tres de arena y cuatro de piedra machacada.

Cuando se quiere más esmero, sólo se emplea el cemento para completar el espesor de la bóveda, revistiendo el interior de sillarejo y construyendo las boquillas de sillaría. En las grandes bóvedas se emplea la sillaría en el intradós cuando las canteras se prestan á ello, y el sillarejo en caso contrario, completando el espesor con mampostería concertada.

Las juntas tienen de 15 á 20 milímetros de espesor y se rellenan de mortero, introduciéndolo por medio de hierros planos.

Las bóvedas de aligeramiento de los tímpanos son de mampostería con mortero de cemento de Portland. Las chapas son también de cemento, con un espesor de 0^m,03, pero se completan con otra chapa de asfalto de 0^m,007, que conduce las aguas á tubos de desagüe, colocados cerca de los arranques ó detrás de los estribos, donde se colocan macizos de piedra seca, desde los cuales se les da salida.

Los espesores de las principales partes de la obra se han determinado con acierto, aunque no parece que en estas primeras aplicaciones se haya querido extremar la reducción hasta el punto que lo consiente el sistema. De todos modos, estas obras han resultado sumamente económicas.

Pasemos ya á la descripción del puente de Marbach, figuras 3, 4, 5 y 6. (Lámina 123.)

Hemos indicado que la luz aparente es de 32 metros, la flecha de 3^m,10 y la luz total 43^m,50. El ancho útil es de 6^m,20, compuesto de 4^m,50 de firme y dos aceras de 0,85.

Los estribos perdidos están cimentados en una caliza compacta á dos metros por debajo del nivel de las aguas medias. Son de mortero de cemento con bloques de caliza intercalados, siendo la composición de aquél y la proporción de éstos las que hemos indicado anteriormente.

Se empleó la cimbra que había servido para el puente sobre el Nagold, construido en 1882; las cerchas se apoyaban parte sobre pilotes y parte sobre palizadas apoyadas en la roca que constituye el lecho del río.

La parte aparente de la bóveda se ha construido con piedra caliza, cuya resistencia es de 577 á 644 kilogramos.

Las láminas de plomo de los arranques y de la clave tienen 0^m,022 de espesor y un ancho igual al $\frac{1}{3}$ de la longitud de la junta. Esta es de 1^m,20 en la clave y 1^m,60 en los arranques. En contacto con las placas de plomo se han puesto grandes dovelas de arenisca de 718 á 768 kilogramos de resistencia.

Se cargó la cimbra con la mitad próximamente de los materiales de la bóveda antes de comenzar las fábricas. Pero, ya por su estado de deterioro, ya porque las carreras de las palizadas no se apoyaban por igual en la roca, experimentó grandes asientos y hubo necesidad de descargarla y proceder á su reparación. Para construir la bóveda se empezaba por colocar en seco cuatro hiladas á cada lado de la clave, manteniendo la separación de 20 milímetros por medio de cuñas de madera; después se guarnecían las juntas con mortero de cemento, compuesto de una parte de cemento por dos de arena, y se completaba el espesor con mampostería muy esmerada.

La bóveda se cerró en veintiún días. La cimbra continuó experimentando asientos irregulares, y el asiento en la clave antes del descimbramiento fué de 55 milímetros. La bóveda permaneció sobre la cimbra seis semanas, durante las cuales aumentó el asiento en 17 milímetros. El descimbramiento completo, por medio de cajas de arena, duró trece días, y el asiento que experimentó la bóveda durante esta operación fué de 39 milímetros. No se observó movimiento alguno en los estribos, ni se produjeron grietas.

Las juntas articuladas no se acuñaron durante la construcción, para dejar libres los movimientos que había de originar el estado de la cimbra; después del descimbramiento presentaban el aspecto de las figuras 7 á 12. (Lámina 123.)

Las placas de plomo de la clave en la boquilla de aguas-abajo, figura 11, quedaron en contacto con las dovelas en una zona de 0^m,33 solamente. La presión máxima en el borde superior de la placa es de 70 kilogramos por centímetro cuadrado, y por lo tanto, el plomo no ha cedido. Las

placas de los arranques tienen una zona de contacto de $0^m,22$. La presión máxima en el borde inferior es de 116 kilogramos, y el ancho de las placas, que era de $0^m,50$, ha sufrido ligeros aumentos. Se ve, pues, que las articulaciones están sensiblemente en las condiciones teóricas previstas. Es fácil ver que se hubiera podido reducir el ancho de las placas á $0^m,411$ y $0^m,337$ en los arranques y en la clave respectivamente, y entonces la zona en que debe estar comprendida la curva de presiones se hubiera reducido á $0^m,069$ en los arranques y $0^m,056$ en la clave.

Las presiones máximas que sufren las dovelas inmediatas á las juntas de plomo son $24^{kg},3$ en los arranques y $25^{kg},8$ en la clave.

Dos semanas después del descimbramiento se rellenaron de plomo los huecos comprendidos entre las placas y las dovelas, y de mortero de cemento el resto de las juntas.

El coste total fué muy moderado, ascendiendo todos los gastos á 41.196 marcos, ó sean 51.495 francos.

Resulta un precio de 131 francos por metro superficial de planta.

IV.

En resumen, el objeto del método de las juntas articuladas es definir con exactitud la zona en que puede variar la curva de presiones, reduciéndola además considerablemente, y por lo tanto, permitir la previsión de las presiones máximas que pueden realizarse en la bóveda.

En los puentes construidos en Alemania se han empleado placas de plomo blando, que cede bajo una presión de 120 kilogramos por centímetro cuadrado. Para luces mayores de 40 metros debe emplearse el plomo duro, que solo empieza á ceder bajo una presión de 300 kilogramos por centímetro cuadrado; basta este dato para comprender que su empleo permite la construcción de bóvedas de luces muy considerables.

Es preciso, para que la bóveda quede en las condiciones previstas, que las placas de plomo queden en contacto en toda su extensión con las dovelas inmediatas. Se ha visto que este resultado no se ha conseguido en el puente de Marbach, lo cual constituye el principal defecto de la obra, aunque sus condiciones no difieren mucho de las teóricas, según hemos observado. Sin embargo, debe procurarse cumplir aquella condición, para lo cual se recomienda no llenar las juntas con mortero de cemento hasta después de verificado el cerramiento, ó llenarlas provisionalmente de arena, como se ha hecho en algunos puentes de Francia, ó bien llenar solamente la parte central al sentar las dovelas, y completar el relleno al verificarse el cerramiento, como propone Mr. Leibbrand.

La posibilidad de determinar un límite superior de las presiones es un resultado de la mayor importancia en todos los casos. Si se trata de luces

pequeñas ó medias, permitirá obtener economías reduciendo los espesores á lo estrictamente necesario; pero cuando se trata de proyectar bóvedas de luces extraordinarias, en que no puedan fijarse los espesores por comparación con otras obras, el sistema se impondrá necesariamente, puesto que con los métodos actuales de construcción no es posible saber si los materiales empleados se hallarán en condiciones de resistir, toda vez que son desconocidos los esfuerzos que sufren. Con el sistema articulado, por el contrario, es fácil conocer hasta qué límite pueden aumentarse las luces con un material determinado, sin necesidad de acudir á la comparación con otras obras, comparación que es imposible cuando se trata de luces superiores á las de las obras construidas.

Es fácil verificar ensayos de este género; bastan los datos expuestos para poder proyectar puentes de este sistema, no solo sin aumento en el coste, sino realizando alguna economía en el volumen de las fábricas, aunque no es prudente en las primeras aplicaciones llevar la reducción hasta el límite indicado por la teoría. Recomendamos á nuestros compañeros su estudio por si juzgan conveniente proponer la realización de algún ensayo, pues los resultados obtenidos en Alemania prueban suficientemente que pueden construirse puentes de este sistema en condiciones económicas perfectamente satisfactorias.

Madrid 30 de Octubre de 1891.

LUIS GAZTELU,
Ingeniero de Caminos.

PROYECTO DE SANEAMIENTO GENERAL DE VALLADOLID

REDACTADO EN VIRTUD DE ORDEN DEL EXCMO. AYUNTAMIENTO

POR D. RECAREDO DE UHAGÓN

Ingeniero primero del Cuerpo Nacional de Caminos, Canales y Puertos

(Continuación.)

24.—Metro lineal de galería ovoide de $1,59 \times 1,06$ metros.—Tienen éstas 0,30 de espesor, de modo que el volumen de material en cada metro de longitud será $V = p' \times e$, y como

$$p' = 7,91 \times r' = 7,91 (0,53 + 0,15) = 5,38 \text{ metros}$$

$$V = 5,38 \times 0,30 = 1,61 \text{ metros cúbicos}$$

y la superficie inferior $S = 7,91 \times 0,53 = 4,89$ metros cuadrados, descomponiéndose el precio como sigue: