

MADRID, 4.º DE JUNIO DE 1876.

TOMO XXIV.

NÚM. 11.

SUMARIO.

Proyecto de puente parabólico de hierro, por D. J. Pano (continuacion).—Aplicacion de las voladuras á las explanaciones de carreteras y ferro-carriles, por D. M. R. Molina.—Las placas de junta, sistema Calleja.—Bibliografía, por D. E. Page.—Parte oficial.—Subastas.—Ultramar.

PROYECTO DE PUENTE PARABÓLICO DE HIERRO

SOBRE EL RIO CINCA, EN MONZON.

(Carretera de 2.º orden de Huesca á Monzon.)

III.

Apoyo del puente y sistema de fundacion que se proyecta.

(Continuacion) (1).

CONSIDERACIONES SOBRE LAS FUNDACIONES DE PILOTAJE EN EL RIO CINCA.

Las pilas y el estribo de la margen derecha del antiguo puente colgado fueron fundadas sobre pilotaje, y el estribo de la margen izquierda directamente sobre el banco de arenisca que la constituye. De estos cuatro apoyos quedan hoy en pié una de las pilas y el estribo de la margen derecha: el estribo izquierdo, desprendiéndose con el fragmento de roca en que estaba fundado, fué causa de la ruina del puente, y la pila contigua á él está hoy casi totalmente destruida, viéndose al aire el emparrillado.

Las pilas del puente del ferro-carril, varias veces mencionado en esta Memoria, fueron también fundadas sobre pilotaje, y una de ellas fué destruida hace algun tiempo por las socavaciones producidas por una gran avenida; recientemente ha sido remplazada por una pila tubular, durante cuya construccion tuvimos ocasion de ver lo inapropiado del sistema de pilotaje para el caso actual. El emparrillado se inclinó notablemente á un lado, lo cual hizo que la pila se abriese segun un plano vertical normal á la corriente, viniéndose abajo la mitad de ella. Despues hemos visto extraer los pilotes, y casi todos aparecian con el extremo

inferior completamente aplastado y separadas las fibras de la madera en una extension de un metro en algunos. De modo que en la grava del rio Cinca, cuando los pilotes llegan á una cierta profundidad, si se sigue golpeando sobre ellos, no entran, sino que se va aplastando su extremo inferior, introduciéndose el azuche entre las fibras y separándolas completamente. Quedan, pues, los pilotes á poca profundidad, sin llegar á la roca y en las malas condiciones que hemos dicho; y como por otra parte las avenidas del rio producen socavaciones profundas en la capa de grava del rio, se comprende la poca estabilidad que deben tener las fundaciones de pilotaje en el Cinca.

En vista de estos resultados prácticos, no aprovechamos para el nuevo puente la única pila y el estribo de la margen derecha que quedan del antiguo, pues temeríamos sufriesen la misma suerte que la otra pila y la del puente del ferro-carril; y naturalmente desechamos para los nuevos apoyos el sistema de pilotaje.

DATOS DE LA PROFUNDIDAD DE LA ROCA.

Como uno de los datos mas importantes para fijar el sistema de fundacion es el de la profundidad de la roca, hemos procurado adquirir los de la construccion de la pila tubular del ferro-carril, situada á seis ú ocho metros aguas abajo de la segunda pila de nuestro proyecto, y de un sondeo verificado á algunos metros de distancia de su emplazamiento. Resulta de estos datos que la superficie de la roca arenisca que constituye el fondo del lecho del rio se halla situada á 5",90 bajo el estiaje, y que dicha roca es floja en la superficie, pero va aumentando su dureza con la profundidad; en vista de lo cual, y de la gran movilidad de la capa de gravas, y para poner las fundaciones al abrigo de toda socavacion, parécenos indispensable empotrar bien las fundaciones en dicha roca hasta una profundidad de unos 2 metros. Tenemos, pues, que fundar á 6 metros bajo el estiaje. Hay que advertir que en el emplazamiento de las demas pilas no se tienen datos tan exactos, pero como la estratificacion es horizontal, segun se ve en las laderas del rio, hay motivos para suponer que la

(1) Véase el número 9.º

profundidad de fundacion en ellas será próxima-mente la misma que en la pila 2.^a

SISTEMA DE FUNDACION PROYECTADO.

Partiendo de las consideraciones hechas relativamente á la naturaleza del lecho del rio Cinca y teniendo que fundar á 6 metros bajo el estiaje, de los cuales 2 son de roca, creemos que el medio más seguro de conseguirlo sin perder de vista la economía es el de fundaciones tubulares por medio del aire comprimido. Este es el sistema que proponemos para el actual puente, y el que también se ha empleado, como hemos dicho, para la nueva pila del del ferro-carril.

Las fundaciones directas con agotamientos pudieran dar una seguridad tan completa como las tubulares, pero para llegar á la profundidad de 6 metros bajo el estiaje en las condiciones dichas dudamos que pudieran llevarse á cabo con la economía que con el sistema que adoptamos, y así resulta de un presupuesto alzado que hemos hecho de este sistema.

Podian también emplearse fundaciones sin agotamientos, dragando el emplazamiento de las pilas en el interior de un recinto de pilotes: con este sistema, sobre la dificultad de la línea de aquéllos, que no llegarían á la roca á menos de hacer ántes un dragado general para que su profundidad de hinca fuera la que permite la grava del rio, no podríamos empotrar las fundaciones en la roca, y habría que emplear para defensa gran cantidad de escollera, sin obtener la seguridad completa del sistema adoptado por lo demás, según resulta de una Memoria publicada en los *Anales de puentes y calzadas*, por M. Radoult de Lafosse sobre el puente de Vichy y sobre sus fundaciones en el rio Allier, cuyo régimen y demás circunstancias son enteramente análogas á las del rio Cinca; este sistema resultaría todavía más caro que el de fundaciones directas con agotamientos.

Por último, el sistema de zampeados generales defendidos por filas de pilotes juntos es evidentemente el más caro, dada la gran extension del rio y el que menos seguridad ofrecería para las socavaciones.

Creemos, pues, indispensable para empotrar convenientemente las fundaciones en el banco de roca emplear el aire comprimido, con el que obtendremos una seguridad completa en un rio, en distintos sitios del cual han perecido muchos puentes por las fundaciones.

Citarémos en apoyo del sistema propuesto la conclusion á que llega el citado ingeniero M. Radoult de Lafosse, despues de estudiar detenidamente todos los sistemas de fundacion aplicables al rio Allier, cuyas circunstancias son enteramente semejantes á las del Cinca. Dice así: « Resulta del estudio precedente que en un rio que, aunque móvil ofrece grandes dificultades para la hinca de los pilotes y es difícil de atacar por las dragas, habrá casi siempre ventaja en adoptar el sistema de fundacion sobre cajones metálicos por medio del aire comprimido, aún cuando las fundaciones no deban descender á una gran profundidad. Esta conclusion no debe sin duda ninguna ser demasiado generalizada. No debe aplicarse sino á terrenos enteramente semejantes á los descritos. Así en terrenos fangosos, cuya consistencia es opuesta á la de los terrenos que forman el lecho del rio Allier, el ingeniero M. Desnoyer, en una Memoria publicada en los *Anales de puentes y calzadas*, año 1864, ha llegado á la conclusion que el empleo del aire comprimido no era ventajoso sino á una profundidad mínima de 10 metros bajo el estiaje. Creemos, sin embargo, que la conclusion á que hemos llegado podrá aplicarse á un cierto número de rios de régimen torrencial y de fondo móvil. » El rio Cinca se encuentra completamente dentro de las circunstancias descritas, y la profundidad de fundacion es muy poco diferente de la que ha conducido á esas conclusiones. Además en la Memoria citada se habla de cajones metálicos, y con mayor razon es aplicable cuanto en ella se dice á nuestro puente, cuyos apoyos son tubos de 3 metros de diámetro, más económicos que los cajones.

Además, con los otros sistemas de fundacion, las menores avenidas pueden rellenar los emplazamientos abiertos, entorpeciendo su marcha y aumentando su coste final: de estos inconvenientes están libres las fundaciones tubulares.

DESCRIPCION DE LAS PILAS.

Cada pila está formada de dos tubos arriostrados por una viga armada de 2 metros de altura. Estos tubos están compuestos de dos partes bien distintas: la cámara de trabajo y la parte superior, ambas proyectadas con todo detalle en las hojas de los planos.

La cámara de trabajo está formada de una pared vertical de palastro de 10^{mm} de espesor, más que suficiente para resistir la presión interior de dos atmósferas, que será la máxima necesaria, dada

la profundidad de las fundaciones y de un techo de palastro de 10^{mm} sostenido por ocho tornapuntas ó consolas de hierro unidas al cilindro que constituye la cámara de trabajo. Las tornapuntas están formadas de un alma de palastro de 8^{mm} y hierros de ángulo de 75 × 75 × 10.

Del techo de la cámara parte la chimenea por donde penetra el aire comprimido y entran y salen los obreros y se extraen los productos de las excavaciones. Su forma y dimensiones se han determinado para que cómodamente pueda servir para ese objeto. En los dibujos sólo se ha representado una parte de ella, que se calcula será la que tenga que quedar en obra. En su parte superior se coloca la cámara de equilibrio.

La parte superior de los tubos se compone de tres partes, una cilíndrica inferior de 5 metros de diámetro, ó sea del mismo que el de la cámara de trabajo; otro cilindro superior de 2^m,60 de diámetro interior y una parte cónica que los une á ambos. Los tubos se han dividido en anillos de 1^m,50 de altura, y cada anillo se forma de ocho palastros de dimensiones fáciles de obtener.

SISTEMA DE EJECUCION.

En el sistema de ejecución que proponemos, á medida que se haga la hincada de los tubos, deberá rellenarse del hormigón hidráulico que constituye el interior de la pila, el espacio comprendido entre la chimenea y los tubos, graduando su cantidad de manera que, obrando en sentido contrario á la subpresión producida por el aire comprimido, produzca siempre una introducción regular. Este es el sistema generalmente seguido hoy, cuyas ventajas sobre el primitivo son muy grandes.

Terminada la hincada del tubo, se procederá al relleno de la cámara de trabajo: proyectamos este relleno de hormigón de cemento de Zumaya, para que resista bien á la subpresión del agua sin dejarse penetrar por ella, y fragüe pronto adquiriendo gran resistencia. En cuanto al relleno de la chimenea, de la que deberá desmontarse toda la parte que se pueda, y el del resto de los tubos, se proyecta de hormigón hidráulico con mortero formado de cal grasa, arena y cemento de Zumaya.

La coronación de las pilas se proyecta de sillaría compuesta de dos hiladas: la superior, sobre la que van directamente los cojinetes de apoyo de las vigas, está interrumpida en el centro para dar paso á las viguetas correspondientes.

El diámetro de los tubos en la parte superior es

de 2^m,60 y como la reacción del apoyo cuando los tramos están completamente cargados es para una viga 125.594 kilogramos, se deduce que la presión que sufrirá el hormigón hidráulico en la parte superior será por metro cuadrado $\frac{2 \times 125594}{5, 1,4159 \times 1,50^2} = 47.500$ kilogramos, ó sea 4 kgs. 75 por centímetro cuadrado inferior á la décima parte de la carga de rotura por presión del hormigón hidráulico, que es por término medio de 70 kgs.

En la parte inferior hemos aumentado el diámetro del tubo hasta 5 metros, porque en la base la presión se encontrará aumentada de la correspondiente al peso propio del tubo que es 177.000 kgs. La presión en la base será por lo tanto

$$\frac{2, \times 125594 + 177000}{3, 1,4159 \times 1,50^2} = 60600 \text{ kgs.}$$

ó sea una presión de 6,06 kgs. por centímetro cuadrado.

Los detalles de todas clases de las pilas se hallan representados en los planos.

Aunque los tres grandes tramos son de igual luz no están situadas las pilas á la misma distancia exactamente, porque las hemos dispuesto de manera que la resultante de las reacciones de los tramos que descansan sobre una misma pila pase por su eje geométrico, cuando los tramos están completamente cargados. Las fundaciones deberán profundizarse hasta obtener en la roca un empotramiento de 1^m,90 como indican los planos, cualquiera que sea la profundidad á que se encuentre.

ESTRIBO DE LA MÁRGEN DERECHA.

El estribo de la margen derecha debiendo fundarse en las mismas condiciones de las pilas, es exactamente igual á ellas. Para contener las tierras se aprovecha parte de los muros de acompañamiento del antiguo estribo que se encuentran en buen estado, y cuya ruina, dado caso que llegara á tener lugar, no produciría efecto ninguno sobre el puente, del cual quedan completamente separados. Para contener las tierras por delante, se proyecta un muro de contención construido sobre una bóveda de ladrillo á la cual sirven de estribos los mismos muros aprovechados, adoptándose esta disposición para no tener que fundarle en el lecho del río, pues de hacerlo así, sobre ser costoso para el objeto á que se destina, probablemente se separaría de los antiguos muros en virtud del asiento que necesariamente habia de hacer. Con objeto de cargar los antiguos muros lo menos posible

con el nuevo, se proyecta éste de ladrillo, y aligerado por medio de bovedillas. En su parte superior va una vigueta transversal de hierro situada á 1^m,08 de la última del puente, salvándose el espacio comprendido entre ellas por medio de hierros Zorrés, sobre los cuales van el firme y los paseos.

Por último, como las vigas parabólicas tienen una anchura de 0^m,95, los paseos del puente sobresalen en planta de los de la carretera, y para pasar de unos á otros se han prolongado los largueros exteriores de los mismos, haciéndoles cambiar de dirección hasta apoyarse sobre los muros de acompañamiento.

La elevación de la rasante exige también colocar sobre éstos una nueva hilada de 0^m,44 de altura que se proyecta de sillería como coronación.

ESTRIBO DE LA MÁRGEN IZQUIERDA.

El estribo de la margen izquierda se funda, según ya dijimos, en el banco de roca arenisca que constituye la orilla izquierda del río: estando completamente fuera del agua, no ofrece nada de particular.

(Se continuará.)

J. PANO.

APLICACION DE LAS VOLADURAS,

Á LAS EXPLANACIONES DE CARRETERAS Y FERRO-CARRILES.

I.

(Lámina 42.)

El desarrollo dado en nuestro país á las obras públicas en épocas no lejanas, y el que forzosamente han de tener en la actualidad, tanto para abrir nuevos veneros de comunicación y transacción á los riquísimos productos de nuestro feraz suelo, como para la aplicación inmediata de brazos que, con inmenso dolor para la patria, han tenido alejados de la industria y el trabajo nuestras discordias civiles, nos impulsa hoy á ocuparnos de un asunto que, si bien es del carácter distintivo de nuestra publicación, hubiéramosle retrasado hasta haber adquirido sobre él mayor suma de datos prácticos para presentarle sin sujeción á controversias y con todos los antecedentes científicos que su importancia reclama: mas como la adquisición de estos antecedentes ha de ser consecuencia de nuevos experimentos que, en vista de los ya obtenidos, pudiéramos llamar comparativos, y su desarrollo y provechosa aplicación á las obras públicas habría de motivar alguna alteración en la actual legislación y forma de estos trabajos, no vacilamos en adelantar nuestro criterio,

basándole en científicas operaciones que hemos llevado á cabo, por si fuese digno de merecer la atención de los que se dedican á la construcción.

Las voladuras, ó mejor dicho, las minas de guerra, sabido es que se les supone su origen en el famoso sitio del castillo del Huevo (bahía de Nápoles), bajo la iniciativa del capitán español Pedro Navarro, y como elemento poderoso para el ataque y defensa de las plazas en el arte militar, mereció que eminencias reconocidas estudiar y se ocupasen con el mayor interés de este sistema, especialmente en el pasado siglo y principios de éste, escribiendo sobre hechos prácticos luminosas Memorias y deduciendo teorías que, aunque divergentes y en nuestro juicio de no definitiva verdad, convenían en su parte más esencial, siendo las principales de aquéllas las escritas por Belidor, Gillot, Marescot, Cormontaigne, Mouzé, Le Febure, etc.

Sobre la base de estas teorías continuáronse algunos experimentos é hicieron deducciones que han servido de tipo en la generalidad de los trabajos de fortificación, y los adelantos en la ciencia militar, especialmente en la construcción de armas de gran alcance, vinieron á neutralizar en un tanto la aplicación de este sistema: mas el sabio y malogrado brigadier de Ingenieros D. Gregorio Verdú volvió á darle importancia con su *Memoria sobre la aplicación de la electricidad á la voladura de los hornillos*, siendo varias y satisfactorias las pruebas que de ello se han venido haciendo en las escuelas de Ingenieros militares, aunque no se le ha dado al parecer gran preferencia para las modernas operaciones de guerra; de aquí que los pocos experimentos prácticos y el desuso en que al parecer ha caído este sistema en la ciencia militar, no haya estimulado á los Ingenieros á analizar y complementar los datos de este complicado problema, según fueran los deseos expresados en la citada Memoria de Mouzé y otras, y según hubiera sido facilísimo á su inteligencia y de reconocida y segura conveniencia para algunos trabajos, especialmente para los de obras públicas.

Diferentes veces había sido aplicado en éstas, más que como medio de generalizarlo, para resolver casos concretos y particularísimos; y circunstancias de seguro atendibles habían venido limitando aquellas pruebas, llegando al extremo de hacerse rara su aplicación, y más difícil, por lo tanto, el perfecto conocimiento de sus detalles: mas una