

Puente de 538 metros de longitud sobre el río Guadiana, en Lobón (Badajoz)¹

II

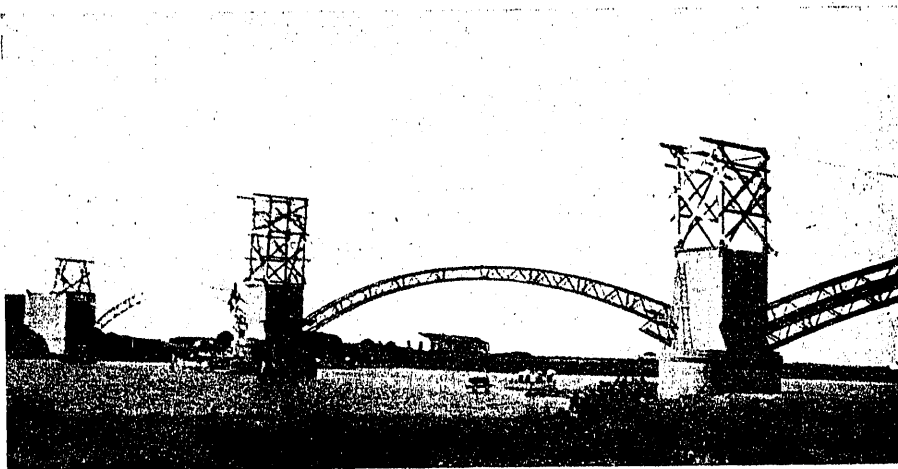
El estribo de la margen derecha está constituido en alzado por dos muros paralelos que reciben las bóvedas gemelas de los arcos, y en los que se apoya el tablero del piso. El espesor de dichos muros es de 1 metro, separados entre paramentos interiores 2,10 metros, dejando retallos de 0,50 m. sobre el bloque de cimentación que enrasa con el nivel de aguas medias. La altura del estribo es de 10 m. y de 12,50 su longitud.

Llevando estos muros vertido exterior e interiormente, el terraplén de acceso a su talud natural, con lo que no existen los empujes de aquél, y estando el arranque de muros sobre el bloque de cimientos al nivel de aguas medias, según dijimos, evitamos la acción de las aguas de avenidas en los terráplenes interiores mediante un muro de pie de 4 m. de altura entre los muros longitudinales, y para los terráplenes exteriores mediante un revestimiento de hormigón, seccionado radialmente, según se observa en una de las adjuntas fotografías. Sustituye así al escollero, ya que no disponíamos de piedra gruesa, y se evita el agrietamiento del revestido, bien por la temperatura o por la socavación.

El hormigón de los muros es de 200 kg, de 300 el del tablero y de 150 el del revestido de taludes.

El estribo de los arcos en la margen izquierda es, a su vez, el estribo derecho de los tramos rectos. Su composición es análoga a la descrita para el estribo,

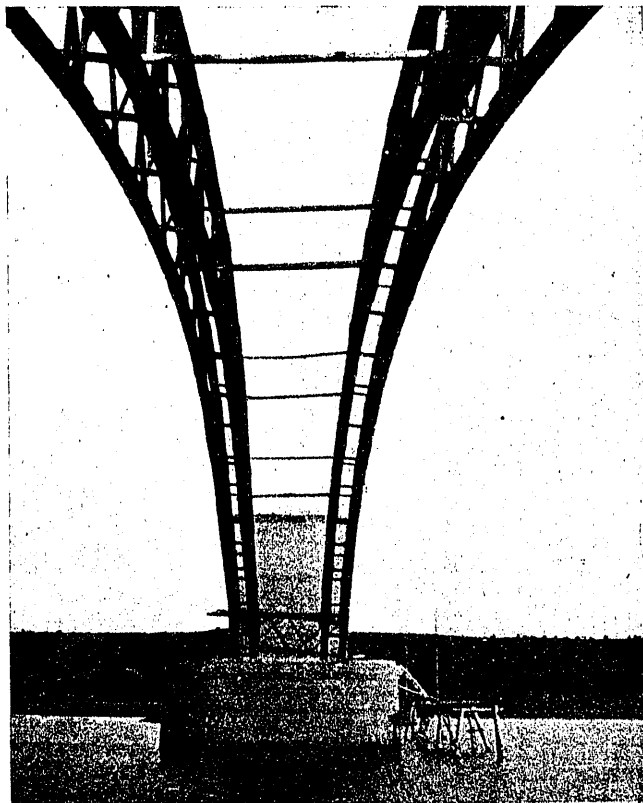
¹ Véase el número anterior, página 70



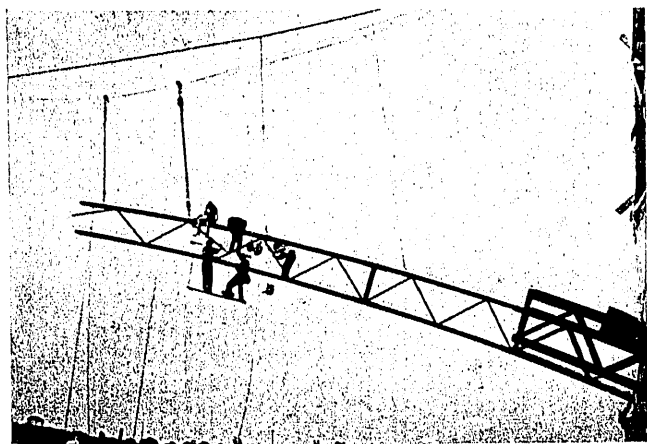
Montaje de las armaduras rígidas de los tramos en arco.

sin más modificación que, al no llevar terraplén, los muros paralelos van cerrados en sus frentes, llevando adosada en la parte de los tramos rectos una semipila para apoyo de las vigas de aquéllos.

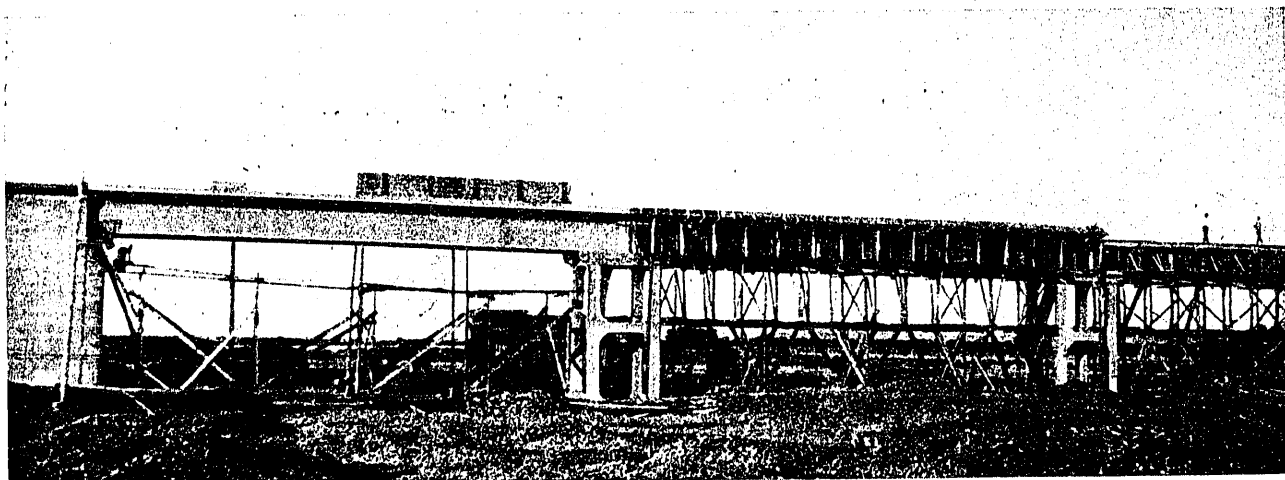
Las pilas de los tramos en arco fueron calculadas por el método de la elipse de elasticidad, lo que permite reducir sus dimensiones al tener en cuenta, co-



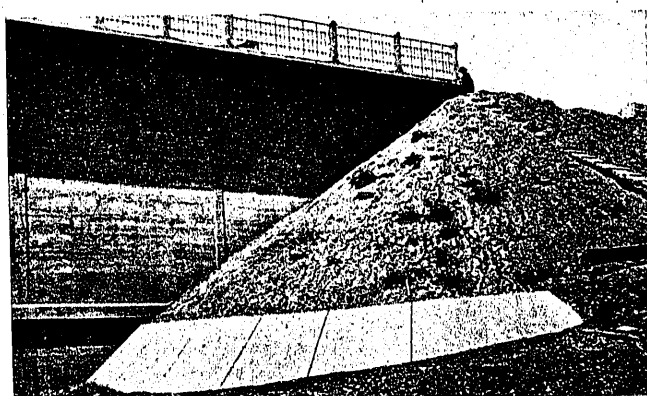
Armaduras rígidas de uno de los arcos.



Detalle de la suspensión de las piezas de la armadura de los arcos, durante el montaje.

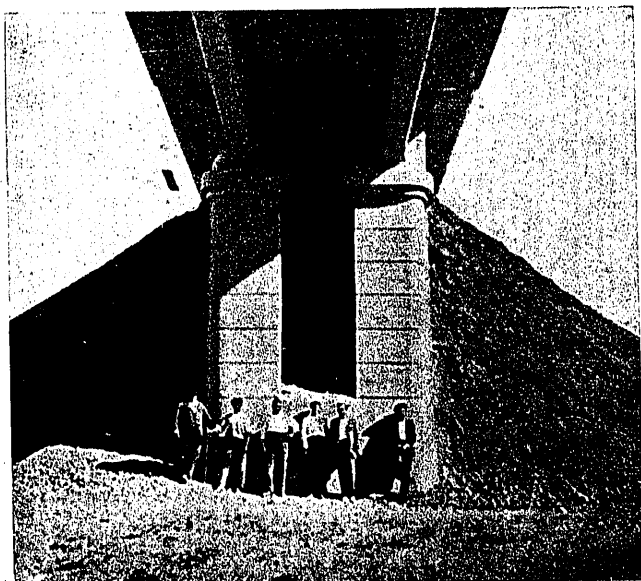


Construcción de los tramos rectos.



Muros del estribo de la margen derecha y protección del pie del terraplén.

mo es sabido, la transmisión de una fracción del empuje del arco cargado al contiguo. La altura total de la pila desde enrase de cimientos es de 11,50 m, y están constituidas, incluso tajamares, por hormigón de 200 kg.

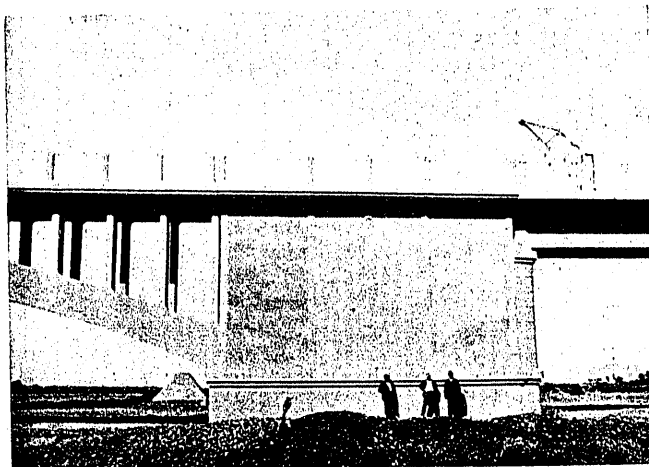


Estribo de los tramos rectos, constituido por dobles muros paralelos.

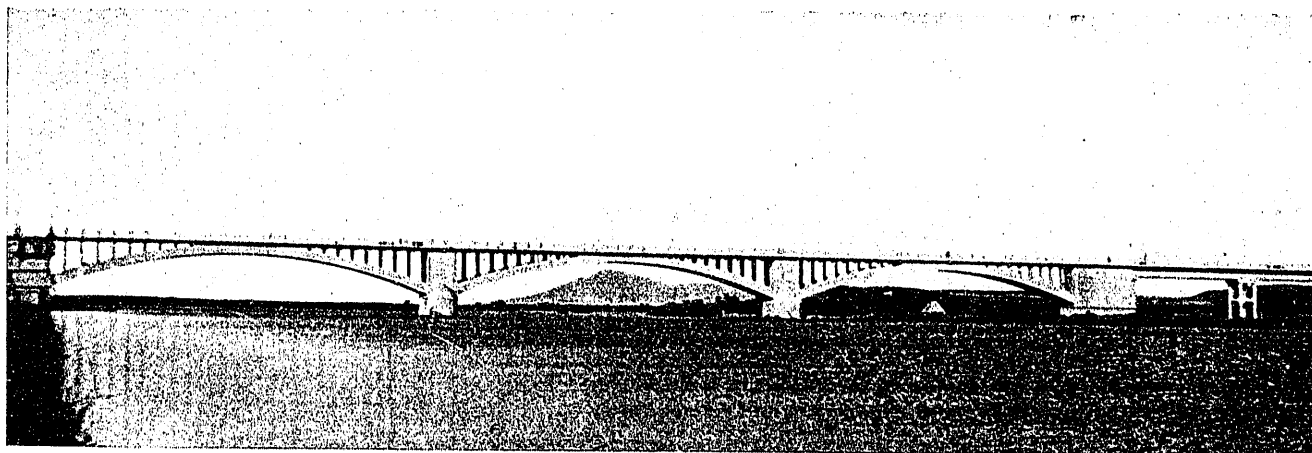
El estribo de la margen izquierda correspondiente a los tramos rectos y sus muros de acompañamiento, está formado análogamente a los estribos de los tramos en arco. Este sistema para estribos, que resulta mucho más económico que el usual y de igual eficacia, por lo que es el recomendado en la Colección Oficial de tramos en arco y en la obra de D. Eugenio Ribera, *Puentes de fábrica y hormigón armado* (volumen III, pág. 114), es asimismo igualmente práctico para tramos rectos, y así lo hemos aplicado en este caso, sin más modificación que ensanchar los muros en la parte de apoyo de las vigas, ya que el ancho de éstos no corresponde a la separación de aquéllas, que viene dada por la consideración del tablero más económico.

De esta manera los muros, separados interiormente 2,10 m, con espesores de 1 m, terminan en la semipila que sirve de apoyo al tramo recto terminal, y tiene una sección de $1,60 \times 1,40$ en cada muro paralelo. La longitud de estos muros es de 10,46 m, incluso semipila, con terraplén exterior e interior, protegido el interior por un muro de pie de 1,70 m de altura. El aspecto de este estribo puede observarse en una de las fotografías que se acompañan. Su coste es sumamente económico.

Para los demás apoyos de los tramos rectos, dado



Pila estribo de la margen izquierda.



Vista general de los tramos en arco.

su número, convenía utilizar un sistema económico, y para ello estudiamos, en vez de pilas macizas, una estructura de palizadas, que además de ser más económicas que las pilas macizas, dan, al tener menor peso, menos carga sobre cimientos, lo que permite hacer economías de consideración en aquéllos, circunstancia importante, dado su número y la naturaleza del terreno de fundación.

Están formadas por cuatro montantes de hormigón armado, soportando cada uno el extremo de una viga del tramo recto correspondiente. La sección transversal de cada montante es la cuadrada de 0,50 metros de lado, y están separados 3 m. entre ejes en el sentido del eje del puente, y 2,70 en dirección normal a él. La altura de estos montantes, que es la de la palizada, es de 7 m desde enrase de cimientos al canto inferior de las vigas del tramo. A la mitad de su altura van arriostrados horizontalmente por una pieza armada, de sección cuadrada, de 0,50 m de lado, y en el plano de su coronación, por un forjado de 0,20 m de espesor, con vigas de 0,65 m de altura por 0,50 m de ancho, constituyéndose así una plataforma superior de $3,20 \times 3,50$, cuyo objeto es, y así fué calculada, transmitir el empuje horizontal producido por la dilatación y el frenaje en las vigas, repartiéndolo en el conjunto de los cuatro montantes.

Unido a las riostras superiores, intermedias y al bloque de cimientos está el tajar, formado por un

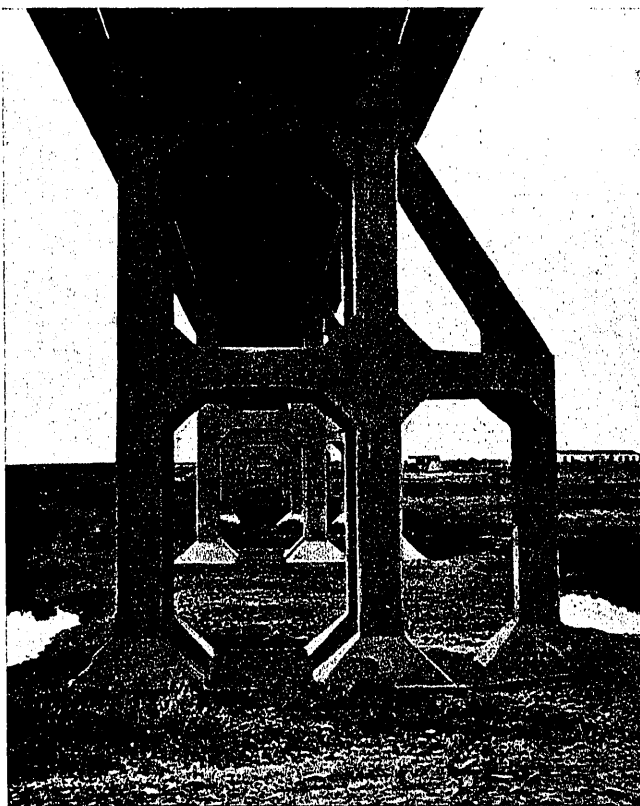
montante de 3,50 m de altura y una pieza oblicua de igual altura, de sección cuadrada de 0,50 m de lado. El hormigón de éstos y de todos los elementos en las palizadas es de 300 kg.

La disposición de armaduras y detalles de este elemento quedan consignados en uno de los dibujos que se acompañan, y el aspecto general puede observarse en la fotografía respectiva.

Además de las ventajas antes consignadas, observaremos que, siendo en gran número las palizadas, la repetición de elementos iguales permitió, no solamente un coste de encofrado por palizada muy pequeño, sino una rapidez grande en la ejecución, ya que el personal pronto adquiría el adiestramiento preciso para encofrar, preparar armaduras y hormigonar, y el volumen de hormigón era pequeño.



Estribo de los tramos rectos.



Palizadas de apoyo de los tramos rectos,

compresión del hormigón que corresponde a los montantes bajo la acción del viento a 270 kg/m^2 , corriente del agua y cuerpos arrastrados y tramo recto descargado, y para las armaduras, $1\,169,98 \text{ kg/m}^2$ en las riostras superiores o de coronación, y tiene lugar para la acción del viento a 170 kg/m^2 , corriente del agua, cuerpos arrastrados y tramo recto cargado.

Los accesos al puente tienen lugar: por la margen derecha, para su enlace con el trozo cuarto de la carretera, en dirección a La Roca, y con el camino vecinal de Montijo a Lobón, y por la margen izquierda, a unirse con la carretera del circuito de Madrid a Portugal por Badajoz. El volumen de tierras que cubican los terraplenes es de $9\,900 \text{ m}^3$, y de 190 el de desmonte.

El afirmado del puente es de adoquín microgranítico sobre lecho de mortero, pavimento adecuado al tráfico peculiar del puente, carros de llanta estrecha en su mayoría.

Los detalles de la construcción pueden seguirse en las fotografías que acompañan a este artículo, que hemos dedicado especialmente a lo que se refiere a los apoyos del puente, y que completaremos más adelante con lo que respecta a arcos y tramos rectos.

El presupuesto de ejecución material ascendió a 1 281 987,48 pesetas; el de contrata, a 1 474 285,60, habiéndose ejecutado todos los trabajos en 32 meses.

César VILLALBA GRANDA
Ingeniero de Caminos de la Jefatura
de Puentes y Cementaciones.

Nuevas ideas sobre presas¹

Presas de fábrica. - Fundamentos del método de Trial Load.

II.

1.ª PARTE. — GENERALIDADES.

a) La presa ideal y sus limitaciones.

La presa bóveda es la presa por antonomasia. Hemos visto en el artículo anterior las experiencias existentes sobre su seguridad y son de todos conocidas sus ventajas económicas.

Siempre que nos encontremos, en un clima no muy extremado, ante una garganta en V o en U muy estrecha, de laderas simétricas o transformables en tales, con unas cimentaciones geológicamente satisfactorias y de elasticidad calculable y un desagüe sin características especiales, podremos hacer la presa ideal.

Y esta será en general una presa bóveda finísima, en desplome hacia aguas abajo, de arco y radio variables sin apartarnos mucho de los 125° y secciones verticales no comparables a ninguna figura geométrica. La presa de Safford, de que hablábamos en el artículo anterior es un ejemplo típico y, según veremos, mejorable.

El cálculo de una presa tal es laborioso pero remunerador y perfecto en el estado actual de nuestros conocimientos. Para llegar a su máximo rendimiento, necesitamos conocer con gran aproximación la elasticidad de la roca y de los hormigones empleados y poder reducir considerablemente los efectos de temperatura y retracción de fraguado.

Al estudiar cimientos y hormigones, veremos que todas estas condiciones son asequibles, pero antes es preciso que estudiemos el método general de cálculo para tener idea de la importancia de estos factores.

Ahora bien: esta presa que hemos dado en llamar ideal sólo es aplicable a las condiciones ideales a que nos hemos referido. Al desaparecer estas condiciones, aparecen nuevos tipos de presa más económicos. A medida que se ensancha el valle, aparecen el arco-grave-

dad, los contrafuertes con bóvedas, pantallas o martillos y, al aumentar el caudal o descender la altura, las presas vertedero de los diferentes tipos, incluidos el de gravedad recto y los móviles. Al elevarnos sobre el nivel del mar, aparecen las presas de escollera y de tierra y ambas (sobre todo las últimas) siempre que la proximidad de buenos materiales pese más que el alejamiento de buenos cementos. La inseguridad de los cimientos nos llevará también a tipos de tierra y escollera y, en casos extremos, a los tipos para terreno permeable.

Este esquema, que ampliaremos más tarde en la discusión general, nos indica ya las limitaciones de la presa bóveda ideal, pero no las de su método de cálculo, pues el método del "trial load" que vamos a exponer se aplica indistintamente a las presas-bóveda, a las de arco-gravedad y a las de bóvedas múltiples. Así pues, hablaremos por ahora de presas-bóveda y aplicaremos después su cálculo al de otros tipos.

b) Fundamentos elásticos del método de "trial load".

La Comisión de presas de arco, que realizó hace poco tiempo interesantísimos estudios sobre presas existentes en Norteamérica, llegó a la conclusión de que los esfuerzos principales que resistían estas estructuras eran aproximadamente verticales y horizontales.

Este resultado, unido a los estudios fotoelásticos y a los datos de los aparatos medidores de tensión, ha aumentado el prestigio de todos los métodos de cálculo reticulado ("Trial Load", método de Stucky, etcétera). Se ha demostrado que toda presa-bóveda se puede considerar como una estructura infinitamente múltiple, es decir compuesta de infinitos arcos elementales *relativamente* empotrados en sus extremos e infinitas ménsulas *relativamente* empotradas en su base.

El problema, planteado así, es inabordable y su simplificación se puede asemejar a la substitución del cálculo diferencial por el cálculo de diferencias fini-

¹ Véase la REVISTA del 15 de diciembre de 1934, página 453.