

# Ventajas de las armaduras rígidas para la construcción de los grandes arcos de hormigón armado<sup>1</sup>

El mayor número de puentes en arco de hormigón armado tiene sus armaduras constituidas por aceros redondos.

Como éstas no tienen la rigidez suficiente para sostenerse sin apoyos fijos, su montaje y la ejecución del hormigón que debe envolverlas exigen cimbras muy costosas y expuestas, además, a ser arras-tradas por las crecidas de los ríos, que en nuestro país son tan rápidas y violentas.

Desde hace treinta años, que he construído más de 300 puentes, he preferido suprimir este gasto y este peligro por medio de armaduras rígidas de hierros perfilados.

Se me ocurrió esta idea en 1904, cuando mis com- pañeros Werner y Benjumea (nuestro actual minis- tro de Fomento), me encar- garon el proyecto y la eje- cución de un acueducto para su canal del Chorro (Málaga).

Se trataba de atravesar, a 100 metros de altura, la cañada con paredes verticales, de que la figura 1.<sup>a</sup> da una idea.

No se podía pensar en lanzar un tramo metálico. Los dos túneles en curva, por donde sale y entra el canal, impedían el montaje de cualquier entramado recto.

Para construir un arco de fábrica u hormigón armado, con armaduras de aceros redondos, hubiéramos debido establecer una cimbra, sin apoyos intermedios, cuya ejecución, si no imposible, presentaba, por lo menos, dificultades excepcionales.

Las figuras 2.<sup>a</sup> y 3.<sup>a</sup> indican la solución que realicé por un precio de 30 000 pesetas.

Por medio de un cable transbordador *AA'* (figura 4.<sup>a</sup>), fijado a las paredes de la roca, empotrarnos con hormigón, en nichos excavados en la peña, los primeros trozos *a a'* de las viguetas en doble T de 24 cm y la placa de hormigón armado que constituyen los salmeres de la bóveda; los extremos exteriores de estas viguetas quedaron fijados por medio de ligeros cables.

Seguidamente, montamos los dos trozos *b b'* de las

viguetas, que se enlazaron a los trozos *a a'* por bridas y tornillos, y que se arriostraron transversalmente por medio de largos pernos con las demás viguetas del mismo orden; se cerró el arco metálico por un

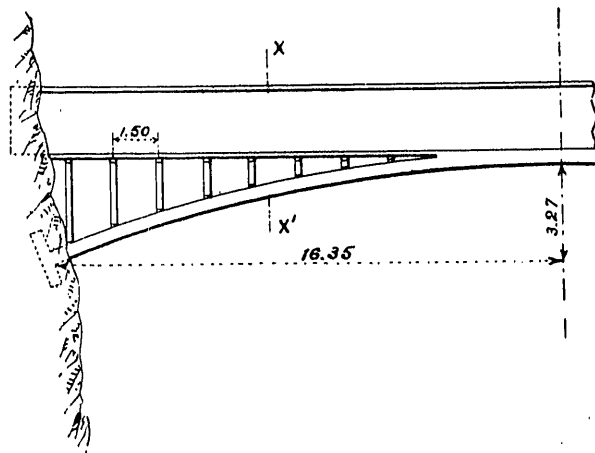


Fig. 2.ª Alzado.

último trozo *c c'*. El conjunto de las viguetas estaba calculado para resistir al peso muerto de la bóveda de hormigón que debía envolverlas.

El moldeo del hormigón se realizó por medio de un

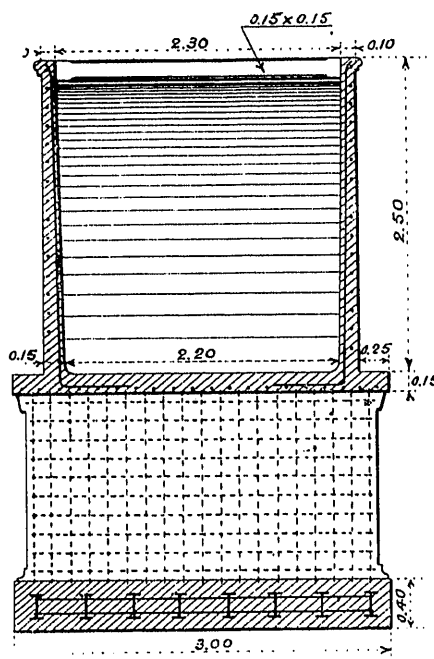


Fig. 3.ª Sección XX'.

simple encor rado de madera *colgado* de las viguetas metálicas; pudimos así *suprimir la cimbra*.

Una vez la bóveda moldeada, se elevaron encima los tabiques transversales que constituían los tímpa-

<sup>1</sup> Nota remitida al Congreso de Ingenieros de Puentes, de Viena, 1928, que se publicó, en francés, en la *Revista de Ingenieros y Arquitectos Austriacos*, en 21 de septiembre.



Fig. 1.ª Acueducto en la garganta de El Chorro

nos, y sobre éstos se construyó primero la solera y después las paredes del canal.

Este acueducto, ejecutado en tres meses, hace veinticuatro años, se ha comportado admirablemente y ha resistido el invierno pasado el choque de

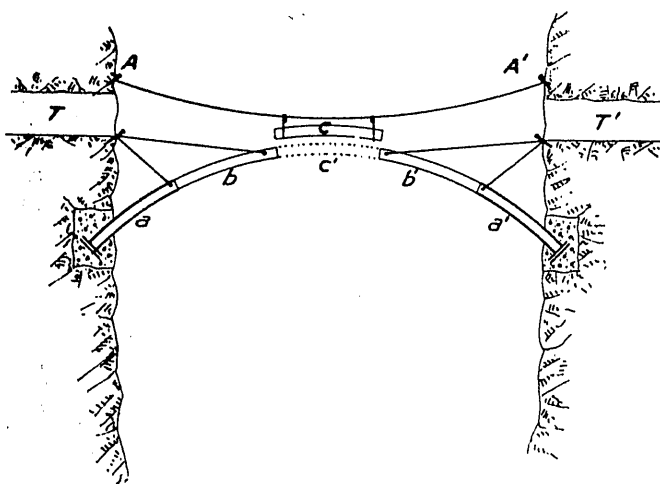


Fig. 4.ª Croquis del montaje.

un enorme bloque que se desprendió de la montaña, que sólo partió una de las paredes del cajero.

Posteriormente, se ensanchó la capacidad del canal, aumentando la separación de las paredes del cajero.

\* \* \*

Después de este ensayo que, a mi juicio, fué original en aquella época, sustituí las vigas en doble T por cerchas curvas con celosía de pequeños angulares, que les dan la rigidez suficiente para su transporte y montaje.

Desde entonces he ejecutado todas mis bóvedas de hormigón armado con este tipo de armaduras.

No ignoro que en Austria y en América, principalmente, el ingeniero austriaco Melan ha empleado esta disposición de armaduras en un gran número de puentes; pero es quizá en España donde su aplicación ha sido más general y, donde, sobre todo, hemos aprovechado la rigidez de las armaduras para suprimir las cimbras. Hasta ha sido adoptada esta disposición en los Modelos oficiales de puentes de carreteras del Estado, y se está haciendo de ella constantes y felices aplicaciones.

Lo más frecuente es que el montaje de estas armaduras se realice por medio de cables, para evitar totalmente la cimbra (fig. 5.ª).

Otras veces hemos montado las cerchas por medio de ligeros andamios; pero aprovechamos siempre la rigidez de las armaduras para suspender de ellas los moldes de las bóvedas o arcos.

En un nuevo puente que estamos construyendo en Sevilla, sobre el Guadalquivir (descrito en el *Beton und Eisen*, de 26 de mayo de 1922), no era prácti-

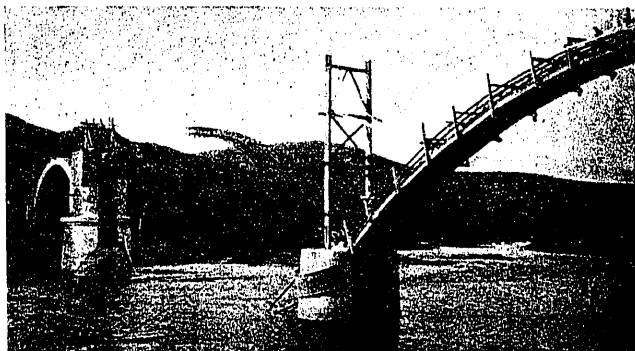


Fig. 5.ª Montaje del puente sobre el Esla en Manzanal del Barco (Zamora). Ingeniero D. Antonio Díaz Burgos.

camente posible establecer cimbras ni andamios en aquel río, ya muy profundo y caudaloso, ni tampoco un cable transbordador, que hubiera estorbado a la navegación.

Como la luz de los arcos de hormigón armado es

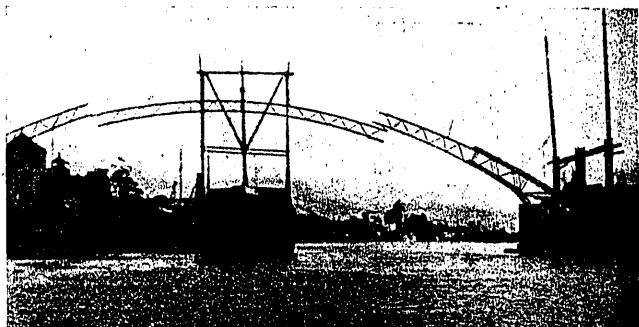


Fig. 6.ª Montaje de los arcos del puente de San Telmo, en Sevilla.

de 45 metros, hemos montado en voladizo las zonas inferiores de las armaduras rígidas. Después, por medio de un barco, anclado en el centro del arco

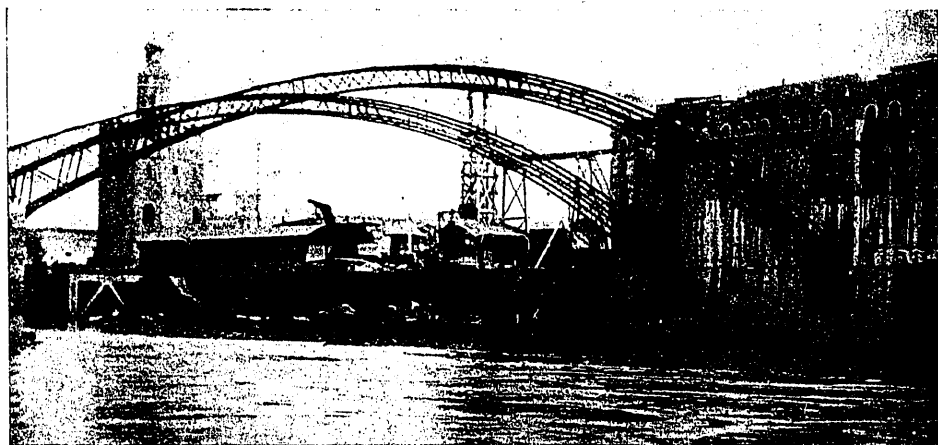


Fig. 7.ª Puente de San Telmo en Sevilla. Conjunto de las armaduras rígidas.

(figura 6.ª), hemos montado sus zonas centrales, las que, suspendidas de un castillete establecido sobre cubierta, se han colocado entre los trozos de las cer-

chas, ya empotradas, a las que se fijaron con tornillos<sup>1</sup>.

El conjunto de las armaduras de los dos arcos (figura 7.<sup>a</sup>), constituido por tres cerchas por arco, ha soportado los moldes de madera para el moldeo del hormigón que envuelve las armaduras.

El peso de éstas es algo mayor que el que exigiría el cálculo para la resistencia total del arco; pero el exceso de gasto ha sido muy inferior al que costarían las cimbras necesarias para soportar los arcos armados con aceros redondos.

<sup>1</sup> Esas operaciones han sido realizadas, con grandísima habilidad, por el constructor D. Manuel Távora.

El montaje es mucho más rápido y, sobre todo, se puede evitar el peligro de que una crecida repentina arrastre las cimbras.

Salvo, pues, casos excepcionales, no nos parece dudoso que las armaduras rígidas ofrecen una gran economía y seguridad sobre las armaduras de aceros redondos.

J. EUGENIO RIBERA

Profesor de la Escuela de C., C. y P.

## Alquitranados y su eficacia

Actualmente se están haciendo adoquinados perfeccionados y firmes especiales en muchos trozos del Circuito Nacional; firmes de reconocido buen resultado y que pueden ejecutarse en un circuito, o en parte de él, pero en los que no puede pensarse para toda clase de carreteras, por su coste elevado de primer establecimiento.

En otros trozos del Circuito, al menos por ahora, se emplean riegos superficiales, solución que dará también buenos resultados y cuyo uso debiera extenderse a gran número de carreteras por la economía que su empleo representa, a pesar de su coste reducido de primer establecimiento, según parece desprenderse del resultado obtenido en esta provincia con el alquitranado superficial empleado en el transcurso de diez y seis años.

Se empezó a alquitranar en esta provincia de Vizcaya en 1912, habiendo hoy 386 kilómetros alquitranados de los 1 175 de la Red provincial, única existente. Desde el año 1912 al 1918 se alquitranó poco, por exigirse a los Ayuntamientos subvención del 50 por 100; sin embargo, los alquitranados hechos sirvieron para apreciar su utilidad y economía, por lo que se dejó de exigir subvención y se empezó a alquitranar con intensidad y a cargo de la Administración a partir del año 1918. Influyó también en este resultado la terminación de la guerra y, con ello, el aumento de automóviles, por el mayor desarrollo en la construcción de los mismos.

Se ha considerado por mucho tiempo que el alquitranado en carreteras de mucha circulación pesada y de llantas de hierro no era eficaz. En esta provincia sólo en una carretera de 12 kilómetros (Bilbao a Portugalete) se han observado deficiencias del alquitranado, mas se trata de carretera que es, además, estrecha, sombría y con línea de tranvía. En ella se está haciendo actualmente recargo de tarmacadam, y por lo hecho hasta hoy, con buen resultado. En las demás carreteras el resultado del alquitranado ha sido bueno.

Se observará también que a medida que las carreteras están mejor conservadas, los vehículos son más perfeccionados y más abundantes. Desde 1914 hasta hoy ha disminuído el número de vehículos de tracción animal, y, sin embargo, la circulación se ha hecho alrededor de diez veces mayor. Todo el aumento habido se refiere exclusivamente a autos de carga, de viajeros y de turismo.

También se ha considerado hasta ahora casi indispensable que el macadam, base del alquitranado,

sea de piedra dura. Se ha alquitranado en esta provincia sobre ofita, escoria de Altos Hornos y de afino, arenisca y caliza; piedras, por tanto, de distintas durezas y en todas ellas con buen resultado, si bien cuando la piedra dura no es muy cara se ha preferido a la blanda. Como caso excepcional se citará un recargo con piedra dura barata, pero descomponible—cayuela—, el que, alquitranado superficialmente, se comporta tan bien como cualquiera otra calidad de piedra. Esto depende, probablemente, de que el alquitranado impide el paso del agua al firme, y, por tanto, todos los efectos perjudiciales posteriores.

En la primera época del empleo del alquitranado ya hubo algún ingeniero que observó que el alquitranado era económicamente beneficioso: se refería al Bosque de Boulogne; otros, por el contrario, apreciaban que el 50 por 100, próximamente, del coste del alquitranado se gastaba en pura pérdida. Yo escribí hace algún tiempo también, pero más tarde, en esta REVISTA, hacia el año 1918, un artículo manifestando que el empleo del alquitranado superficial era recomendable hasta económicamente; sin embargo, creo que todos nos hemos quedado muy por bajo de la realidad.

Para apreciar los efectos del alquitranado, he comparado los gastos de conservación por kilómetro en dos años: uno, antes de la guerra, época en que apenas se alquitranaba, y el actual de 1928, con el máximo de alquitranado. He tomado el año 1914, en el que el gasto era un término medio de aquella época. El año actual se halla en análogas condiciones. El resultado de la comparación es, a mi juicio, extraordinario. Ha habido necesidad, claro está, al hacer la comparación de tener presente el aumento de coste de todos los elementos de conservación, y como esto pudiera apreciarse de distinto modo, según el criterio de cada uno, se consignan todos los datos tenidos en cuenta para que se modifiquen prudencialmente por quien no los acepte; a pesar de todo, el resultado de la comparación será siempre sorprendente.

El año 1914 tenía Vizcaya 935 kilómetros de carreteras y el presupuesto fué de 853 000 pesetas, y, por tanto, el coste por kilómetro fué de 912,30 pesetas; había en circulación 5 404 carros, 303 autos de turismo y 105 motos. Actualmente tiene Vizcaya 1 175 kilómetros de carreteras; el presupuesto es de 3 063 300 pesetas, y, por tanto, el coste por kilómetro 2 606,20 pesetas; hay en circulación 4 500 carros, 2 300 autos de turismo, 300 de alquiler, 100 de viajeros, 1 064 de mercancías y 220 motos.