



VIADUCTO MARTÍN GIL SOBRE EL EMBALSE DE RICOBAYO (ZAMORA), 1939

MARTÍN GIL VIADUCT OVER THE RICOBAYO RESERVOIR

El viaducto está situado sobre el tramo del río Esla embalsado por la presa de Ricobayo, y da servicio a la línea de ferrocarril de Zamora a La Coruña.

Su construcción fue muy azarosa y las obras comenzaron en 1934. Al finalizar la guerra, la situación de deterioro de la cimbra de madera que se había ejecutado propició el encargo a Torroja, como ingeniero consultor, del proyecto para acometer la construcción del gran arco.

Se compone de un arco de hormigón armado, que salva una luz de 209,84 m entre ejes de apoyos, y de dos viaductos de acceso compuestos por dos series de bóvedas de cañón de 22 m de luz y dos tramos rectos de 7,60 m.

El arco, aligerado mediante tres huecos longitudinales, alcanza en la clave una anchura de 7,90 m, y una altura de 4,50 m; presenta dos cordones de espesor variable desde 0,90 m en el centro a 1,324 m en el apoyo sobre el salmer. Éstos se sitúan en la zona inundable del embalse.

En el arco principal se distinguen dos zonas: una formada por vanos de 12,50 m de luz sobre palizadas que apoyan en el arco, y una zona central de 31,80 m formada por la prolongación de las vigas, sin armar, del tramo anterior.

Conviene detenerse, siquiera de forma breve, en el proceso constructivo del gran arco, ideado por

The Martín Gil Viaduct carries the Zamora-La Coruña Railway over the part of the Esla River impounded by the Ricobayo Dam.

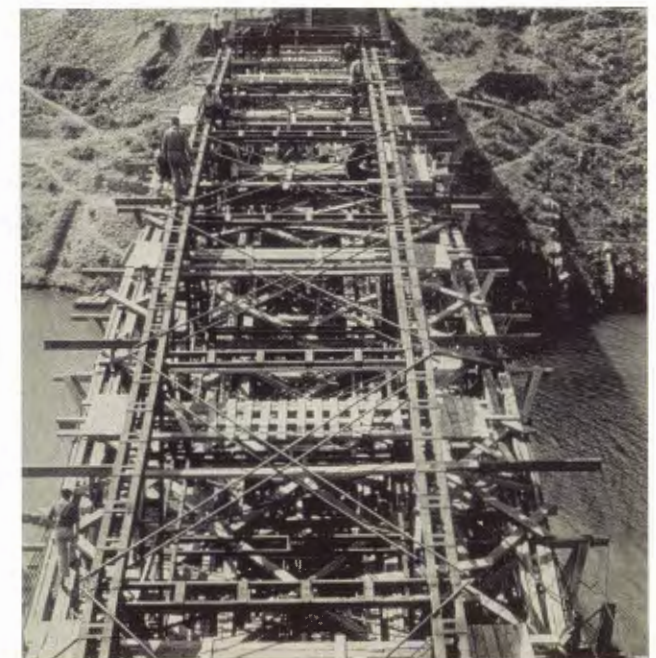
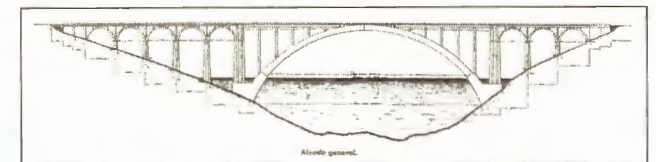
From the outset in 1934, its construction was plagued with incident. After the Spanish Civil War, Torroja was commissioned as consultant engineer to build the main arch, whose timber centring had undergone severe deterioration since its erection before the hostilities.

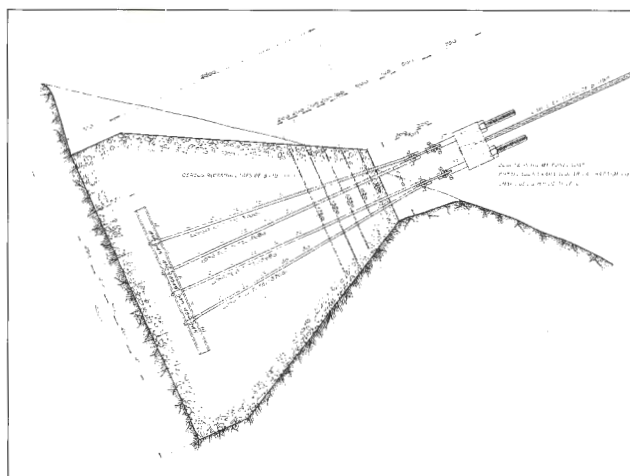
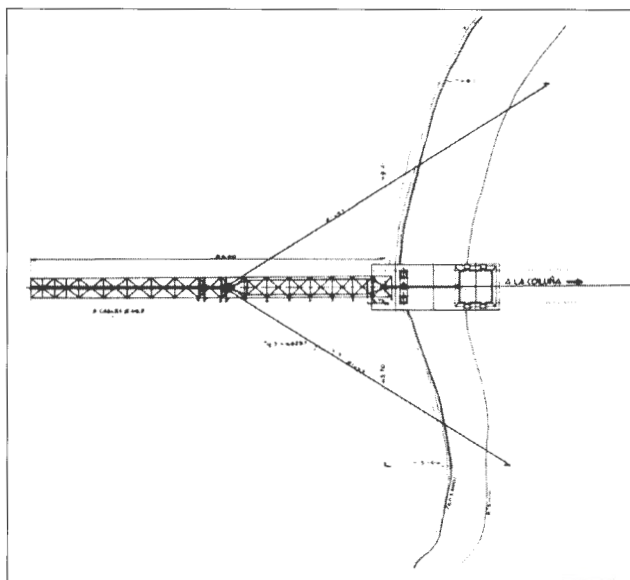
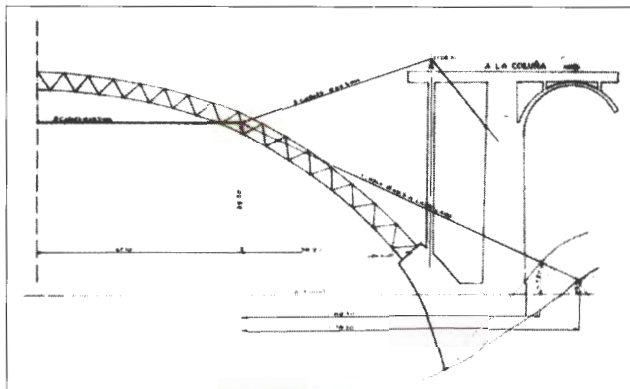
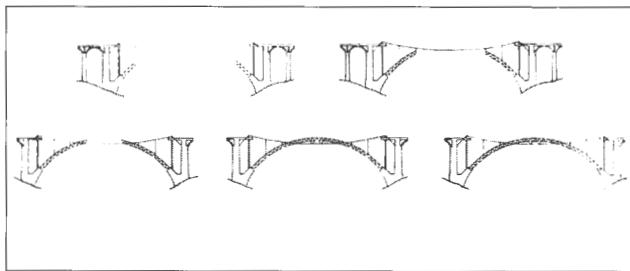
As a whole, the structure consists of the main reinforced concrete arch —with a span of 209.84 m measured between impost centrelines— flanked by the two approaches, each consisting of a 22-m viaduct supported by barrel vaults and a straight section measuring 7.60 m.

The main arch is essentially a box girder with three longitudinal voids that measures 7.90 m wide by 4.50 m high at the crown. The depth of its two chords varies from 0.90 m in the centre to 1.324 m at the base over the imposts, which are located under the water level.

Two different systems can be distinguished on the main arch: the two haunches that support a series of spandrel columns spaced at 12.5-m intervals, and the 31.80-m centre, whose non-reinforced members are a prolongation of the girders spanning the columns in the first system.

The particularly ingenious way that Torroja devised to build the main arch merits some comment. In





Torroja. La solución que planteara se basó en el uso de una cercha metálica que, además de soportar el encofrado del arco, actuaría como armadura.

La cimbra estaba formada por dos cuchillos arriostrados transversalmente y cada cuchillo estaba constituido por una serie de triángulos que se colocaban y enlazaban mediante un blondín. Cada grupo de cuatro triángulos quedaba articulado provisionalmente al contiguo; los puntos de articulación colgaban, también de forma provisional, de un cable superior mediante pendolones provistos de tensores de rosca que permitían corregir y adaptar el conjunto a la directriz prevista.

Una vez soldadas todas las articulaciones, excepto la de la clave y las de los arranques de la cabeza superior de la cimbra, se procedió a hormigonar los primeros cordones del trasdós del arco envolviendo así las cabezas superiores de la cimbra; de modo análogo, a continuación se hormigonaron las cabezas inferiores; este hormigón colgaba pues de las cabezas superiores a través de las diagonales.

La aplicación de unos gatos en los arranques y en la clave de la cabeza superior ponía en compresión la cimbra que desde ese momento soportaba parte de lo que hasta entonces cargaba directamente sobre los cordones del trasdós. El conjunto pasaba de ser un arco triarticulado a ser uno empotrado.

Realizadas estas operaciones, se podían hormigonar sucesivamente los diferentes cordones longitudinales hasta completar la sección definitiva. Cada cordón se hormigonaba por dovelas independientes y según un orden establecido para producir las mínimas flexiones en la cimbra.

Para evitar el pandeo lateral de la cimbra ante esfuerzos de viento se dispusieron dos botones de amarre en los riñones del arco, dotados de dispositivos para regular la tensión, y fijados mediante cables y anclados a las laderas.

essence, he designed a steel truss-like structure which, in addition to supporting the formwork for the arch, would be embedded into the concrete as reinforcement.

This centring adopted the form of two cross-braced trusses, each comprising a series of triangles that were set into place and bound together with a hoisting block. Each group of four triangles was provisionally hinged to the adjacent set on the existing structure; these hinge points in turn —likewise provisionally— hung from a cable strung between the viaducts. The rods or hangers equipped with turn buckles that attached the hinge points to the cable were later used to correct and adapt the entire assembly to the shape of the arch as specified in the design.

Once welding was completed on all the upper chord centring joints, except the ones at the crown and the springing, concrete was cast in the first longitudinal strips, covering the top chords of the centring; concreting then proceeded in a similar manner on the bottom chords, which actually hung from the top chords to which they were attached by the diagonal members.

Jacks were applied to the bottom chord springing and crown to compress the centring, which thereafter received part of the load that had rested until then entirely on the top chords, converting the initial three-hinged arch into a fixed structure.

Once these operations were performed, concrete could be poured over the remaining longitudinal strips until the whole section was finally completed. Each chord was concreted one section at a time in a pre-established order to minimize the bending moment on the steel.

To prevent the centring from buckling laterally under the wind, two hold-down bolts equipped with devices to adjust loads were tied to the quarterpoints on the arch centring by means of cables, in turn anchored to the sides of the cliffs.

VIADUCTO MARTÍN GIL

1939

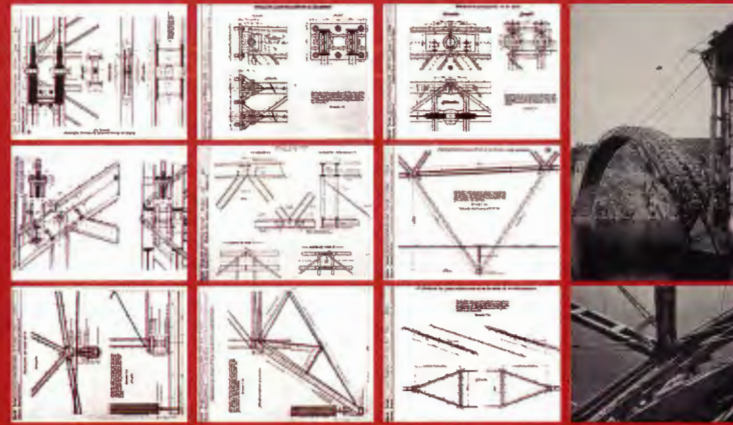
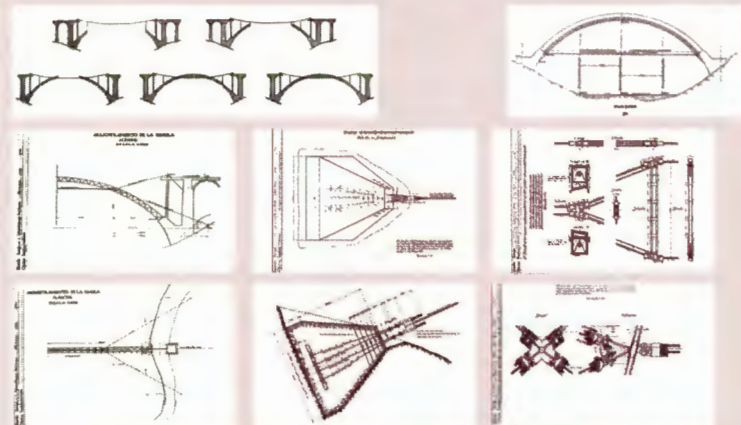
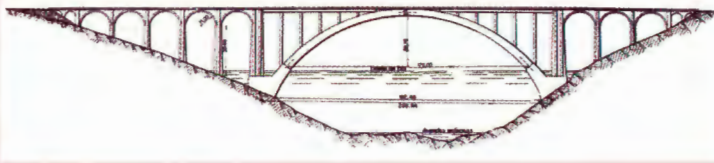


«La construcción del arco de 210 m de luz, con su clave a 70 m sobre el agua del embalse y a 40 del fondo de éste, obligaba a buscar un tipo de cimbra, recogida o en arco, que permitiera económicamente soportar el peso del hormigón que había de formar el arco definitivo.»

La cuestión se reducía, pues, al estudio del proceso constructivo más conveniente.

Es ya clásica la solución de disponer la cimbra dentro del arco que se ha de construir, estudiándola para que después de cumplida su misión como cimbra continúe trabajando como armadura definitiva del hormigón del propio arco. En general, para esta segunda función se requiere menos acero que para la primera; e importa mucho por tanto estudiar el proceso de hormigonado de manera que provoque los menores esfuerzos posibles sobre la cimbra.

Para ello se va hormigonando el arco por rascas o cordones, de menos espesor o sección los primeros que los últimos.»



«En el presente caso, la cimbra está formada por dos cuchillos arriostrados transversalmente; cada cuchillo está constituido por una serie de triángulos que se fueron colocando y enlazando unos a otros mediante un blondín. Cada grupo de cuatro triángulos quedaba provisionalmente articulado al contiguo; y en estos puntos de articulación quedaban colgados de un cable superior provisional mediante pendolones. Éstos iban provistos de tensores de rosca que permitieron, una vez montados todos los elementos de la cimbra, corregir su nivel y adaptar el conjunto exactamente a la directriz prevista.»

La aplicación de unos gatos, en los arranques y clave de la cabeza superior lo pusieron en compresión, obligándola, así, a soportar parte de la composición que hasta ese momento cargaba íntegramente sobre las cordones del trasdós. El conjunto pasa, con ello, de ser un arco triarticulado, a ser uno empotrado.

A partir de este momento podían irse hormigonando, sucesivamente, los diferentes cordones hasta completar la sección definitiva.»

«El hormigonado del arco se hizo por cordones longitudinales sucesivos. Pero, además, cada uno de ellos se hormigonó por dovelas independientes según un orden preestablecido para producir las mínimas flexiones en la cimbra.»

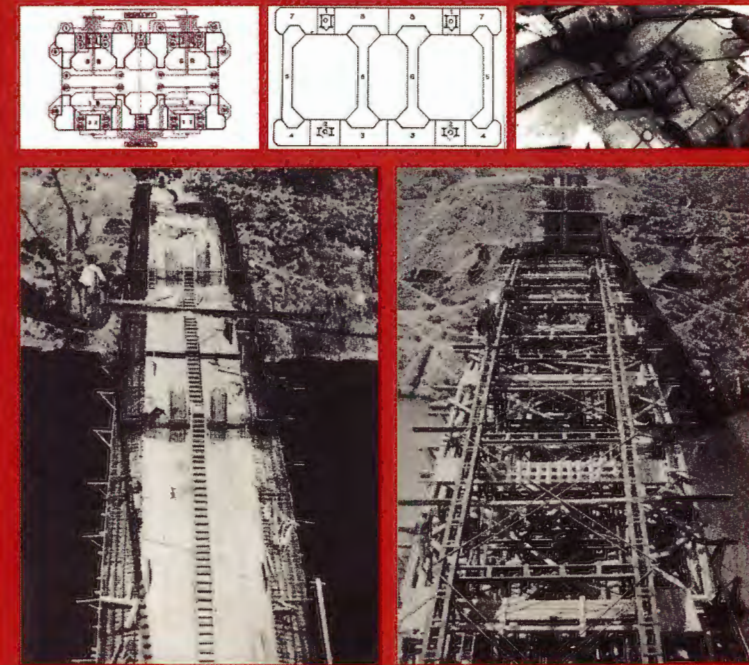
Una vez terminado totalmente el hormigonado del arco, se procedió, como es corriente, a abrir la clave mediante la aplicación en ella de 36 gatos hidráulicos capaces de equilibrar con holgura, sobre cada mitad del arco, el empuje de 7.500 t propio del arco bajo la acción de su propio peso. De este modo se abrió la clave 9 cm, lo que venía a compensar el acortamiento por retracción y por deformación elástica o lenta bajo la acción permanente de la compresión.»

«Una vez hormigonada esa abertura, retirados los gatos y hormigonados también los espacios que ocupaban, se procedió a la construcción, sobre él, de las paizadas y de la estructura del tablero, quedando así terminada la obra.»

«Como la separación entre cuchillos de cimbra era relativamente pequeña, hubiera podido pandear lateralmente el conjunto de la cimbra bajo la acción del viento y de los propios pesos de los primeros cordones de hormigón.»

Para evitarlo se fijaron, hacia los rñoes del arco, dos botones de amarre que quedaban fijos en el espacio mediante sistema de cables y fuertemente anclados en las laderas rocosas con los oportunos dispositivos para regular la tensión.

Estos botones pasaban a través de los correspondientes ojales o deslizaderas en la cimbra; de modo que ésta, si bien podía moverse libremente en el plano vertical, no podía tomar en estos puntos movimientos transversales, porque lo impedían estos botones fijos.»





Concluido el hormigonado del arco, se procedió a la apertura de 9 cm en la clave, mediante la aplicación de treinta y seis gatos hidráulicos, para contrarrestar el acortamiento debido a retracción y deformación elástica.

Tras hormigonar la abertura y los espacios que ocupaban los gatos se construyeron las palizadas y la estructura del tablero.

Las mediciones que se realizaron durante todo el proceso mostraron siempre un correcto comportamiento del arco.

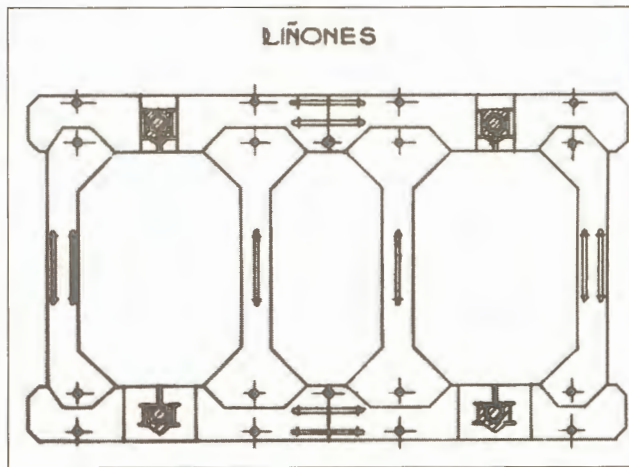
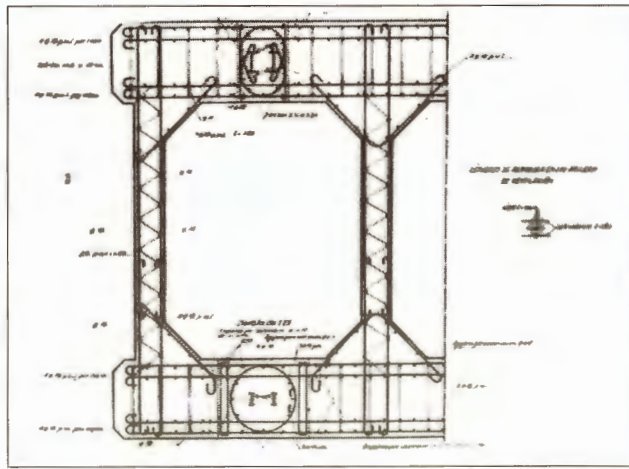
Las pilas de los viaductos de acceso, de hormigón en masa, tienen una sección rectangular hueca decreciente en altura, y se recubrieron de sillarejo, marcando especialmente las aristas. Su espesor varía entre los 3,70 y los 10,80 m, y muestran en las caras interiores sendas hileras de ménsulas que sirvieron para el apoyo de las cimbras.

After the arch was entirely cast, thirty six hydraulic jacks opened a 9-cm gap at the crown to counter shortening due to shrinkage and creep.

Once concrete had been deposited both in the opening and the holes made to attach the jacks, work proceeded on the spandrel columns and bridge deck.

The measurements taken during construction showed that the arch performed to the engineering calculations throughout.

The mass concrete piers on the approach viaducts, whose hollow rectangular section tapers with height, were faced with ashlar stones highlighted around the edges. These piers vary in width from 3,70 m to 10.80 m and are rowed on the inner sides with the corbels that were used to support the centring during erection of the arch.



El tablero tiene una anchura constante de 8,80 m, y se soporta a base de empalizadas que apoyan sobre las bóvedas y sobre el arco, y sobre unos contrafuertes situados sobre los arranques del arco principal y al final de los viaductos de acceso.

The deck, with a uniform width of 8.80 m throughout, rests on the outer vaults, the abutments located over the main arch springing, i.e. at the inner end of the approach viaducts, and the spandrel columns that are in turn supported by the arch.

La cercha metálica fue ejecutada por la empresa OMES —Obras Metálicas Eléctrico Soldadas— del propio Torroja, y el hormigonado del arco por la empresa de Ricardo Barredo.

The steel centring was made by Torroja's own company, OMES —Obras Metálicas Eléctrico Soldadas—, while Ricardo Barredo's company poured the concrete for the arch.

Concluido en octubre de 1942 —fue récord del mundo de puentes de hormigón armado— su inauguración se demoraría hasta septiembre de 1952. Este hermoso viaducto, que se encuentra en servicio y bien conservado, ejemplo de la labor de Eduardo Torroja como ingeniero consultor, es un magnífico representante de la ingeniería española de puentes del siglo XX.

Although the structure was completed in 1942 —when its arch set a world record for the longest span ever built with reinforced concrete— it wasn't opened for use until September 1952. This handsome viaduct, still in service and in good condition, is an excellent example of both Eduardo Torroja's work as a consultant engineer and of twentieth century civil engineering in Spain.

