Comunicaciones volumen 4

ache

III CONGRESO DE PUENTES Y ESTRUCTURAS DE EDIFICACIÓN de la ASOCIACIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL

Las estructuras del siglo XXI

Sostenibilidad, innovación y retos del futuro

Del 14 al 17 de noviembre de 2005, Zaragoza

Centenario del nacimiento de Carlos Fernández Casado

Colaboran:

Colegio de Ingenieros de Caminos C. y P.

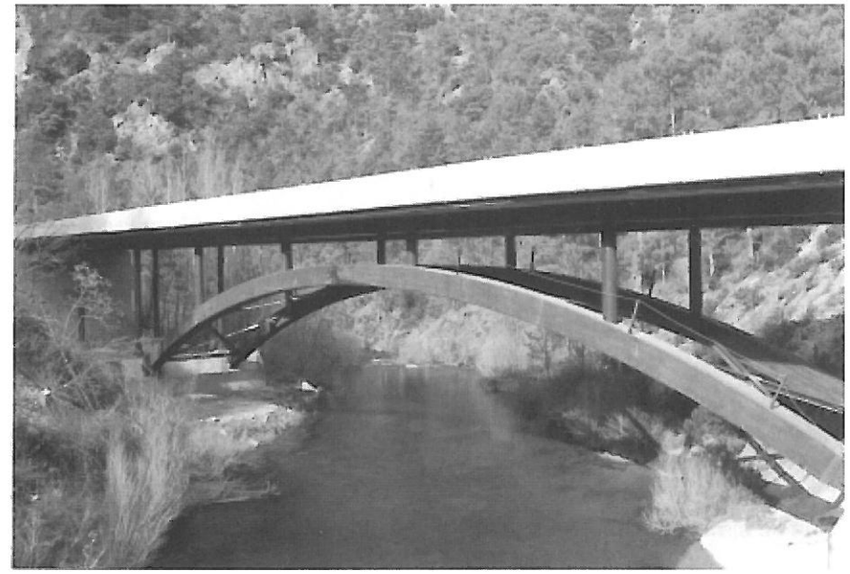
INSTITUTO EDUARDO TORROJA

Escuela de Ingenieros de Caminos C. y P.

III CONGRESO DE ACHE DE PUENTES Y ESTRUCTURAS

LAS ESTRUCTURAS DEL SIGLO XXI
Sostenibilidad, innovación y retos del futuro

Realizaciones.



PUENTE ARCO EN ALTO TAJO

Ramón **SÁNCHEZ DE LEÓN** [1]

[1] Ingeniero de Caminos. Estudio A.I.A.

RESUMEN

Se presenta un puente situado en el Parque Natural del Alto Tajo en la provincia de Guadalajara, realizado con dos arcos metálicos paralelos, sobre los que descansa un tablero mixto con dos vigas artesas de acero y losa de hormigón armado. Los arcos son biapoyados con rótulas en los extremos. El alto valor natural de la zona ha condicionado todo el proceso de montaje sobre el río Tajo.

PALABRAS CLAVE

Arco, Río, Naturaleza, Historia, Acero.

1. PUENTE ARCO EN ALTO TAJO.

1.2. Introducción

En la carretera CM-410 de la Junta de Comunidades de Castilla La Mancha, dentro del Parque Natural del Alto Tajo: entre las localidades de Poveda de la Sierra y Taravilla (Guadalajara) se proyecta un nuevo puente sobre el río Tajo que evite los radios tan reducidos en el que se inscribe el trazado actual para cruzar el río.

Se plantea la construcción de un puente, que sensiblemente esviado respecto del cauce del río salta de un solo vano el río Tajo mediante una pareja de arcos de acero S355J2G2W, disponiendo de vanos adyacentes en las laderas.

El puente proyectado, con una anchura de 10.00 metros, tiene una longitud total de 68.50 metros, distribuidos en seis vanos de ocho metros de luz (vano 1 a 6) y dos vanos de diez metros (vanos 7 y 8). Los vanos 2 al 6 se apoyan mediante pilares sobre un arco metálico circular de 36,232 metros de luz que salta el río sin necesidad de pilas intermedias en el cauce.

El puente, en trazado, está inscrito en una clotoide de parámetro A=40 (16.80 mts), una recta de 44.306 mts y una clotoide de parámetro A=55 (7.394 mts.), esta curvatura del trazado en planta es absorbido íntegramente por la losa de hormigón, siendo las artesas metálicas totalmente rectas. En lo referente al

trazado en alzado, el puente está inscrito en una rampa del 3.08% uniforme en toda la longitud.

1.3. Tablero

El tablero del puente está formado por una losa de hormigón armado HA-35 de 10.00 metros de anchura , de 25 cms. de canto en el punto más desfavorable que se une mediante pernos conectadores a dos vigas artesas metálicas separadas entre si 5.50 metros.

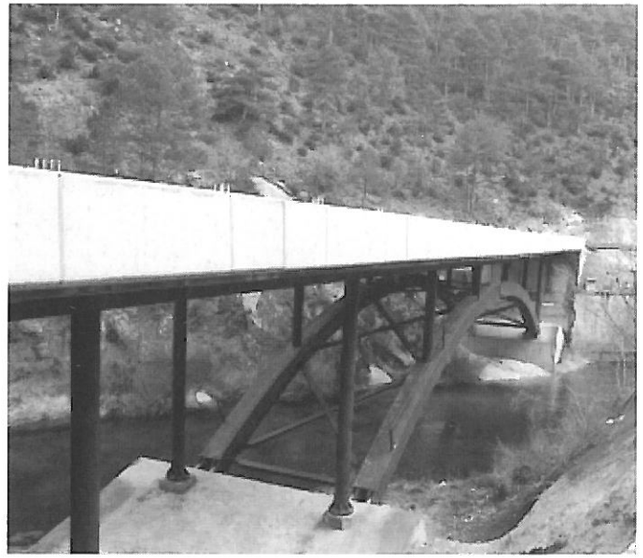


Figura 1.- Vista lateral estribo izquierdo.

Se disponen unas placas de hormigón como encofrado perdido de 6 cms que se apoyan sobre las artesas metálicas, sobre las que se hormigona posteriormente la losa , con la cual se absorbe el peralte del trazado. Estos encofrados perdidos disponen de una armadura, que si bien no es colaborante en el trabajo de la estructura, permiten el hormigonado en voladizo de la losa de hormigón sin necesidad de cimbrar los vuelos.

La losa de hormigón realiza un trabajo longitudinal en el puente (en la zona de anchura eficaz de la losa) como cabeza de viga mixta conectada a las artesas metálicas y un trabajo transversal transportando las cargas hasta las vigas longitudinales, además la losa de hormigón tiene una misión muy importante de difusión de las torsiones de las vigas mixtas, en definitiva, de reparto de cargas de una viga longitudinal a otra.

En el cálculo de la armadura longitudinal de la losa se ha considerado una cuantía mínima para evitar la fisuración de la losa en la zona de momentos negativos, limitando las tensiones máximas para estados límites de servicio según las Recomendaciones RPX-95. La armadura transversal debido a la anchura de la losa se lleva continua de un lado a otro del puente para evitar solapes transversales de la armadura.

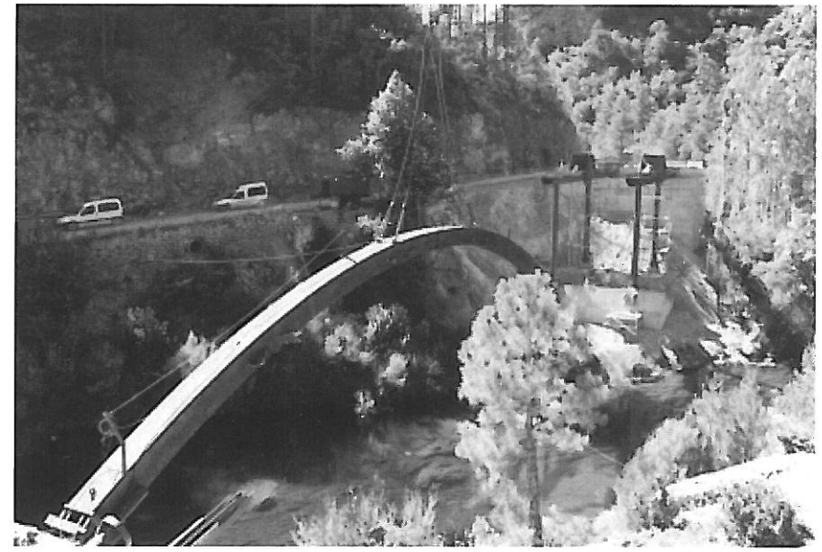


Figura 2.- Montaje de arco derecho.

Existen dos tipos de artesas metálicas, correspondiente la tipo 2 a una artesa reforzada que se ubica en la zona de negativos sobre los pilares P6 y P7 con una longitud de 4.00 metros y otro tramo de 5.00 metros sobre el pilar P1, siendo el resto una artesa tipo 1.

Las artesas metálicas tienen un canto de 54.2 cms. de canto, y están formadas por una chapa de fondo de 60 cms. con #26 y #28 para la artesa tipo 1 y 2 respectivamente, una almas inclinadas de 53.50 cms. de longitud con #14 y #17 para la tipo 1 y 2, y unas platabandas superiores de 22.1 cms en #16 donde están alojados los conectadores.

Las almas de #14 están rigidizadas con 1/2 IPN200, para evitar reducir la sección del alma. Tanto la sección constituida por la artesa tipo 1 como la 2 son secciones compactas tanto a nivel de platabanda inferior como de almas, clasificándose la sección como compacta. (puede alcanzarse la plastificación íntegra de la sección). En la artesa tipo 1 depende de la posición de la fibra neutra para almas #14, en la artesa tipo 2, es independiente de la posición de la fibra neutra.

Figura 3.- artesa de vanos adyacentes y montaje de arco derecho.

Las artesas están proyectadas con unos diagragmas intermedios, separados 1.60 metros y 1.67 mts. según sean los vanos de 8 ó 10 mts. El diafragma intermedio está constituido por un arriostramiento en K, con dos diagonales realizado con perfiles 2UPN80 y una riostra horizontal formada por dos angulares L80.10. Además coincidiendo con los diafragmas intermedios se

proyectan unos rigidizadores transversales con #12 que sirven además como cartelas para soldar los perfiles laminados anteriores.

Figura 4.- Vista interior del puente.

Los diafragamas de apoyo de las vigas artesas son de dos tipos:

- Diafragma de simple apoyo de la artesa sobre pilares, constituido por un mamparo transversal de #28 con cuatro rigidizadores verticales #26 longitudinales y un ala superior #780.400.26 que actúa como viga transversal. Este diafragma lleva por flexión transversal las cargas de las almas hasta el apoyo de neopreno.

- Diafragma de empotramiento de viga artesa en pilar circular, constituido por dos mamparos tranversales #26 separados 35 cms. con dos rigidizadores verticales #26 que aseguren la correcta transmisión de esfuerzos de las artesas a los pilares y una chapa superior #780.500.26. que constituye el ala superior de la viga.

1.4. Arcos.

Se proyectan dos arcos metálicos en los planos verticales de las artesas, estos arcos son de acero realizados con cuatro chapas #750.28, soldadas en sus extremos, sin más rigidización que la correspondiente en la unión de los pilares que bajan las cargas de las vigas. Los arcos tienen una luz libre de 36.62 metros y son arcos de circuferencia de radio 36.23 metros; la relación f/l es de 1/7.36. Los arcos están arriostrados en su plano horizontal para evitar el pandeo de los mismos fuera de su plano. El arriostramiento es en cruz de San Andrés realizado con HEB160 a HEB200 según la posición. Además existe en el extremo de los arcos un arriostramiento horizontal formado por un HEB200 que recoge la componente esviada que transmite en el apoyo la cruz de S. Andrés del último tramo de arriostramiento. Los diafragmas de apoyo de los pilares materializan un empotramiento de éstos en los arcos, por lo que se han proyectado con dos mamparos transversales #750.750.28 unidos longitudinalmente con dos rigidizadores #750.346.28. Además en esta zona se dispone de unas cartelas horizontales internas de los arcos que recogen la carga inducida por el arriostramiento transversal entre arcos.

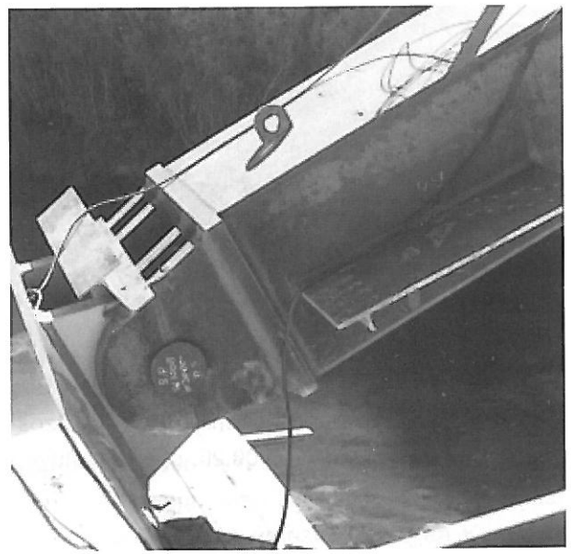


Figura 5.- rótula de unión arco-cimentación.

Los arcos son biarticulados por dos razones:

- Facilidad constructiva (se estudia más adelante)

- Disminución de flexiones en cimentación que incrementan las tensiones del terreno en punta, al ser una cimentación directa.

La articulación se materializa mediante un bulón de calidad de acero 10.9 de 170 mm. de diámetro con chapas de conexión con arco y cimentación de 70 y 90 mm. La unión de la placa base de #70 mm. con la cimentación se proyecta con una platabanda de acero de 70 mm. con pernos conectadores f22 a ambos lados de la platabanda.

1.5. Pilares.

Los pilares se han proyectado en acero, son circulares de 400 mm. de diámetro exterior con espesor de 25 mm. para los pilares P1, P6 y P7 y de 20 mm. de espesor para el resto. Los pilares P1 y P6 están empotrados en las artesas metálicas y el resto un simple apoyo de neopreno de 350 mm. de diámetro y 69 mm. de espesor.

Los pilares P1 y P6 parten de los plintos de arranque de los arcos, intersectando la directriz del arco y "verticalizando" la reacción de los arcos.

La unión de los pilares P1, P6 y P7 a la cimentación se realiza mediante una basa circular de #36 con 700 mm. de diámetro y con cartelas de #36 mm. La basa está conectada a la cimentación mediante barras dywidag roscables de f32. Interiormente el pilar está rigidizado mediante unos aros que actuando como conectadores, transmiten la compresión del pilar a un mortero de 400 kg/cm2. de resistencia hasta la basa.

1.6. Vinculaciones de apoyo.

Como se ha dicho las artesas metálicas están apoyadas mediante neoprenos zunchados a todos los pilares, excepto al P1 y P6 donde se empotran artesa y pilar. Las artesas se apoyan en los estribos mediante un neopreno zunchado de 200x400 mm. con 52 mm de altura. La distribución de cargas horizontales que transmite el tablero a cada pilar es función de la vinculación del tablero con

el pilar y de la rigidez de éste (sobretodo condicionada por la altura del pilar). En el cálculo se ha simulado el comportamiento de los neoprenos como barras ficticias.

1.7. Cimentaciones.

La cimentación de los arcos se realiza en el estribo derecho en cimentación directa mediante unos plintos de hormigón, en estos plintos se apoyan también los pilares extremos, centrando con su reacción vertical la inclinación de los arcos.

En el estribo izquierdo la roca estaba muy profunda y se proyectaron micropilotes con barra de acero B-500S de 40 mm de diámetro interior, con una camisa de chapa de 114 mm de diámetro exterior y 96,6 mm de diámetro interior con acero S355, se realiza un empotramiento de 7,00 mts en roca. Los micropilotes se inclinaron en varias direcciones para recoger la directriz del arco y los empujes transversales de viento.

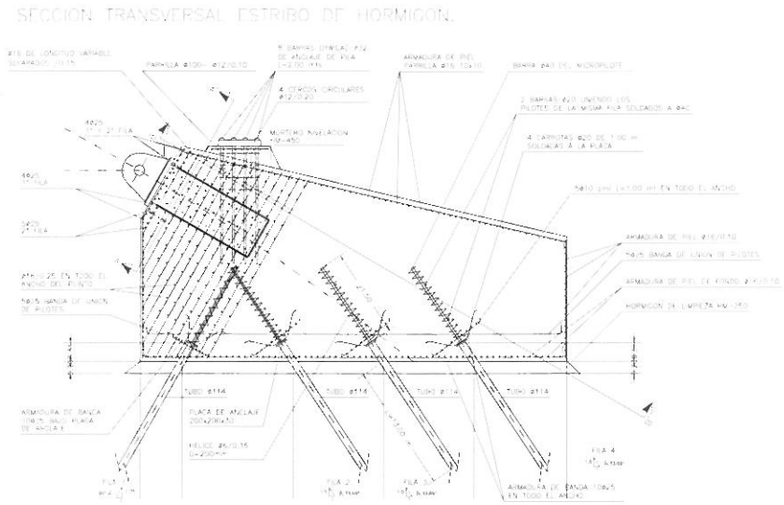


Figura 6 .- Plinto de arranque arco margen izquierda

El arco al estar conectado mediante una rótula a la cimentación transmite exclusivamente un axil según la directriz del arco y un cortante. La

composición vectorial de las fuerzas actuantes (vector arco, vector pilar y vector peso propio del plinto) determina las presiones transmitidas a las cimentaciones.

1.8. Estribos.

Se proyectan ambos estribos con muros de hormigón y cimentación directa sobre el terreno, sin sobrepasar los 3 kg/cm2. de tensión en punta.

El estribo E1 es de menor altura que el E2 y su aleta izquierda es un muro en vuelta, mientras que la derecha se prolonga frontalmente para crear una área de descanso y acceso al puente. El estribo E2 es de mayor altura y se prolonga lateralmente con un muro de contención para evitar derrames en el río Tajo.

2. PROCESO CONSTRUCTIVO.

Al estar en el Parque Natural del Alto Tajo, no se permitía tocar en absoluto el cauce del río, por lo que todo el puente se pensó con elementos muy ligeros metálicos: arcos, artesas y pilares.

Todos los elementos metálicos se construyeron en taller y fueron transportados a obra por la carretera de trazado complicado; se montaron los arcos completos colocándolos en las rótulas.

La primera rótula se encajó con suma facilidad, la otra rótula y como consecuencia de la flexión del arco colgado , fue necesario transmitir al arco una carga horizontal mediante gatos, para llevarla a su posición definitiva. Debido a la flexibilidad del arco la carga fue muy reducida

Colocados los arcos se procedió a su arriostramiento trasnversal mediante perfiles laminados unidos a las cartelas mediante tornillos pretensados de alta resistencia.

Arriostrados los arcos, se soldaron los pilares, se colocarón las artesas metálicas y posteriormente las losas de encofrado perdido para posteriormente proceder al hormigonado del tablero.

3. RECONOCIMIENTOS.

Es importante dejar constancia de todas las partes implicadas en la construcción de este puente:

- Propiedad: Consejería de Obras Públicas de Castilla La Mancha
- Dirección de Obra: D. Antonio García Vega
- Proyecto: Estudio A.I.A. Ramón Sánchez de León.
- Asistencia Técnica a la Dirección de Obra. Estudio A.I.A.
- Contratista: SACYR. (Jefe de obra: Alejandro Coba.).
- Taller metálico: URSSA.