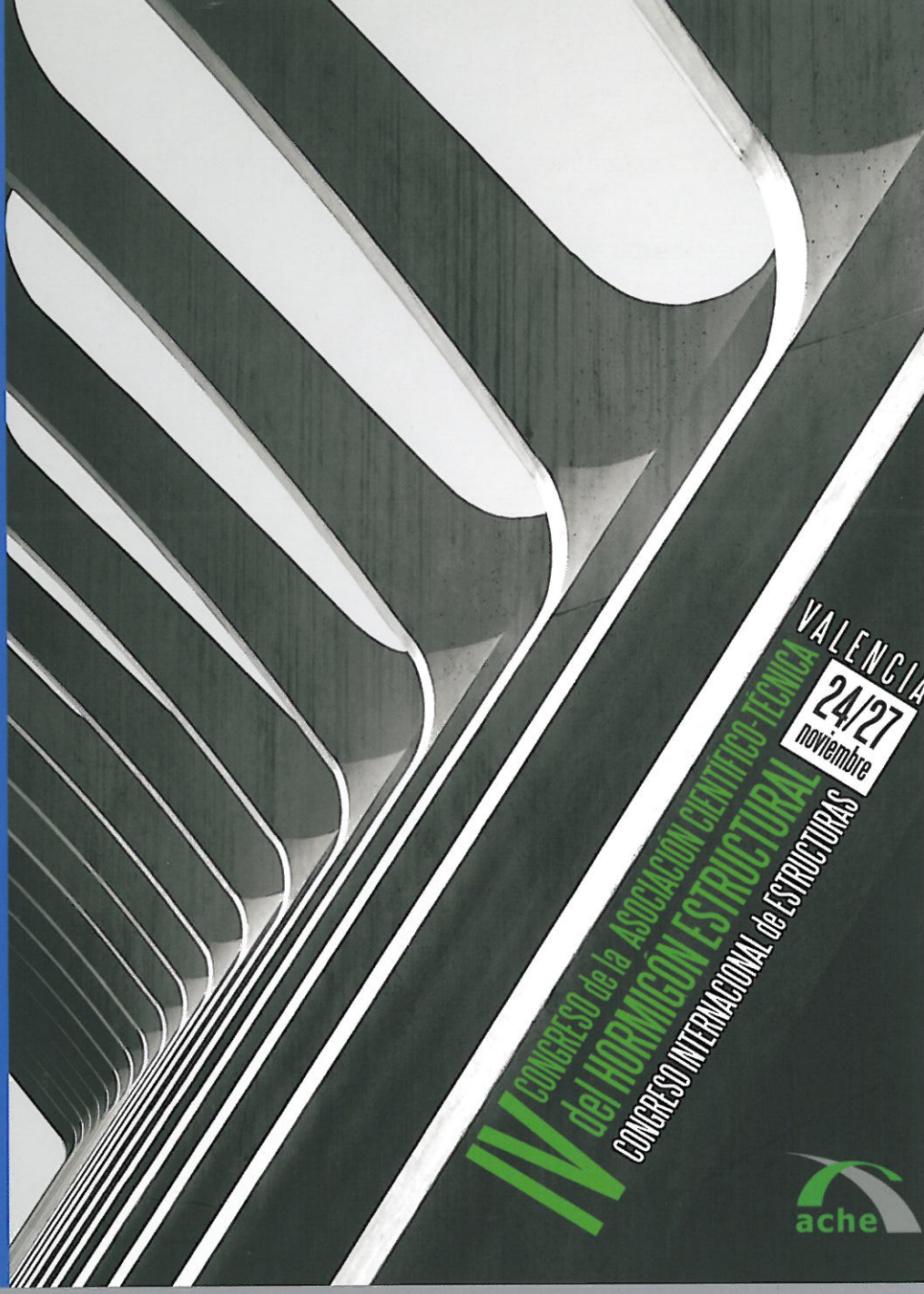
RESÚMENES DE COMUNICACIONES



IV CONGRESO DE ACHE

VALENCIA | 24 AL 27 | NOVIEMBRE | 2008

Colaboran:

COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS C. y P.

INSTITUTO EDUARDO TORROJA

ESCUELA DE INGENIEROS DE CAMINOS C. y P.

El puente salva la depresión de la calle del Bullidor, de unos 240 m de longitud total. Es una losa contínua postensada asimétrica de 1.40 m de canto y luces máximas de 36 m. Su característica resistente principal son los grupos de pilas con apoyos al tresbolillo. Incorpora una pasarela lateral, elevada respecto la rasante del puente, sustentada mediante pórticos metálicos en L invertida. El aspecto más destacable del puente es su aspecto apariencia formal, orgánica (potenciado por las formas complejas de las pilas), casi de ser prehistórico expuesto en un museo de ciencias naturales al aire libre.

Fig. 2 Maqueta del puente de Mas Lluhí.

3. Pasos superiores sobre la Ronda Oest de Sabadell

Se presentan los seis pasos superiores del tramo de Ronda proyectado conjuntamente con Siena SL en noviembre de 2007. Se trata de cinco puentes losa postensada de dos vanos, con pila en la mediana, de luces entre 19 y 30 m y anchos entre 9 y 17 m. En planta, se trata de dos puentes rectos y tres en planta curva. La sección transversal para todos es una losa aligerada con intradós curvo en el sentido transversal, y curvatura inversa en los voladizos. Éstos se diferencian además del nervio principal mediante un plano longitudinal de 30 cm de alto que rompe, creando una sombra longitudinal, la superficialidad del fondo de la estructura. Finalmente, se ha proyectado una pasarela para peatones de 4 m de ancho que cruza el tronco de la Ronda con dos vanos de 35 m de luz y planta curva. Se trata de una viga postensada con sección triangular simétrica, de canto linealmente variable entre 1.00 y 1.50 m. El vértice inferior se abre en las proximidades de pila para transformar en sección romboidal la del apoyo intermedio. Esto genera una geometria muy limpia e interesante des del punto de vista formal, pero cuya distribución de volumenes responde únicamente a criterios resistentes.

4. Puentes sobre el río Ridaura en Platja d'Aro

Dos puentes hermanos proyectados en abril de 2008 sobre la nueva canalización del río Ridaura en Platja d'Aro (Baix Empordà), en las proximidades de la desembocadura al Mediterráneo. Separados por unos escasos 500 m y a la vista el uno del otro, son dos arcos superiores de acero de 51 m de luz y ancho total 16.90 y 19.60 m respectivamente, con voladizos laterales de 2.80 m para paso de aceras. Se trata de unos arcos laminares (1.20 m de ancho y 0.50 m de canto) muy esbeltos (L/100) con tirantes rígidos a flexión (ancho entre 1.20 y 1.50 m, canto 1.60 m). El potente tirante sobresale por encima del plano de la calzada unos 50 cm, y separa eludiendo la barrera la plataforma para tráfico de las aceras. Así, el tirante se muestra solo desde el interior; desde el exterior queda a la sombra de los voladizos, destacando únicamente en su vuelo sobre el río el esbelto arco. Los acabados de las aceras, con bancos apoyados en el tirante, crean en éllas dos ámbitos diferenciados: uno de paso (con pavimento de hormigón impreso y barandilla de barrotes) y el otro de estancia (dónde reina la madera de Bolondo en pavimento y bancos y la barandilla de cristal), desde dónde contemplar serenamente el fluir del río.

PUENTE ATIRANTADO "ARRIACA" EN GUADALAJARA

Ramón SÁNCHEZ de LEÓN
Ingeniero de Caminos
ESTUDIO AIA
Ingeniero
rsanchezdeleon@estudioaia.com

Christian BERNAL PÉREZ
Ingeniero de Caminos
ESTUDIO AIA
Ingeniero
cbernal@estudioaia.com

Resumen

El Puente Atirantado Arriaca se configura como un hito en la puerta norte de la ciudad de Guadajara. La estructura se ubica en la Ronda Norte de Guadalajara, permitiendo el cruce del río Henares y facilitando el acceso tanto a los polígonos industriales como a los municipios situados al norte de la ciudad.

El puente tiene una longitud de tablero total de 201 m, distribuidos en un vano principal de 100.5 m y dos vanos laterales de 42.00 m y 58.50 m. La anchura del tablero es de 30 metros, distribuido en dos calzadas de 12.50 m, una mediana de 3 m y espacios para ubicar las sistemas de protección. El sistema de atirantamiento consta de 28 tirantes en forma de semiabanico y distribuidos en un único plano de tirantes. El tablero esta formado por un cajón metálico, costillas laterales y una losa superior de hormigón. El pilono es totalmente metálico y tiene una altura sobre rasante de 58 m. La cimentación se constituye mediante pilotes de diámetro 1500 mm.

Palabras Clave: Tirante, anclajes, acero cortén, doble acción mixta, pretensado, cajón metálico, costillas, instrumentación.

1. Introducción

El Puente Arriaca es un puente atirantado sobre el río Henares, en la ciudad de Guadalajara, ubicado en la Ronda Norte que permite el acceso desde la A-2 hasta los polígonos industriales y municipios del norte de la ciudad.

La longitud total de la estructura es de 201 m, un vano principal de 100.5 m y vanos laterales de de 42.00 m y 58.50 m.

2. Atirantamiento

El atirantamiento se conforma con un solo plano de tirantes en el eje del tablero. Disponer un único atirantamiento central condiciona enormemente el diseño del puente, debiendo recoger la sección cerrada del tablero los esfuerzos de torsión que, en este puente por su anchura, tienen especial importancia.

Se proyectan veintiocho tirantes, catorce en el vano principal y catorce en los vanos de retenida. Los tirantes se componen de cordones monoprotegidos de 150 mm^2 paralelos de 7 alambres de 1860 MPa de resistencia a la tracción, variando el número desde 27 hasta 43 cordones. Los tirantes han sido calculados para trabajar, en la hipótesis más desfavorable, a un 45% de la tensión de rotura, y limitando la varición de tensión máxima para fatiga a 200 MPa.

3. Tablero

El tablero se ha resuelto con una sección mixta en el vano principal y de doble acción mixta en los vanos de retenida. La sección del tablero es una artesa metálica de acero S-355 de resistencia mejorada a la corrosión, de 2,50 m de canto, 9,00 m de base inferior y 11,00 m. de base superior abierta, con dos platabandas de 0,50 m formando las alas superiores; dos almas inclinadas extremas de 2,67 m y un alma central de 2,50 m. Para materializar la plataforma de 30,00 m se dispone una losa de hormigón de esta anchura y 25 cm. de espesor. La losa se apoya sobre el cajón metálico central y sobre costillas metálicas transversales en voladizo dispuestas cada 3,00 m. y de 9,30 m. de longitud.

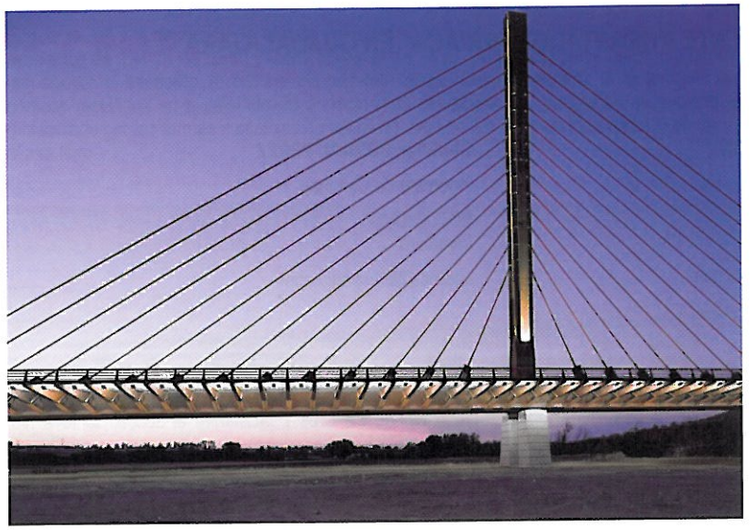


Fig. 1 Vista de alzado iluminado.

4. Pilono

El pilono se proyecta como un fuste único de acero S-355 de resistencia mejorada a la corrosión con una sección de 3,00 x 2,55 m. Se resuelve formalmente con una "H" en sentido longitudinal del puente maclada con una doble "T" en sentido transversal. Su altura total es de 57,70 m medidos desde la cara superior del tablero. Los tirantes se conectan al pilono en la sección en H, en el eje central, separados cada 2,50 m.

5. Pilas y estribos

Las pilas principales bajo el pilono son de hormigón armado de color blanco HA-30, rectangulares de canto variable. Los estribos son convencionales de hormigón armado resueltos con hormigón blanco HA-25 y muros en vuelta, con cimentación directa. Las pilas de retenida son de hormigón blanco HA-30/P/20/IIb y con un encofrado marcando estrías. Las pilas son de sección rectangular, disponiendo de una altura de 9,00 m.

6. Cimentación

Las pilas principales soportan cargas muy importantes transmitidas por el pilono, del orden de 11.000 T., por lo que es absolutamente imprescindible la cimentación por pilotes. Se han proyectado 16 pilotes de hormigón, de 1500 mm de diámetro, dispuestos en 4 filas de 4 pilotes. Su profundidad es de 28 m, llevando el tope estructural a 45 kg/cm². Se proyectan con camisa de chapa recuperable por existir balsas de arenas inestables intercaladas entre el sustrato mioceno. Se construye un encepado de 14,00 x 15,50 m y canto de 4,00 m, rígido, de hormigón armado HA-25

7. Proceso constructivo

El tablero y pilono fueron ejecutados en taller metálico, mientras se avanzaba en la construcción de pilas y estribos. Los tramos metálicos se transportaron a obra desde el taller. Los diferentes segmentos de tablero se izaron y se colocaron apoyados sobre pilas-pilote provisionales de 650 mm. de diámetro.

Posteriormente ejecuta la losa superior, al tiempo que se enfilan tirantes, realizando el tesado en 2 fases más un retesado, a medida que se introduce carga sobre la estructura. El control de la carga en tirantes se realiza mediente instrumentación.

PASARELA COLGANTE SOBRE EL RÍO TAJO EN TOLEDO

Ramón SÁNCHEZ de LEÓN
Ingeniero de Caminos
ESTUDIO AIA
Ingeniero
rsanchezdeleon@estudioaia.com

Christian BERNAL PÉREZ
Ingeniero de Caminos
ESTUDIO AIA
Ingeniero
cbernal@estudioaia.com

Resumen

La Pasarela Colgante de la Fábrica de Armas de Toledo se enmarca en una actuación general de recuperación y adecuación de las riberas del río Tajo, y se sitúa junto a la antigua Fábrica de Armas reconvertida actualmente en Universidad. El reto era configurar una estructura respetuosa y perfectamente enmarcada en el lugar, teniendo presente que sería visible desde gran parte de la ciudad de Toledo, Patrimonio Histórico de la Humanidad por la UNESCO.

Con estos condicionantes se proyecta una pasarela colgante de 105 m de longitud que permite cruzar el cauce sin pilas. El tablero tiene una anchura entre ejes de cables de 9 m, disponiendo el tramo transitable de 6 m. La sección del tablero se resuelve con un cajón metálico, una losa superior de hormigón y costillas transversales cada 3 m. El sistema de suspensión se formaliza mediante 2 cables principales anclados a 2 pares de pilonos de altura 22 m. Desde los cables principales se disponen péndolas hasta el tablero cada 3 m.

Palabras Clave: Cable principal, péndola, pilono, anclajes al terreno, tubo de retenida, abrazaderas.

1. Introducción

La Pasarela Colgante de la Fábrica de Armas de Toledo conecta ambas márgenes del río Tajo junto la antigua Fábrica de Armas, convertida en Universidad. La estructura se ubica en el mismo lugar donde existía una antigua pasarela colgante que fue arrastrada por una riada en los primeros años del siglo XX. De esta manera la nueva pasarela conjuga el respeto por la historia y el entorno privilegiado donde se ubica.

La solución planteada permite una visión límpia y permeable, salvando el río con un único vano sin pilas intermedias de longitud 105 m.

Los hormigones utilizados son de tono ocre en consonancia con los edificios del entorno.

2. Cables

El sistema de suspensión se constituye mediante dos cables principales separados 9 m y con diámetro 84 mm y anclados a dos pares de pilonos. Para conectar el tablero y los cables se disponen péndolas de diámetro 16 mm cada 3 m. La carga de rotura de los cables principales es de 7045 kN, limitando su carga máxima en servicio al 45% este valor por criterios de fatiga. La tipología del cable principal es cerrado, protegido de la corrosión mediante galvanizado.

Los cables principales quedan anclados en cabeza de pilonos. Para compensar los esfuerzos horizontales se disponen tubos de retenida con una importante rigidez axil, anclados a unos muertos de retenida. Finalmente los muertos de retenida disponen de 12 anclajes al terreno ejecutados mediante barras de diámetro 36 mm pretensadas.

3. Tablero

La pasarela dispone de un tablero mixto resuelto con una sección cajón metálica de acero S-355, unida a una losa superior de hormigón HA-35 ocre de espesor 20 cm, configurando una anchura transitable de 6 m. Transversalmente se disponen costillas cada 3 m para anclar las péndolas al tablero. Las costillas transversales tienen una longitud de 9 m,

separando la zona transitable del plano de cables. La losa de hormigón está flanqueada por barandillas de acero inoxidable, aportando calidad al tablero. En alzado la pasarela dispone de una cierta curvatura, lo que acentúa la expresividad de la solución.

4. Pilonos

Los cables principales quedan anclados a 2 pares de pilonos metálicos de 22 m de altura. Los pilonos tienen una sección cajón complementadas con chapas en forma de T en sentido transversal. Para ofrecer una sensación de ligereza y esbeltez no se dispone arriostramiento algurno entre torres, por lo que es importante garantizar la rigidez transversal suficiente. Las torres se unen al encepado inferior mediante empotramientos resueltos sobre unos plintos de hormigón ocre con barras de acero pretensado.

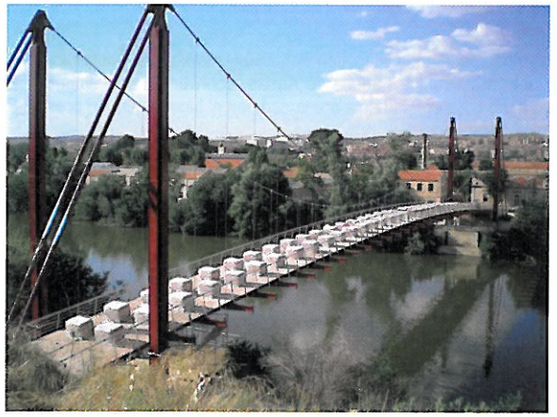


Fig. 1 Prueba de carga en Pasarela Colgante.

5. Estribos y cimentación

Cuando actúan cargas en la mitad del vano del tablero se pueden producir tanto desplamientos longitudinales sensibles como reacciones de tiro en los estribos. Debido a esto se disponen apoyos de neopreno tanto verticales como longidudinales en los espaldones del estribo, diseñando un sistema de chapas de acero en forma de grapas que impiden el levantamiento del tablero en caso de reacción de tiro. Estos apoyos están anclados a muros de hormigón con barras de acero pretensadas. Se dispone una cimentación conjunta para los estribos y los pilonos, resuelta mediante encepados de canto 1.5 m y pilotes de diámetro 850 mm y longitud 14 m.

6. Proceso constructivo

El proceso constructivo comienza con la ejecución de pilotes, encepados y estribos. La estructura metálica se fabrica en taller y se transporta a obra por tramos. Tras concluir los estribos se colocan los pilonos, los anclajes al terreno, tubos de retenida y cables principales. El tablero se divide en 5 segmentos que cuelgan de los cables principales desde un estribo y sin afección al cauce del río. Los tramos de tablero se unen con soldaduras, ejecutando posteriormente la losa superior y el resto de elementos de acabado. Un detalle significativo es el apriete en fases necesario de las abrazaderas que unen el cable principal a las péndolas, debido al efecto Poisson a medida que los cables entran en carga. Una vez concluida la losa superior y los acabados se realiza una prueba de carga, obteniendo deformaciones dentro de los márgenes tolerables.

PUENTE CURVO EN CELOSÍA SOBRE EL EMBALSE DE BUENDÍA

Ramón SÁNCHEZ de LEÓN
Ingeniero de Caminos
ESTUDIO AIA
Ingeniero
rsanchezdeleon@estudioaia.com

Christian BERNAL PÉREZ
Ingeniero de Caminos
ESTUDIO AIA
Ingeniero
cbernal@estudioaia.com

Resumen

El nuevo puente sobre el embalse de Buendía (límite provincias Cuenca-Guadalajara) tiene como objeto devolver la conexión directa entre los municipios de las riberas del embalse, los cuales se ven obligados a realizar largos recorridos para desplazarse entre ellos desde la construcción del embalse. Para este objeto se diseña un puente tipo Celosía metálica de canto variable. La longitud total de la estructura es de 320 m, distribuidos en un vano principal de 162 m y vanos laterales de 63 m y 94.5 m. El canto de la celosía varia desde 10 m sobre pilas hasta 4.5 m en el centro del vano principal. El trazado en planta del tablero es curvo con radio 800 m, lo que permite observar la estructura desde los vehículos que circulan por la vía y otorga a la estructura una mayor singularidad.

Palabras Clave: Celosía curva , cordón, diagonal, nudo, doble acción mixta, reacción de tiro, pilas inundables.

1. Introducción

El puente sobre el embalse de Buendía resuelve el problema de la conexión entre ambas márgenes del embalse mediante una estructura singular constituida por 2 celosías metálicas paralelas de canto variable separadas 6 m y con planta curva de radio 800 m. Sobre las celosías metálicas se dispone una losa de hormigón hasta alcanzar la anchura total del tablero para albergar una calzada de vía convencional. La solución adoptada debía permitir salvar el embalse con un vano principal de ciertas dimensiones con objeto de minimizar el impacto visual y facilizar la construcción fuera del agua. La longitud total de la estructura es de 320 m, distinguiendo un vano principal de 162 m y vanos laterales de 63 m y 94.5 m.

Fig. 1 Puente sobre el embalse de Buendia

2. Tablero

El tablero se compone de dos celosías metálicas tipo Warren de canto variable separadas 6 m y con trazado en planta curvo de radio 800 m. El canto de las celosías varía desde 10 m sobre pilas hasta 4.5 m en el centro del vano principal, con un trazado parabólico adaptado a las leyes de esfuerzos de flexión. El acero utilizado es tipo cortén S-355. Las secciones de los cordones superior e inferior son cajones rectangulares de dimensión 750 x 550 mm, mientras que las diagonales tienen sección 550 x 450 mm, con nudos situados cada 9 m.

Sobre las celosías se dispone una losa de hormigón HA-35 de canto de 30 cm hasta conseguir el ancho total del tablero, 11 m.

Un detalle importante del tablero es la presencia de losas colaborantes situadas entre los cordones inferiores en los tramos próximos a las pilas intermedias. Estas losas tienen por objeto absorver parte de las compresiones debidas a los momentos flectores negativos y limitar la inestabilidad de los cordones comprimidos, al tiempo que se aporta a la estructura una mayor ductilidad (doble acción mixta del tablero).

3. Pilas

Las pilas intermedias tienen sección rectangular de dimensiones exteriores 8 x 2.5 m, y una altura de 23.5 m. Las pilas están huecas, disponiendo espacios a diferentes alturas para que permitan la entrada de agua e igualar el empuje hidrostático dentro y fuera de la sección ante una eventual subida del nivel del embalse. Las pilas se ejecutan con hormigón HA-35.

La cimentación de las pilas consta de encepados de 12.5 x 9 x 2.5 m y pilotes de diámetro 1200 mm con una profundidad de 25 m.

4. Estribos

Los estribos se ejecutan en hormigón HA-25. Existen importantes diferencias entre ambos estribos del puente. En el Estribo 1 se producen reacciones de tiro importantes debidas a la descompensación de vanos (162 m vano principal y 63 m el vano lateral) , por lo que se ejecuta un sistema para anclar las celosías del tablero al estribo mediante apoyos de neopreno y vigas ancladas al hormigón. La reacción de tiro se compensa por el peso propio del estribo y el relleno de tierras. En el caso del Estribo 2 no se produce reacció de tiro, por lo que el apoyo es convencional.

La cimentación del Estribo 1 se realiza mediante cimentación directa porque la altura del terraplén es escasa y la tensión admisible del terreno suficiente. El Estribo 2 se ejecuta sobre cimentación profunda con objeto de limitar esfuerzos hiperestáticos derivados de posibles asientos del terraplén, que en este caso si tiene una altura de tierras considerable.

5. Proceso constructivo

El proceso constructivo comienza con los terreplenes de acceso, los pilotes, pilas y estribos. Las celosías metálicas se fabrican en taller y se transportan a obra en diferentes partes. En obra se procede a la unión mediante soldadura de cordones y diagonales, para configurar tramos de celosía completos que se colocan en su posición definitiva con ayuda de grúas de gran tonelaje y castilletes provisionales.

Después de completar la estructura metálica se concluyen los estribos para absorver las posibles reacciones de tiro y se disponen las prelosas sobre las celosías. Sobre las prelosas se instala la armadura de la losa superior y se hormigona, tomando la precaución de hormigonar en primer lugar el centro del vano principal, para finalizar sobre las pilas provisionales. De este modo se limita la posible fisuración de la losa sobre las pilas debidos a la cargas permanentes.

VIADUCTO DE NAVIA (1) PROYECTO

José Ignacio GONZÁLEZ ESTEBAN
Dr. Ingeniero de Caminos C. y P.
FCC Construcción SA
Director Servicio de Estructuras
jigonzalez@fcc.es

Rafael JIMÉNEZ AGUILAR
Ingeniero de Caminos C. y P.
FCC Construcción SA
Jefe Departamento de Puentes
rjimenez@fcc.es

David ARRIBAS MAZARRACÍN
Ingeniero de Caminos C. y P.
FCC Construcción SA
Jefe Departamento de Puentes
darribas@fcc.es

RESUMEN

Se describe el diseño y proyecto de un viaducto de 905m de longitud, con dos vanos principales en arco de tablero inferior de 160m de luz, cuyo tablero ha sido construido íntegramente mediante dovelas prefabricadas.

Palabras clave: arco tablero inferior, arco mixto, péndola, dovelas prefabricadas, hormigón autocompactante.

El proyecto y construcción del viaducto de Navia se enmarcan dentro de la línea de trabajo puesta en marcha por FCC Construcción, para la construcción de viaductos mediante dovelas prefabricadas, inicialmente para viaductos de luces medias y que en este caso se ha extrapolado a grandes luces.

Para materializar el paso de la autovía sobre la llanura de la ría de Navia se ha proyectado una estructura de 905 m de longitud con dos vanos principales de 160 m, uno sobre la ría y el otro en la zona de carrizales adyacente y dos viaductos de acceso de 341 y 244 m. El ancho de la plataforma es de 23.1 m habiéndose proyectado un tablero único para ambas calzadas de la autovía para reducir al máximo el numero de pilas.

Los vanos principales están formados por sendos arcos de tablero inferior de 160 metros de luz, situándose el arco en la mediana, los viaductos de acceso están resueltos mediante dintel recto de hormigón con luces tipo de 75 m. Con el fin de unificar los sistemas constructivos del puente principal y los viaductos de acceso, se ha proyectado un tablero continuo en toda la estructura que se construyó mediante dovelas prefabricadas montadas por avance en voladizo.

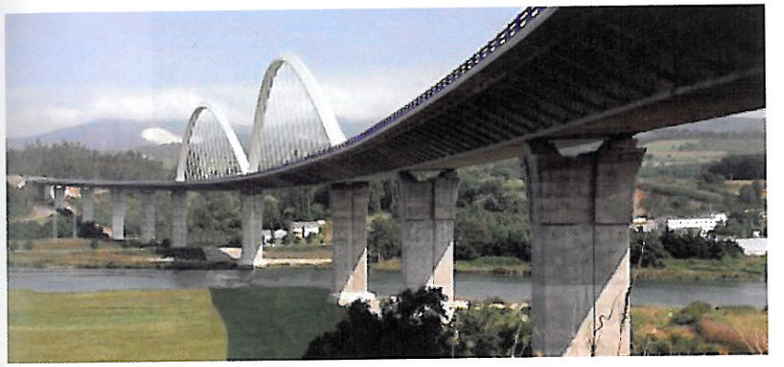


Fig. 1 Vista del viaducto terminado

El dintel es continuo en la totalidad del viaducto, con 905 m de longitud y juntas en estribos, estando formado por un cajón central de hormigón de almas verticales de 8.1 m de ancho y 3.7 m de canto y voladizos transversales formados por una losa de canto variable, sustentada mediante puntales de hormigón prefabricado.

Los 10.7 metros centrales del tablero se construyen mediante dovelas prefabricadas que se montan por avance en voladizo con ayuda de una viga de lanzamiento superior que se traslada sobre el tablero, completándose hasta la anchura total del tablero mediante voladizos laterales que se hormigonan con un carro que se traslada sobre el núcleo de dovelas una vez se ha dado continuidad a la estructura.

En una primera fase se ejecutó la totalidad del viaducto con luces tipo de 75 y 80 metros En los vanos en arco de 160m de luz se construyeron vanos de 80m con pilas provisionales metálicas.

Una vez completado el tablero, desde el mismo se montaron los arcos de los vanos principales, que se sitúan en la mediana, colgándose el tablero de estos mediante péndolas y retirando posteriormente las pilas provisionales situadas en el centro de los vanos principales, que quedan con la luz definitiva de 160 metros.