

NOVA PONTE SOBRE O RÍO MIÑO (CORTEGADA)

Juan M. CALVO RODRÍGUEZ

Ingeniero de Caminos

PONDIO Ingenieros
Director

jcalvo@pondio.com

Joaquín ARROYO MÁRQUEZ

Ingeniero de Caminos

PONDIO Ingenieros
Director Técnico

jarroyo@pondio.com

Resumen

Puente pórtico mixto de 180 m de luz construido con giro de una de sus células de hormigón e izado de su tramo central.

Palabras Clave

Puente pórtico, girado, izado.

1. Introducción

El viaducto sobre el río Miño en Cortegada se encuadra en el "Proyecto de construcción. Nova estrada OU-801 variante da OU-133 (antigua C-531). Treito: Cortegada-Filgueira. Nova ponte sobre o río Miño" del que es titular la Consellería de Política Territorial de la Xunta de Galicia. El contratista principal de la obra es la empresa Arias Hermanos.

El trazado de la carretera cruza el río Miño, uniendo las provincias de Ourense (Ayuntamiento de Cortegada) y Pontevedra (Ayuntamiento de Crecente).

En este punto el embalse tiene, para su nivel normal, un ancho de unos 140 metros. En su margen derecha y a unos 20 m de distancia transcurre, paralelamente al embalse, la vía de ferrocarril Vigo - Ourense.

El valle tiene unas fuertes pendientes de modo que la intersección de la rasante de la carretera con las laderas permite una longitud máxima de puente de 260 m.

De hecho, en el proyecto original la estructura estaba encajada con un puente de hormigón pretensado de luces 65-130-65 m, construido por voladizos sucesivos. La ubicación del puente no coincidía exactamente con la actual y, de hecho, una de las pilas estaba situada dentro del embalse.



Fig.1 Ponte Filgueira

Aprobada dicha propuesta por la Consellería, y cuando los desmontes de tierra ya estaban realizándose, la Confederación Hidrográfica del Norte planteó el problema de la imposibilidad de situar las pilas en zona de dominio público hidráulico.

La propuesta de proyecto modificado, presentada por Arias Hermanos, consistía en modificar ligeramente la ubicación del puente para evitar situar la pila dentro del embalse.

Este hecho sumado a la presencia de la vía de ferrocarril, convirtió la luz del vano central en un mínimo de 180 metros.

Adicionalmente, esta estructura se encuentra unos 200 m aguas arriba del Ponte Filgueira (Fig. 1) que se encuentra en la carretera de Xinzo de Limia a La Coruña. Este puente tiene un vano central de celosía metálica del siglo XIX y siete vanos con arcos de sillería de medio punto.

2. Consideraciones sobre el encaje de la estructura

Como ya se indicó en el capítulo anterior, la longitud máxima de la estructura, definida por la intersección de la rasante de la carretera con las laderas de las márgenes del pantano, es de 260 m y el vano central ha de ser de 180 m. Con estas condiciones, los vanos laterales son tan solo de 40 m (0.22 veces el vano central), lo que provocará fuertes tracciones en los estribos.

Mantener la tipología de hormigón pretensado con avance en voladizos supondría plantear un tablero de 11.50 m de canto en pilas y 7 m de canto en centro de vano.

Por otra parte, este tablero sería muy pesado y provocaría unas fuertes tracciones en el estribo inducidas por el fuerte desequilibrio entre vanos.

Puestas así las cosas se estudió la posibilidad de encajar un puente pórtico. Dicho pórtico mantiene el esquema de luces de 40-180-40 en los apoyos, pero disminuye drásticamente el canto necesario del tablero, ya que la inclinación de las pilas frontales equivale a considerar 3 vanos de tablero de luces 60-132-60.

La componente horizontal del esfuerzo axil de dicha pila frontal se equilibra con una pila dorsal también inclinada que se conecta al tablero en el estribo.

La célula constituida por las dos pilas inclinadas y el tablero se plantea de hormigón. El tramo central del puente podría haberse planteado igualmente de hormigón pretensado construido por avance en voladizos, sin embargo, esta solución resulta claramente más pesada que una sección cajón metálica con losa superior de hormigón armado.

3. Descripción general del puente

La solución más ventajosa que permite resolver los diversos condicionantes que plantea el encaje de la estructura es la de un puente pórtico con luces entre ejes de apoyos 40-181.5-40 m que permiten plantear un tablero de luces 60-132-60.

El tablero tiene un ancho de 11.30 m constituido por dos carriles de 3.50 m, dos arcones laterales de 1.75 m y dos espacios para alojar las barreras de 40 cm.

En planta, el trazado es recto, salvo los 70 m situados sobre el estribo 1, que se encuentran inscritos en una clotoide.

En alzado el tablero es prácticamente horizontal, con una pendiente del 0.3%. Las dos células del puente son ligeramente distintas para adecuarse mejor al terreno. Esta variación se refleja únicamente en la altura existente entre el eje de apoyos al tablero.

Ambas células están constituidas por dos pilas inclinadas (frontal y dorsal) y una sección del tablero. En ambos casos el ancho de los tres elementos es de 5.50 m y se ha simplificado al máximo su geometría para mantener el precio final del puente lo más contenido posible.

La pila inclinada frontal es hueca, rectangular de 3.5 m de canto y paredes de 35 cm de espesor.

La pila inclinada dorsal es maciza, rectangular de 2.5 m de canto. Se ha proyectado maciza para aumentar el peso de la parte de la estructura situada en los vanos laterales y disminuir la reacción vertical en los estribos.

El tablero situado sobre la célula es de hormigón pretensado de canto variable según una parábola de segundo grado. El canto máximo sobre la pila es de 6.5 m y el mínimo en el estribo es de 3.50 m. El espesor de las almas es de 50 cm y el del fondo es linealmente variable de 50 a 25 cm.

La cimentación de las dos células se realiza en roca con dos zapatas de 10x6 m² sobre las que se sitúan directamente los aparatos de apoyo.

Los apoyos de la célula 1 son de neopreno teflón (tipo POT) de 4500 Mp de capacidad y se han dispuesto uno móvil y el otro guiado longitudinalmente a la estructura.

Los de la célula 2 son de la misma capacidad, pero en ella se materializa el punto fijo de la estructura.

Los estribos en esta ocasión reciben una carga ascendente de la estructura. Por esta razón se han dimensionado para que con el peso de tierras del trasdós del muro se equilibre la reacción ascendente del tablero debida al peso propio del tablero y la carga permanente.

La reacción ascendente de las sobrecargas se equilibra con unos anclajes definitivos al terreno que anclan el estribo al mismo. Se han previsto seis anclajes definitivos al terreno, de los cuales los tres situados en la puntera son accesibles para su mantenimiento.

El tablero en su vano central está resuelto con una sección cajón de acero autopatinable (corten). El vano central de 132 m mantiene la variación parabólica de su canto de 6.00 m en arranques a 3.50 m en el centro de vano.

El núcleo metálico es de 5.00 m de ancho (50 cm más estrecho que la sección de hormigón), para garantizar un contacto adecuado entre el acero y el hormigón a través de una chapa frontal de reparto.

Dado que el tablero metálico obliga a utilizar prelosas para el hormigonado de la losa de compresión, se ha planteado el empleo de esas mismas prelosas para el hormigonado de la losa superior de la totalidad del tablero.

4. Procedimiento constructivo general del puente

La geometría del puente está condicionada fuertemente por lo escarpado de las laderas del valle (al menos en el estribo 1), por la presencia del pantano y por la presencia de la vía del ferrocarril.

La decisión de adoptar para el tramo central del puente un cajón metálico está condicionada por el hecho de minimizar la reacción ascendente que se produce en el estribo por la gran descompensación de sus vanos.

Sin embargo, resulta complicado colocar una pieza metálica de 132 m de longitud que se encuentra situada sobre el pantano.

En el estribo 1, la célula de hormigón vuela sobre el pantano unos 25 m. En el estribo 2, la presencia del ferrocarril hace que la totalidad de la célula esté en la vertical de la tierra.

Durante la concepción del puente se decidió plantear el procedimiento constructivo con dos maniobras que podríamos catalogar como de poco usuales.

Por un lado, se decidió construir la célula 1 paralela al pantano y posteriormente girarla algo menos de 90°. Con esto se evitaba plantear el cimbrado de la misma sobre el pantano.

Por otro lado se decidió montar el cajón en una zona adecuada del pantano y trasladarlo por flotación hasta la vertical del puente para, posteriormente izarlo a su posición definitiva.

Dada la asimetría que la ubicación del puente presenta con las márgenes del agua, no era posible flotar la totalidad de la longitud, sólo era posible flotar los 84 m centrales. Por esta razón se montaron por medios convencionales los 24 m iniciales en cada estribo de la estructura metálica.

5. Giro de la célula 1 de hormigón

La maniobra de giro necesaria para evitar cimbrar la célula sobre el agua del pantano se planteó de la única forma posible (dada la complicada orografía del tablero), consistente en el empleo de una corona de giro de tan solo 5 m de diámetro situada sobre la zapata (Fig. 2).

Recordemos que sobre esos 5 m debía pivotar una estructura de 2700 Mp de peso, 27 m de altura y 62 m de longitud.

Sobre la zapata de giro se dejó una separación de un metro con la base de la célula que permitía hormigonar dicha corona de giro y posteriormente, con demoliciones parciales, restituir los apoyos definitivos del puente.



Fig.2 Corona de giro

La corona era un muro de hormigón de 40 cm de ancho sobre el que se alojaban unas almohadillas de neopreno-teflón. Sobre la cara inferior de la célula se disponía una chapa de acero inoxidable, como superficie de deslizamiento, que posteriormente se retiraba junto con las almohadillas y la corona.

Durante el hormigonado se dejaban previstos unos agujeros pasantes que permitían colocar los pernos de anclaje de los aparatos de apoyo definitivos. Estos mismos taladros permitían posteriormente hormigonar el mortero de nivelación necesario en el contacto POT-hormigón.

Adicionalmente a dicha corona de giro se disponía un POT de giro colocado sobre el eje de rotación de la pieza. Este POT tenía la función de evitar que durante el giro la célula perdiese su eje.

La pieza, por supuesto, no era simétrica y de hecho, estaba proyectada para pesar más del lado de tierras, recordemos que la pila dorsal era maciza.

Durante el hormigonado de la célula se dejó sin hormigonar una parte de dicha pila inclinada dorsal de modo que la pieza estuviera equilibrada.

Se previó el empleo de cuatro gatos de 1000 Mp de capacidad que, colocados en las cuatro esquinas de la plataforma de giro, permitieran efectuar una comprobación del desequilibrio de la pieza.

La tensión media de los neoprenos durante el giro fue de 9 Mpa y en estas condiciones, el rozamiento obtenido durante todo el proceso fue del orden del 1%, es decir, la fuerza que fue necesario aplicar para producir el giro fue de 30 Mp.

Como sistema de tiro se emplearon dos gatos de heavy-lifting que estaban anclados en la base de la zapata y tiraban de la célula de forma opuesta, induciendo un par de giro.



Fig.3 Giro de la célula 1

6. Traslado por flotación e izado del cajón central

El único lugar adecuado para poder montar el cajón metálico se encontraba en el balneario de Arnoia. Este balneario se encuentra situado 5 Km aguas arriba del emplazamiento del puente.

Para remolcar y maniobrar una pieza de 84 m de longitud y 5 m de ancho, con un peso de 230 Mp, se emplearon dos pequeños remolcadores tipo "zodiac" con casco metálico de una empresa especializada del puerto de Vigo.

La navegación se desarrolló a una velocidad de un nudo y duró cinco horas.

Un cajón metálico de estas características tiene un problema de exceso de flotabilidad, lo que crea problemas de inestabilidad. Para solventar estos problemas se dispusieron cuatro flotadores, dos a cada lado del cajón, de modo que la reacción vertical de dichos flotadores garantizase la estabilidad incluso para condiciones de fuerte viento (Fig. 4).



Fig.4 Flotación del cajón metálico

Una vez situado el cajón en la vertical del puente, se procedió a izar sus 230 Mp de peso con ayuda de cuatro gatos de heavy-lifting situados en dos pescantes colocados en los extremos en voladizo del puente.

Una vez montado el cajón metálico y unido con soldadura a los extremos en voladizo, se procedió a retirar el POT de giro que permanecía en la célula 1 como elemento de fijación temporal de la célula.

Después de esto, se procedió a montar las prelosas y hormigonar la losa superior del vano central.



Fig.5 Izado del cajón metálico