

Viaducto sobre el embalse de Alcántara, caminando hacia la finalización del arco.



Fig. 1: Vista actual del estado general de la obra. (Foto de Carlos Manterola Jara).

El grado de avance del arco es muy elevado, habiendo llegado ya a cubrir más de las cuatro quintas partes de la longitud a salvar. A mediados del mes de junio ha tenido lugar la colocación de la siguiente pareja de grúas sobre el arco, con las que la estructura ya cuenta con todas las estructuras auxiliares para encarar su finalización.

En el presente artículo ponemos el foco en los medios auxiliares empleados para permitir la ejecución de la obra, atendiendo tanto a las características de los medios como la repercusión sobre el propio arco.

Grúas torre sobre zapata:

Como en otros proyectos de envergadura, este proyecto cuenta con estructuras auxiliares de relevancia para permitir su ejecución. Junto a los miles de metros de escaleras de acceso a las pilas de 70 m de altura y torres de atirantamiento de 54 m, plataformas de tesado, escaleras exteriores e interiores del arco, se cuenta con un completo sistema de grúas torre. Para entender la necesidad de dichos medios, se explicará a continuación la operativa seguida para el abastecimiento de materiales a la construcción del arco. Para permitir la ejecución de las primeras 21 dovelas, se contaba con una grúa torre con cabina (el gruista la maneja desde la propia grúa) que inicialmente era de 85 m y tuvo que prolongarse, como estaba planificado desde un inicio, hasta más de 134 m de altura para evitar interferencias con la torre de atirantamiento provisional. Se implantaba junto a la pila donde arranca el arco. Dicha grúa se apoyaba en una zapata micropilotada. Precisaba un arriostamiento a la altura de cabeza de pila, para superar su máxima altura autoestable de 85 m. Una vez se llega a la dovela 21 de las 47

Viaducto sobre el embalse de Alcántara, caminando hacia la finalización del arco.

que constituyen cada uno de los semiarcos, la grúa se destelescala por sí misma y se desmonta con ayuda de autogrúa, cambiándose a su siguiente posición sobre arco.



Fig. 2: Momento en el que la grúa sobre zapata se destelescala para cambiar a la posición 2 sobre arco. Ya se aprecia más baja que la torre provisional de atirantamiento.

Grúas sobre arco:

Posteriormente, esta misma grúa, en su configuración autoestable de 85 m de altura, se monta en la estructura fabricada a tal efecto sobre la dovela 20 de cada semiarco (posiciones 2 de las grúas 1 y 2). Para ello ha sido necesario diseñar una estructura de anclaje que permita la conexión de los pies de la grúa a la superficie inclinada de la dovela, a unos 65 m del nivel de agua embalsada. Debido a las grandes cargas puntuales que transmiten los pies de la grúa con compresiones de más de 510 ton y tracciones de más de 420 ton sin mayorar, se han tenido que realizar unas modificaciones en las dovelas donde se imbrican para asegurar la correcta disipación de esfuerzos. En este caso, gracias a la altura a la que está la pluma, no hay problemas de interferencias con la torre de atirantamiento provisional, permitiendo el giro completo.

Viaducto sobre el embalse de Alcántara, caminando hacia la finalización del arco.

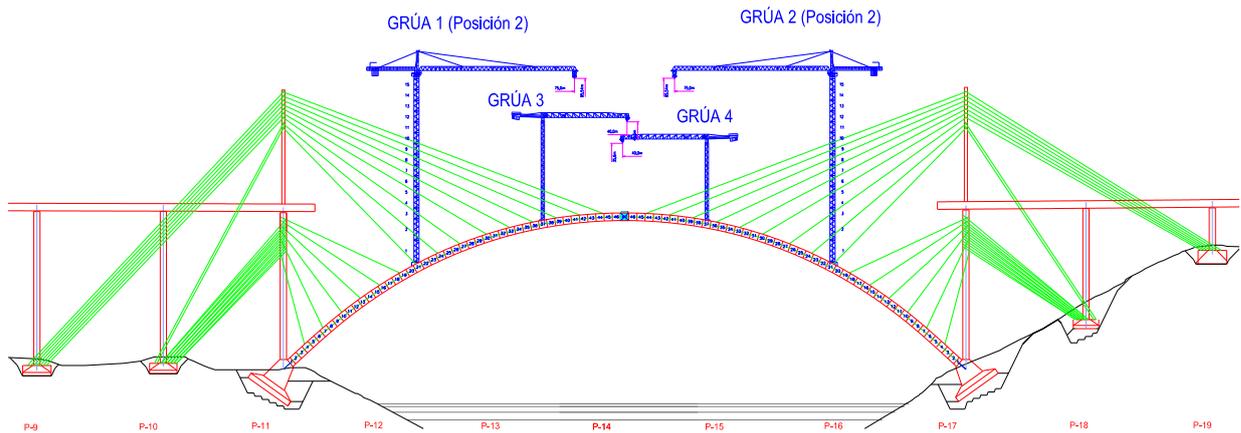


Fig. 3: Esquema de las grúas necesarias para la ejecución de los semiarcos.



Fig. 4: Posición sobre arco de la grúa de 85 m de altura en dovela 20. Se observa la pareja 7 de tirantes delanteros cerca del arranque de la grúa, que van a conectarse con la torre de atirantamiento. Nótese las 6 familias de tirantes que van a la pila.

Una vez se ejecuta la dovela 38, se procede al montaje de las siguientes grúas sobre arco, las grúas 3 y 4, esta vez de 45 y 35 m de altura, que quedan por debajo del radio de acción de la primera grúa sobre arco, siendo su alcance de 45 m. Esta grúa sin cabina posee su anclaje a 85 m sobre el nivel de agua del embalse. Para esta grúa sigue siendo igualmente necesario el refuerzo de la dovela que la recibe, así como la realización de la estructura de conexión de los pies con la superficie de la dovela.



Fig. 5: Detalle de las grúas 3 y 4. La grúa de la izquierda se encuentra colocando cargas en la plataforma de intercambio. Se aprecia la escala gracias a los operarios en la plataforma.

El funcionamiento de la pareja de grúas es posible gracias a una plataforma de intercambio de materiales, situadas en las dovelas 31 y 32. La primera grúa se encarga de abastecer a la plataforma de los elementos que necesita el arco en su avance y que son llevados al frente de fase por la segunda grúa. Los hormigonados se realizan gracias a un juego de dos cubilotes de 2 m³ de capacidad, de manera que mientras que la grúa dos está vaciando uno en el frente de fase, la otra lo está llenado directamente de la cuba de hormigón en el plinto.

Las grúas han sido comprobadas frente a fenómenos aeroelásticos, no presentando problemas de resonancia.

Regulación de la inclinación de la base:

Debido a los giros que experimentan las dovelas durante el proceso constructivo, es preciso que las estructuras de conexión de las bases de las grúas a las dovelas sean regulables en inclinación, para cumplir los estrechos márgenes de horizontalidad establecidos por el fabricante del medio auxiliar. Para ello, gracias al trabajo conjunto del equipo de la oficina central en Madrid y a los ingenieros a pie de obra, se realizó el diseño de una estructura regulable en todas las direcciones. Gracias al empleo de un gato hidráulico de 250 ton de capacidad, se puede regular la inclinación de la base, introduciendo unas galgas preparadas al efecto. El sistema de regulación ha sido implantado en pocas ocasiones en el mundo.

Viaducto sobre el embalse de Alcántara, caminando hacia la finalización del arco.



Fig. 6: Estructura de anclaje de la grúa 1 sobre arco.

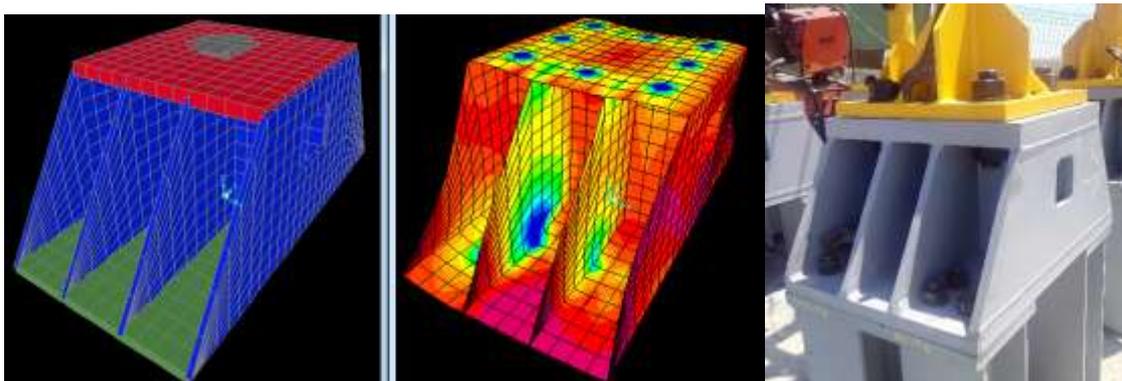


Fig. 7: Vistas del Modelo de Elementos Finitos (MEF) realizado para el diseño de la estructura de conexión de las grúas en posición 2 sobre el arco y del resultado a escala real.

Refuerzos interiores de las dovelas:

En cuanto a los refuerzos de las dovelas para recibir las cargas concentradas procedentes de las grúas, se han realizado en la dovela 20 unos diafragmas en forma de PI, que son hormigonados a la vez que el resto de la dovela, gracias a la eliminación en su mayor parte del encofrado

interior del carro, prescindiendo de conectores de ferralla. Así mismo, los diafragmas tienen unas vainas por las que entran las barras Dywidag de $\varnothing 26.5$ mm que sirven para soportar las tracciones procedentes de las estructuras de conexión de las grúas a la dovela. Los carros de encofrado tienen limitado el volumen máximo de hormigón a realizar en un solo hormigonado, pues está limitada la carga que resisten. Por ello, fue necesario realizar esta dovela junto con los diafragmas en dos fases de hormigonado distintas, logrando la conexión entre hormigones con empalmes por solapo, sin tener que ir a soluciones con empalmes mecánicos (manguitos), siempre más caras para diámetros grandes.

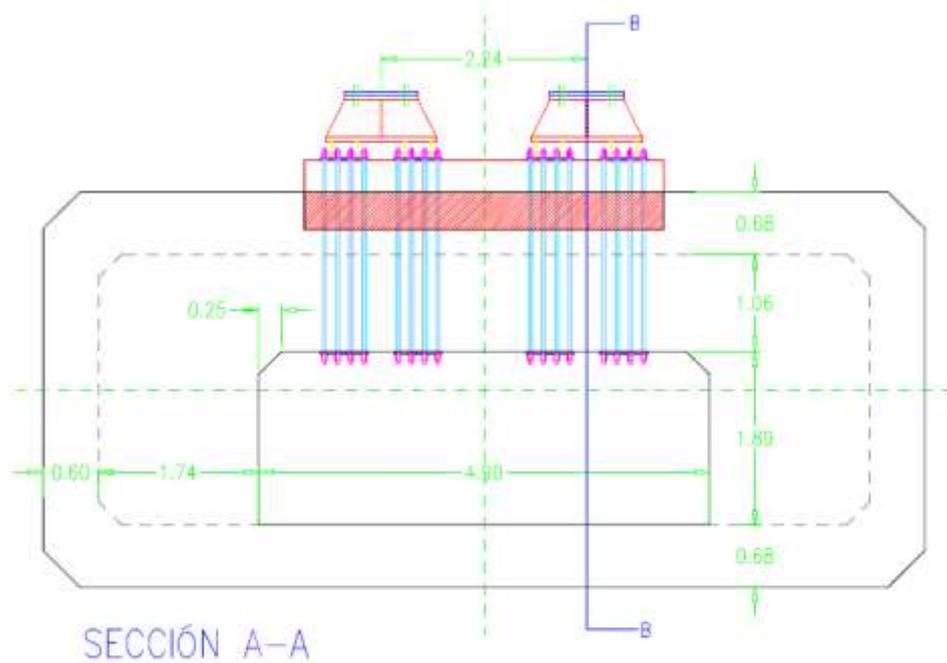


Fig. 8: Sección transversal de la dovela que recibe las grúas de 85 m de altura. Nótese las barras Dywidag que conectan la estructura de anclaje a los diafragmas en forma de PI.

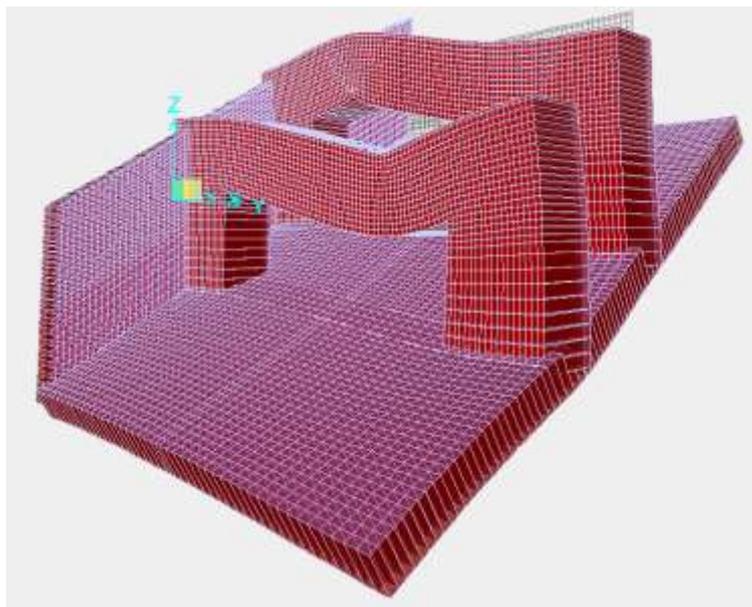


Fig. 9: Modelo de elementos finitos para comprobar sobre los diafragmas el efecto de tracción en un pie y compresión en los otros (pluma en posición diagonal). Se eliminan de la vista la pared derecha y la losa superior.

En el caso de la grúa en posiciones 3 y 4 sobre arco, en la dovela 36, debido a que las cargas que transmite son menores y el menor ancho de la dovela que desemboca en unas flexiones menores, ha sido suficiente con aumentar el canto de la losa superior y reforzar con armadura pasiva, embebiendo unas placas de acero con resistencia mejorada a la deformación en la dirección perpendicular a la superficie del elemento (Z25) donde se sueldan las estructuras de conexión de la grúa a la dovela, generando una solución muy limpia y fácil de llevar a cabo.

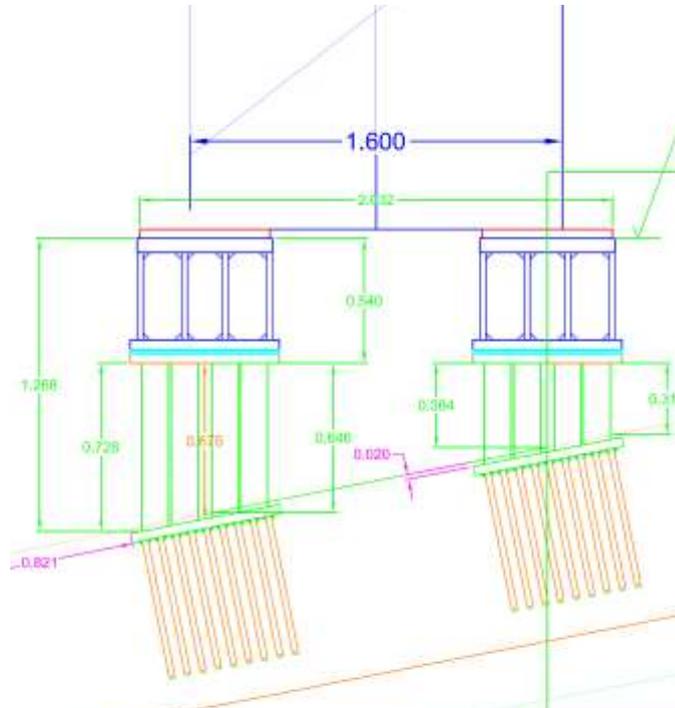


Fig. 10: Representación del alzado de la losa superior donde se insertan los conectores de las placas de anclaje, a la que, una vez hormigonada la dovela, se sueldan las estructuras de anclaje.

En resumen, para el diseño de las soluciones de refuerzo de las dovelas donde se imbrican las grúas, ha sido necesaria la estrecha colaboración del equipo redactor del proyecto con el equipo técnico a pie de obra, en conjunción con Producción, Topografía, Calidad, Seguridad, Aprovisionamiento y demás partes implicadas en la obra, consiguiendo llegar a la solución más ventajosa teniendo en cuenta criterios técnicos resistentes, de seguridad, plazo, sencillez en la ejecución y economía, resaltando la importancia del trabajo conjunto de los equipos multidisciplinares en torno al proyecto.

Autor: Luis Miguel Salazar Martín.

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Carlos Fernández Casado, S.L.