

Construcción del viaducto sobre el río Narcea

Bridge construction over the Narcea River

Eduardo Ramón Montes de Frutos

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

ACCIONA Infraestructuras S.A.

Jefe de Departamento

emontes@acciona.com

Laura Valdizán Arcera

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

ACCIONA Infraestructuras S.A.

Jefe de Obra

laura.valdizan.arcera@acciona.com

Pablo González Pereda

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

ACCIONA Infraestructuras S.A.

Jefe de Oficina Técnica

pablo.gonzalez.pereda@acciona.com

RESUMEN

El viaducto sobre el río Narcea tiene una longitud de 875 m distribuidos en siete vanos, con un vano central de 175m. La cimentación de las pilas y estribos es profunda, con pilotes de 2000 mm de diámetro, excepto en la pila 1. Las 6 pilas están ejecutadas con encofrado trepante, y tiene una altura comprendida entre los 44 y 63 metros. La sección del tablero es un cajón monocelular de canto variable. Para la ejecución del tablero se están usando dos parejas de carros de voladizos sucesivos, lo que permite ejecutar simultáneamente 4 dovelas de 5 metros lo longitud cada una. Estos carros permiten ejecutar el tablero a sección completa (23,20 m).

ABSTRACT

The bridge over The Narcea River (875 meters long) is divided in seven spans. The central span is 175 meters long. The foundations of piers 2 to 6 are deep with piles of 2000 millimeters of diameter. The foundation of pier 1 is superficial. The bridge has 6 piers with heights between 44 and 63 meters. Shafts are built using climbing formwork. The deck form is a single box cross section with variable thicknesses. Two pairs of form traveller are used for the construction. It allows to build 4 segments of the deck simultaneously. Each segment is 5 meters long. Central box and the cantilever sides of the deck (23.20 meters wide in total) are built at the same time

PALABRAS CLAVE: viaducto, voladizos sucesivos, cajón mono celular, sección completa.

KEYWORDS: bridge, consecutive cantilevers, single box cross section, entire section.

1. Introducción

El viaducto sobre el río Narcea es el elemento más representativo del tramo de autovía Doriga – Cornellana, perteneciente a la A-63 Oviedo – La Espina. Las obras son propiedad del Ministerio de Fomento, siendo la empresa adjudicataria Acciona Infraestructuras S.A.

El viaducto sobre el río Narcea tiene una longitud de 875 m, con una distribución de luces de 100 m + 130 m + 160 m + 175 m + 130 m + 100 m + 80 m. La anchura del tablero es de 23,20 m para poder alojar dos calzadas de 2,5 m + 3,5 m + 3,5 m + 1 m y las defensas correspondientes. La planta del viaducto no es recta. Está constituida por un radio de entrada de 750 m y otro de salida de 700 m y en el centro una alineación recta de 473 m de longitud. La rasante tiene una pendiente longitudinal del 5% y un peralte transversal variable. El peralte de entrada es del 7,8% hacia la margen derecha según avance de PKs, y el peralte de salida es del 8% hacia la margen izquierda. El punto de peralte 0% se encuentra en las inmediaciones de la Pila 2.

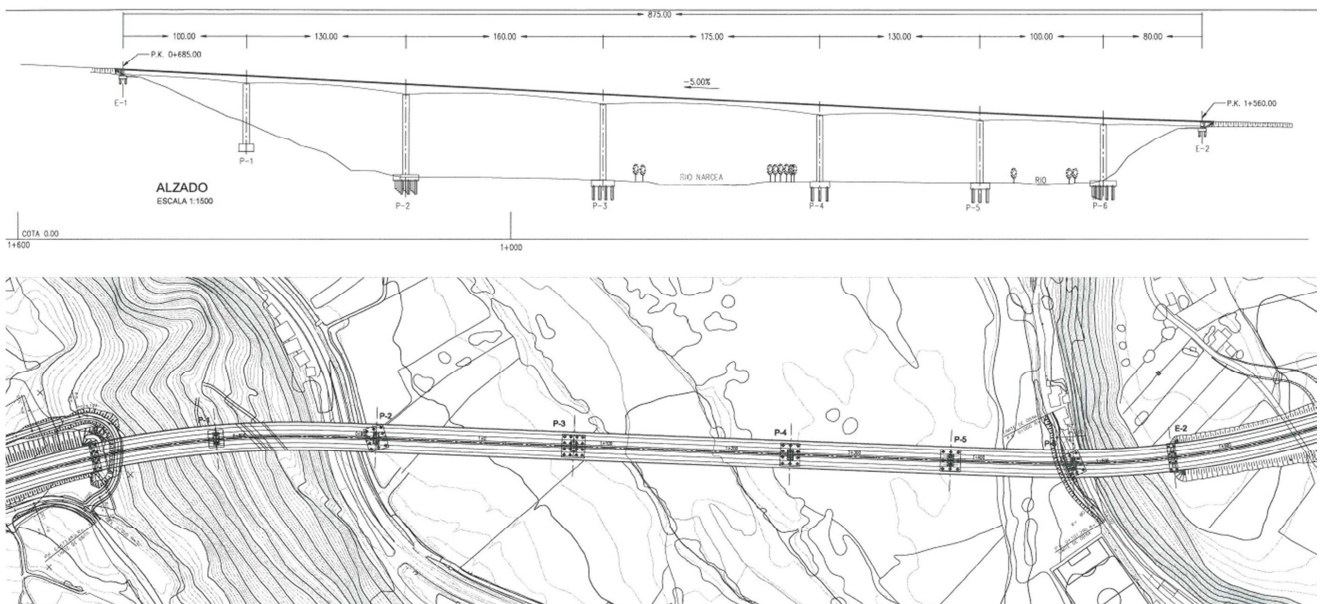


Figura 1. Planta y alzado de la estructura

El tablero ha sido proyectado como un cajón mono celular con canto variable entre 8 m en los apoyos de los vanos de más luz (pilas 2, 3 y 4) y 4 m en el centro de luz.

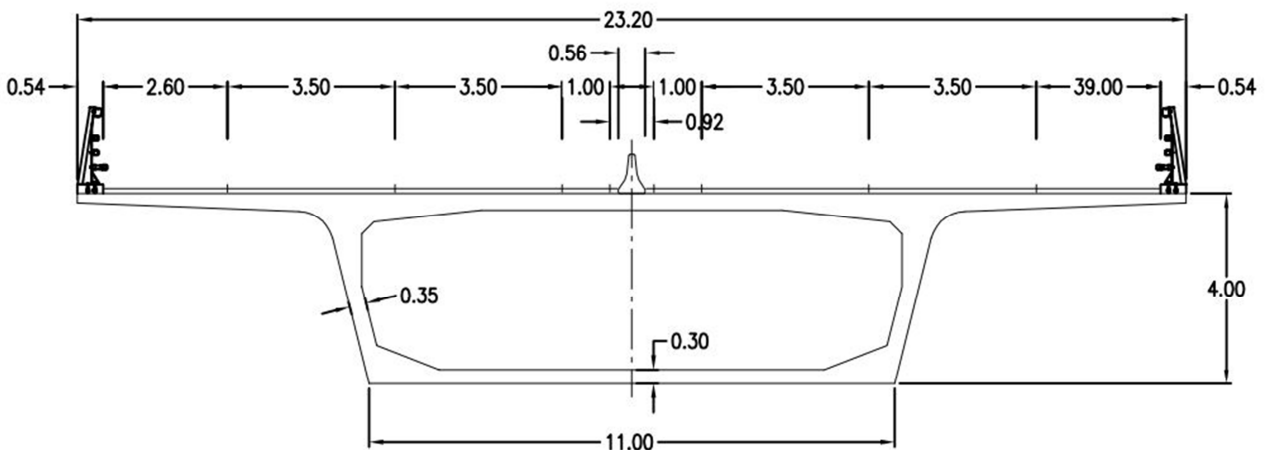


Figura 2. Sección transversal por centro de vano

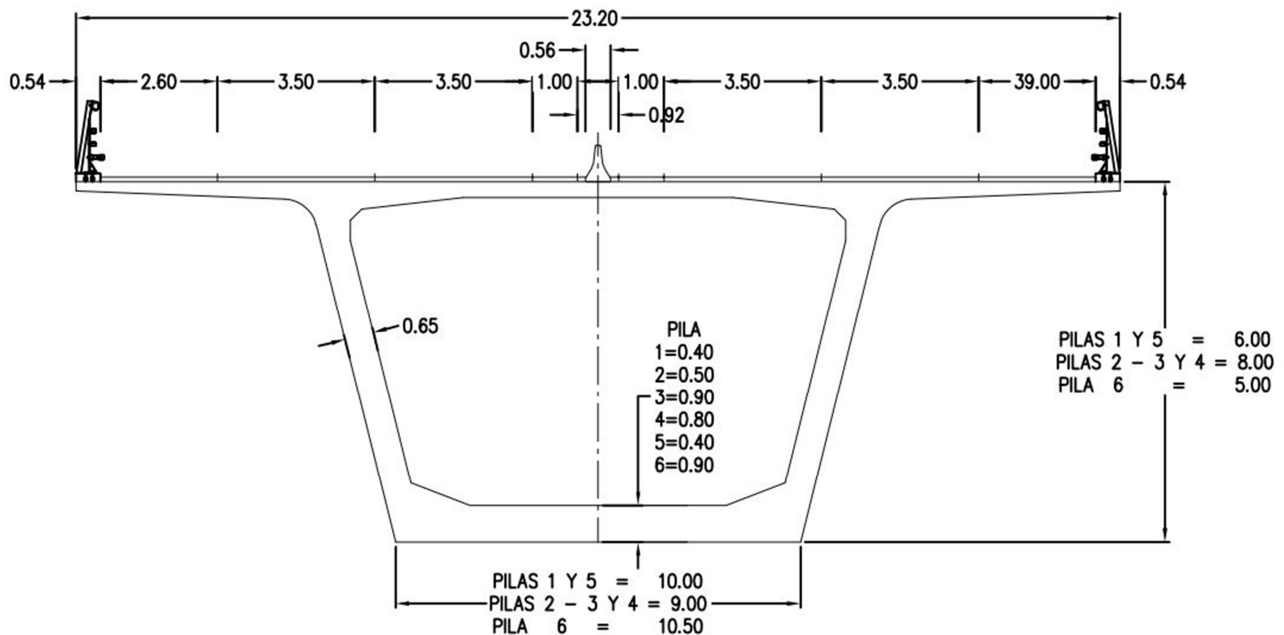


Figura 3. Sección transversal por pilas

Las pilas, con alturas comprendidas entre los 44 y los 63 metros, son de sección rectangular hueca, excepto la parte superior del capitel que es maciza. Tienen anchura constante e igual a 5 m y canto variable. La variación del canto es la misma, siendo el espesor de las paredes 0.8 m y el canto máximo inferior de 9.3 m en la pila más alta, la P2.

Todas las cimentaciones de pilas y estribos son profundas, excepto en la P1, con pilotes de diámetro 2000 mm en pilas y 1500 mm en estribos, y longitud comprendida entre 10 metros (Pila 6) y 39,60 metros (Pila 2). La Pila 1 se resolvió mediante cimentación superficial. La construcción de los fustes se ha realizado mediante encofrado trepante.

2. Proceso Constructivo

2.1. Cimentaciones

2.1.1. Cimentaciones superficiales

La única cimentación superficial ha sido la de la Pila 1. La zapata tiene unas dimensiones de 14,5 x 12,5 m y un canto de 4,5 m. El hormigón empleado es un HA-25.

2.1.2. Cimentaciones profundas

Las pilas 2 a 6 y los dos estribos han sido ejecutados mediante una cimentación profunda con pilotes de 2000 mm de diámetro en pilas y 1500 mm en estribos, y longitud comprendida entre los 10 m (Pila 6) y los 39,6 metros (Pila 2). En la cimentación de cada pila se dispone de 12 pilotes y en la de cada estribo de 8 pilotes.

En el interior de los pilotes se dejan provistos 4 tubos metálicos para la auscultación del mismo mediante control sónico y para las posibles inyecciones. El hormigón empleado en los pilotes es un HA-25

Debido a la ausencia de cavidades, no fue necesario la entubación de los pilotes (salvo los 3 primeros metros con camisa recuperable), ni realizar ningún tratamiento específico en el terreno.

El equipo utilizado para la excavación de los pilotes fue de hélice continua, y el rendimiento medio obtenido fue de 1,5 ml/h.

2.2. Pilas y Estribos

2.2.1. Pilas

El viaducto consta de 6 pilas. Las mismas son de sección rectangular hueca, excepto en la parte superior del capitel en la que es maciza.

Mirado desde el punto de vista de los PK crecientes, las pilas tienen una altura de 48,63 m (P1); 76,11 m (P2); 63,91 m (P3); 58,17 m (P4); 52,12 m (P5) y 49,94 m (P6).

Las pilas tienen anchura constante e igual a 5,00 m y canto variable. El espesor de las paredes es de 0,8 m y el canto máximo inferior de 9,3 m en la pila más alta, la P2. El fuste de las pilas ha sido ejecutado con encofrado trepante con la ayuda de grúa torre. Cada trepa tiene una longitud de 5 m. El rendimiento obtenido en la ejecución de las trepas ha sido de una trepa cada 3 o 4 días.

El hormigón empleado en la ejecución de las pilas es un HA-35, excepto en las 2 tongadas superiores de las pilas 2, 3 y 4 donde se ha utilizado un HA-60.



Figura 4. Encofrado trepante para ejecución de pilas.

Para la ejecución de los capiteles de las pilas, ha sido necesario el empleo de otro equipo específico de encofrado. El capitel de las pilas 2, 3 y 4 ha sido ejecutado en 3 fases, mientras que el de las pilas 1, 5 y 6 ha sido ejecutado en 4 fases. La última fase de capitel en cada pila corresponde a la sección maciza.

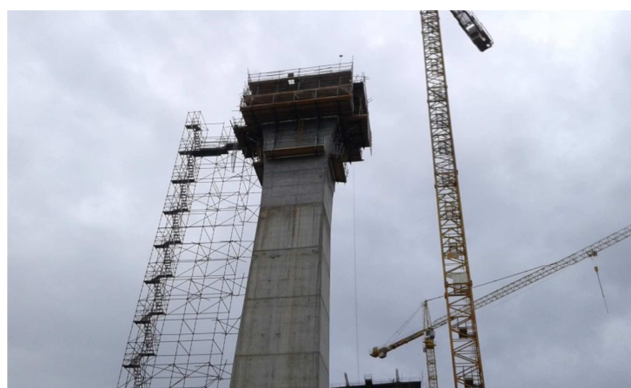


Figura 5. Encofrado para ejecución de capitel en las pilas.

2.2.2. Estribos

Los estribos del viaducto del Narcea son de altura variable por el peralte del viaducto y disponen de apoyos tipo POT para la unión con el tablero. Entre los estribos y el tablero se dispone de sendas juntas de dilatación, siendo de 10 cm en el estribo 1 y de 15 cm en el estribo 2.



Figura 6. Ejecución del alzado del Estribo 1.

2.2.3. Pilas Provisionales

Debido a la asimetría del vano 1 y del vano 7, ha sido necesario ejecutar dos pilas provisionales para el apoyo del voladizo durante la fase de construcción. Estas pilas tienen alturas variables entre 8 y 15 metros y las cimentaciones se han ejecutado mediante pilotes de diámetro 1500 mm y longitud comprendida entre 17 y 22 metros.



Figura 7. Pila provisional en vano 7.

2.3. Tablero

La sección del tablero es un cajón mono celular de canto variable, adoptando como sistema constructivo el de avance mediante voladizos sucesivos. Para la construcción se han utilizado dos parejas de carros, una en cada margen del río, ejecutándose de manera simultánea 4 dovelas de una longitud de 5 metros cada una.

2.3.1. Dovela cero

Una vez completadas las pilas, el primer paso para la construcción del tablero es la ejecución de la Dovela Cero sobre cada pila, que servirá de apoyo para los carros de voladizos sucesivos.

En este viaducto existen dos tipologías de dovelas cero, en función del tipo de unión entre el tablero y cada pila. Las pilas 1, 5 y 6 están apoyadas en el dintel mediante apoyos tipo POT y las pilas 2, 3 y 4 están empotradas. Sin embargo, durante el proceso constructivo las pilas 1, 5 y 6 también se encuentran empotradas. Este empotramiento provisional se realiza mediante un tesado vertical. La dovela se apoya en la pila mediante unos apoyos elastoméricos sobre unos dados de hormigón. Desde el empotramiento en la pila, el dintel sale con dos dovelas de 5 m

(dovela cero), que alojan la riostra sobre pila. Estas tienen forma triangular con el fin de facilitar la transmisión de tensiones a las pilas, desde las solicitaciones diferentes de los dos vanos que salen desde ellas.

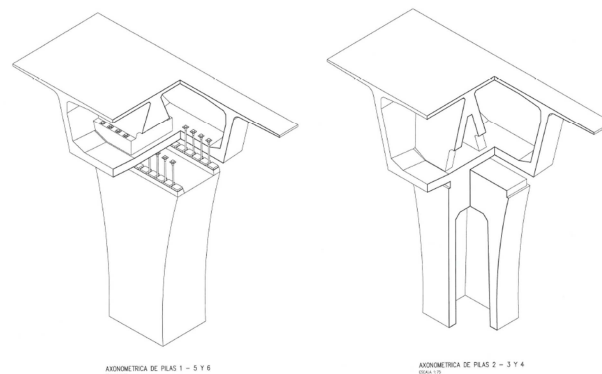


Figura 8. Dovelas apoyadas (izquierda) y dovelas empotradas (derecha).

Para la ejecución de las dovelas cero se han empleado dos equipos de encofrado específicamente diseñados para este proyecto.

Previo a la ejecución de las dovelas, en las pilas se han ejecutado las ventanas de apoyo y los anclajes necesarios para la sujeción de las consolas de gran carga sobre las que se apoyarán posteriormente los equipos de encofrado de dovela cero.

El hormigonado de las dovelas cero se ha realizado en 3 fases de vertido: losa inferior, hastiales y losa superior (incluso alas). El hormigón empleado en el tablero del viaducto es un HP-60/F/20/IIa conforme a los resultados de cálculo emitidos por el proyectista del mismo y que así quedan recogidos en el Proyecto de Construcción.

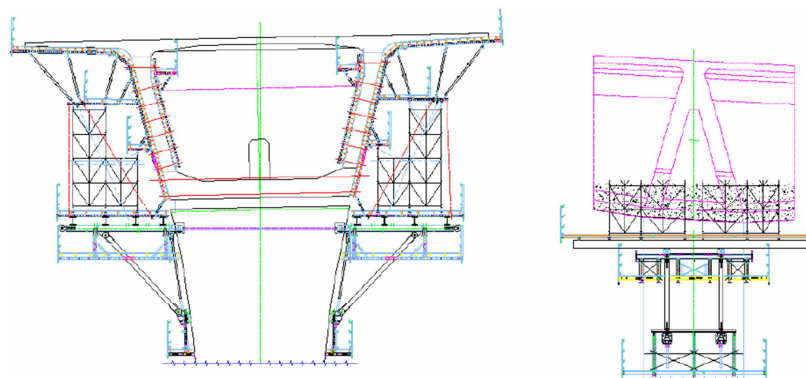


Figura 9. Equipo de encofrado Dovela Cero.

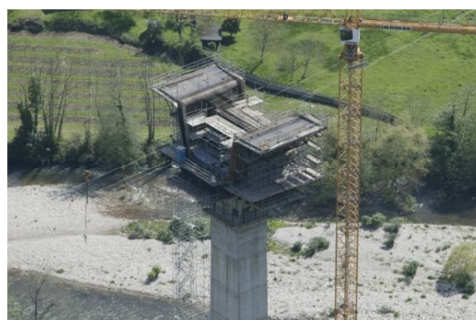


Figura 10. Ejecución Dovela Cero en Pila 4.

Una vez hormigonadas las 3 fases, y alcanzada la resistencia esperada, se procede a desencofrar y a desmontar el equipo de dovela cero. A continuación se comienza con la instalación de los carros de voladizos sucesivos.

2.3.2. Carro de Voladizos Sucesivos

Como ya hemos indicado, el viaducto tiene 875,0 m de longitud, 6 pilas y 7 vanos. El canto es variable entre 4 y 8m.

El tablero ha sido ejecutado empleando el sistema constructivo de avance mediante voladizos sucesivos. Se han empleado dos parejas de carros, una en cada margen del río, por lo que se han podido ejecutar simultáneamente 4 dovelas. Cada dovela tiene 5 metros de longitud.

Una de las peculiaridades de este viaducto es que la anchura total del tablero (23,20 metros) se ejecuta a sección completa con los carros. Esto ha implicado una reducción significativa de los plazos de ejecución.

Los carros de encofrado mediante voladizos sucesivos utilizados están diseñados para realizar dovelas de 5 metros de avance con un momento máximo de 1.200 Tnxm. Se compone de los siguientes elementos:

- Estructura portante principal
- Sistema de desplazamiento
- Encofrado interior y estructura portante
- Encofrado exterior y estructura portante
- Encofrado solera o plataforma inferior.
- Sistemas hidráulicos para accionamiento del carro.

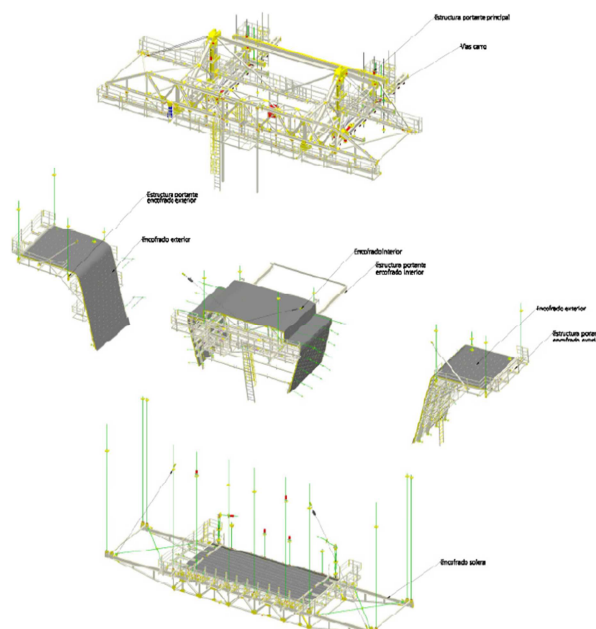


Figura 11. Partes del Carro de Voladizos Sucesivos.

El montaje del carro sobre la dovela cero se realiza en varias fases:

- En primer lugar se han montado la estructura portante principal y el sistema de desplazamiento, con las grúas torre.



Figura 12. Montaje del carro de voladizos sucesivos

- Posteriormente se realiza el izado y montaje de los encofrados laterales
- Finalmente se suben los fondos del carro



Figura 13. Montaje del carro de voladizos sucesivos

Para poder montar ambos carros sobre la dovela cero, estos han de trabajar solidariamente y sobre la misma viga de desplazamiento. Esto es lo que se conoce como Cross-Member.



Figura 14. Cross-member en Dovela Cero sobre Pila 4

Una vez ejecutadas estas primera pareja de dovelas, cada carro funciona independientemente. No obstante se mantiene una simetría de hormigonado para mantener el equilibrio estructural de las ménsulas durante su construcción.



Figura 15. Ejecución del tablero en Pila 2

La secuencia de trabajo implica el hormigonado de una pareja de dovelas cada 7 días laborables. Al disponer de dos parejas de carros, esto se traduce en un rendimiento de 20 m de tablero cada 7 días de trabajo. La secuencia de trabajo es la siguiente:

- Día 1: Hormigonado de la dovela anterior.

Esta fase lleva todo el día y se realiza mediante una bomba autopropulsada desde la base de la Pila. En nuestro caso se ha utilizado una bomba de 25 m y a partir de esta altura se dispone en la pila de un andamio y de una tubería vertical de bombeo que llega hasta la dovela a hormigonar.

Parte de la problemática del inicio de los trabajos consistió en determinar el cono de Abrams del hormigón HP-60 que había que utilizar. Esto es debido a que con un bombeo en vertical de unos 70 metros de altura, por efecto de la presión, la plasticidad del hormigón es muy variable, siendo necesario realizar numerosas pruebas hasta conseguir que el estado del hormigón vertido en la dovela fuese óptimo.

- Día 2: Curado de Hormigón, Tesado de Acero Activo y Desencofrado.

Una vez el hormigón ha alcanzado la resistencia requerida, se procede al tesado del acero activo (en esta fase inicial se corresponde con el tesado superior de proceso) y al desencofrado del carro. Dadas las limitaciones de las grúas torre ha sido necesario contar con una pequeña grúa autopropulsada en el interior del tablero para realizar las labores de tesado.

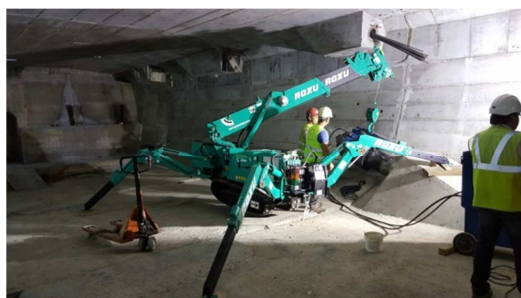


Figura 16. Tesado en el interior del tablero

- Día 3: Movimiento de los carros.

Una vez se ha tomado topográficamente los puntos de control del viaducto, se procede a analizar dichos datos por parte de la empresa calculista del Proyecto (en nuestro caso CFC S.A.) y a calcular la contraflecha necesaria a aplicar sobre la siguiente dovela. Con

dichos resultados, se procede a colocar topográficamente los carros en su posición adecuada.

- Día 4, 5 y 6: Colocación de acero pasivo.

Son necesarios 3 días para la colocación del acero pasivo. En primer lugar se coloca el acero del fondo y los hastiales. A continuación se mueve el encofrado interior del carro de voladizos, y con esto ya se puede colocar el acero de la losa.

- Día 7: Tapes y Vainas.

Durante este día se procede a realizar los tapes en el frente de la dovela, y a colocar las vainas donde, una vez hormigonado, se colocará el acero activo

2.3.3. *Dovelas de cierre*

La dovela de cierre es la dovela de unión de dos ménsulas de pilas contiguas que ponen fin a la ejecución del dintel de un vano. Estas dovelas requieren de la ejecución de unos perfiles metálicos que sirven para que ambas ménsulas trabajen solidariamente antes del hormigonado

La soldadura del perfil metálico al casquillo, lo cual bloquea el movimiento, se realiza de noche. Con esto se consigue evitar lo movimientos provocados por la temperatura diurna y por los gradientes térmicos.



Figura 17. Bloqueos en dovela de cierre

2.3.4. *Dovelas Cimbradas*

Las 3 dovelas más próximas a cada estribo, debido a la cercanía del terreno, no han podido ser ejecutadas con los carros de voladizos sucesivos (la altura del carro era superior a la altura existente hasta el terreno natural). La ejecución se ha realizado mediante encofrado sustentado por cimbra.

Las 3 dovelas se han hormigonado al mismo tiempo y en dos fases. En una primera fase se ha hormigonado el fondo y los hastiales, y en una segunda la losa superior.



Figura 18. Ejecución de dovelas cimbradas en Estribo 1.

2.3.5. Finalización del tablero

Como se ha explicado anteriormente, en las pilas 1, 5 y 6 se ha empotrado el tablero provisionalmente durante la fase de construcción. Una vez se han terminado los vanos contiguos a cada pila, se puede proceder al corte del acero pretensado y a la demolición de los bloques de hormigón, con lo que la dovela queda apoyada sobre el POT.

Lo mismo ocurre con las pilas provisionales. Mediante el uso de unos gatos hidráulicos se procede a la retirada de los apoyos elastoméricos y a la demolición de las propias pilas.

Una vez el tablero ha sido finalizado completamente, se procede al tesado y posterior inyección del acero activo de servicio.

2.4. Instrumentación del viaducto

Para el correcto desarrollo de los trabajos de montaje y construcción del viaducto, se ha contado con un sistema de instrumentación que permite controlar con precisión los parámetros estructurales más significativos. Dicho sistema consta de:

- Sensores estáticos en la sección de empotramiento de la P3 con su cimentación (6 extensómetros).
- Sensores de temperatura en la base de la P3 (4 termómetros)
- Clinómetros en la cabeza de todas las pilas (en la P3 clinómetro transversal)
- Sensores estáticos en la sección de empotramiento del tablero en la Pila 3 (12 extensómetros).
- Sensores estáticos en la sección central del vano 4 (6 extensómetros).
- Sensores de temperatura en el tablero (4 termómetros)

Esta instrumentación es actualizada y procesada en tiempo real, permitiendo un acceso remoto a los resultados



Figura 19. Viaducto sobre el río Narcea.

Agradecimientos

Agradecer a todas las personas que han estado involucradas en el proyecto y en la exitosa ejecución del mismo. En este agradecimiento expresar nuestro más sincero reconocimiento a todas las empresas subcontratistas por el esfuerzo desempeñado, al Ministerio de Fomento al que pertenece la obra, al proyectista del Viaducto Carlos Fernández Casado S.A. por su implicación y a nuestra Dirección de Ingeniería de ACCIONA Infraestructuras S.A. por su apoyo.