

EXPERIENCIAS RECIENTES EN LA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA DE PUENTES DE FERROCARRIL

RECENT EXPERIENCE OF INDUSTRIALIZED CONSTRUCTION OF RAILWAY BRIDGES

FELIPE TARQUIS ALFONSO. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Jefe de la División de Estructuras O. C. Asesoría Técnica. DRAGADOS.
Avda. de Tenerife 4-6. 28700 San Sebastián de los Reyes. Madrid.

RESUMEN: Se presentan dos tipos de puentes para FFCC realizados por DRAGADOS y su compañía filial DRACE, que se pueden considerar industrializables, y que son los viaductos de hormigón pretensado empujados y los puentes continuos de vigas prefabricadas. Se analizan sus ventajas y su ejecución, prestando atención a los elementos necesarios para construirlos y a las fases de ejecución, así como a sus elementos más peculiares.

PALABRAS CLAVE: PUENTE, FFCC, INDUSTRIALIZABLE, HORMIGÓN, EMPUJE, PREFABRICADO

ABSTRACT: The article presents two types of railway bridge constructed by DRAGADOS and their subsidiary DRACE, which may be considered to be industrially constructed. These consist of launched prestressed concrete viaducts and continuous precast beam bridges. The author comments on the advantages and construction of these bridges and describes the components required in construction, the erection stages and the most outstanding elements required in the same.

KEYWORDS: BRIDGE, RAILWAY, INDUSTRIALIZED, CONCRETE, LAUNCH, PREFABRICATED

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años el Dragados ha participado en la construcción de varios tramos del tren de alta velocidad. De la experiencia acumulada durante los últimos años, caben destacar dos puentes o tipos de puente específicos. Cada uno de estos puentes aporta un cierto valor, siendo estos valores diferentes entre sí y, hasta cierto punto, complementarios.

Estos dos puentes / tipologías son:

- Los *viaductos de hormigón empujados*, tan usuales en las líneas de ferrocarril de alta velocidad.
- Los puentes continuos compuestos por vigas artesas prefabricadas con junta sobre pila, o *puentes continuos de vigas prefabricadas*, expresamente desarrollados para el tren de alta velocidad por la empresa DRACE del Grupo Dragados.

Mientras que el primer tipo es interesante por tratarse de una técnica depurada y muy utilizada en las líneas de ferrocarril de alta velocidad en España, la segunda tipología re-

presenta el desarrollo de un tipo de junta nuevo y avanzado, con características propias.

VIADUCTOS DE HORMIGÓN EMPUJADOS

RANGO DE APLICACIÓN DE ESTA SOLUCIÓN

Las líneas de tren de alta velocidad necesitan unos criterios de trazado estrictos tanto en planta como en alzado, lo que, a menos que el terreno sea plano, suele conducir a una alternancia de viaductos y túneles que son típicas de las líneas de ferrocarril de alta velocidad. Los criterios medioambientales, por otro lado, limitan hoy en día en España, entre otros muchos países, los desmontes y terraplenes a alturas moderadas. Esto, junto con lo anterior, tiene como consecuencia que se den con mucha frecuencia alternancia de túneles y viaductos, siendo éstos últimos de longitud suficiente para pensar en métodos de construcción de tipo industrializable, y presentando además alturas de pilas entre diez a cuarenta metros. Las luces que resultan adecuadas para este tipo de estructuras suelen variar entre treinta y cincuenta metros.

Viaducto empujado. Vista general en pilas y bancada.



De entre los posibles métodos constructivos aplicables a este rango medio de luces para puentes de FFCC destacan para los tableros de hormigón in-situ el método del tablero empujado y el de la cimbra autoportante. Ambos presentan ventajas e inconvenientes. Los parámetros de trazado, tanto en planta como en alzado, de los puentes de FFCC de alta velocidad hacen que sea sencillo en la mayoría de las ocasiones encajar un tablero para que sea empujable.

ELEMENTOS DE FABRICACIÓN Y EMPUJE

Los puentes empujados han ido mejorando en varios aspectos, incluyendo su construcción. Hoy en día se han optimizado tanto los métodos de empuje como las bancadas de fabricación. La sección transversal de los tableros empujados de hormigón necesita ser en cajón, dada la alternancia de momentos flectores a que se ven sometidas durante el empuje.

Dado que el lugar de fabricación es fijo, merece la pena preparar una bancada sofisticada que ayude a conseguir un ciclo de fabricación rápido. La tendencia actual es hormigonar las dovelas en no más de dos fases.

La bancada comprende una serie de elementos típicos, como son:

- Base de la bancada, su cimentación.
- Encofrados externos, comprendiendo el encofrado externo de las almas y el inferior de las alas, más el encofrado de fondo.
- Encofrados internos de almas.
- Carro de encofrado de techo.
- Grúa torre, elementos auxiliares y maquinaria auxiliar, instalación eléctrica e iluminación, etc.

Por su parte el sistema de empuje comprende una serie de elementos y posibilidades:

- Sistema de deslizamiento sobre la bancada de fabricación.
- Aparato de apoyo para deslizamiento sobre las pilas.
- Nariz de empuje, para aliviar los esfuerzos en punta durante el empuje. A su vez la nariz necesitará de un sistema de anclaje al tablero de hormigón, gatos



Instalaciones de fabricación y empuje.

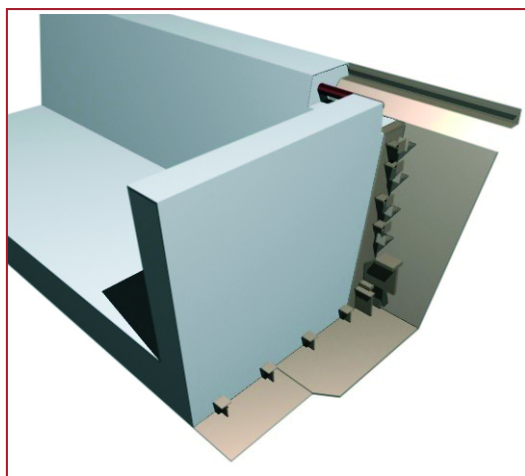
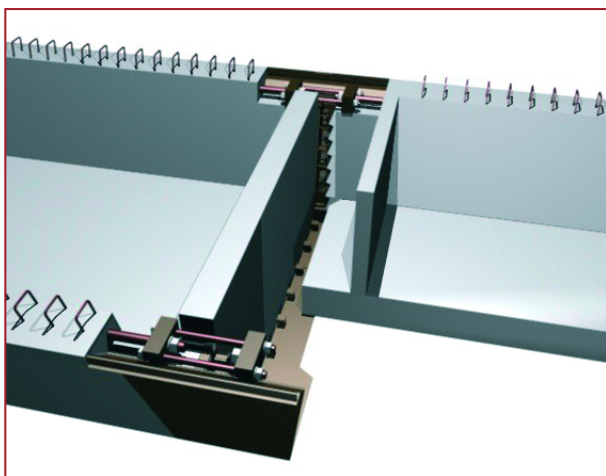
verticales para llegada a pila y recuperación de flechas.

• Sistema de empuje o tiro. Se utilizan típicamente dos sistemas, un primer sistema de “gatos de empuje y transmisión por rozamiento” y un segundo sistema de “tiro mediante barra o cable y transmisión mediante elemento auxiliar en el tablero”. En ambos casos, el elemento de “reacción” es siempre el estribo de “frenado” del puente.

CICLO TÍPICO DE FABRICACIÓN Y EMPUJE

El ciclo típico comienza por la preparación de los encofrados de bancada y termina con el empuje de la dovela, que libera la bancada, y puede descomponerse en una serie consecutiva de fases:

- Comienzo del ciclo, posicionamiento y limpieza de encofrados externos.
- Posicionamiento de la jaula de ferralla de losa inferior y almas, previamente montada en su “castillete” junto con las vainas de pretensado que le corresponden.
- Montaje de los encofrados interiores de las almas.
- Hormigonado de losa de fondo y almas.
- Desencofrado y retirada de los encofrados interiores de las almas.
- Desplazamiento del carro de encofrado de techo desde la dovela anterior.
- Ferrallado y hormigonado de alas y losa de techo.
- Curado y desencofrado.
- Tesado del pretensado de empuje.
- Empuje de la dovela y final de ciclo.



PUENTES CONTINUOS DE VIGAS PREFABRICADAS

INTRODUCCIÓN Y APLICACIÓN DE ESTA TIPOLOGÍA

Dada la necesidad de disponer de una solución prefabricada propia que permita realizar tableros continuos para el FFCC de alta velocidad, Dragados, a través de su filial DRACE y con la invaluable colaboración del Profesor Julio Martínez Calzón, ha desarrollado y puesto en práctica una tipología de junta entre vigas artesas, que permite mantener las ventajas de las soluciones de vigas prefabricadas en cuanto a su rapidez y facilidad de montaje. Este sistema ya ha sido utilizado en varios viaductos del FFCC de alta velocidad entre Madrid y Barcelona.

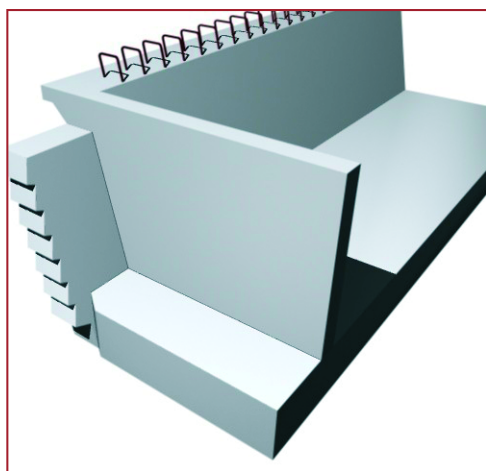
La singularidad más notable del tipo de junta que nos ocupa es la ausencia de pretensado en ella, en lo que se diferencia de las soluciones que se utilizaban hasta entonces.

Los puentes de esta tipología ya realizados alcanzan más de cuarenta y un metros de luz. La sección transversal típica consta de dos artesas de 4,50 metros de ancho y 1,80 metros de canto con una separación entre ejes de vigas de 6 metros. Sobre ellas se dispone una losa de espesor variable entre 18 y 32 centímetros, con lo que se consigue un tablero de 14 metros de ancho total que acomoda dos vías de FCC más las aceras correspondientes. Las vigas apoyan sobre un cabecero a través de apoyos tipo POT.

JUNTA

Para convertir las vigas prefabricadas, inicialmente isostáticas, en un tablero continuo, se ha ideado una junta sobre pila que evita el uso de pretensado y permite ejecutar el hor-

Viga.
Vista de junta
tipo, extremo
hembra
y extremo macho.



migonado de la losa de tablero sin que sea necesario el uso de fases complejas de los tramos longitudinales.

La continuidad a través de la junta se consigue mediante la disposición de armadura pasiva tanto en la zona superior de la viga artesas en primera fase como en la losa del tablero en segunda fase, siempre en zona de momentos negativos.

Las vigas prefabricadas vienen provistas en uno de sus extremos de elementos de chapa de acero, usualmente del tipo autopatinable, que hacen las veces de encofrados para la ejecución de las juntas húmedas sobre pilas, a la vez que colaboran en la transferencia de cargas, este extremo corresponde a la pieza que apoya en primer lugar sobre la pila e incluye un diafragma potente que transmite la carga al apoyo.

Vista general de puente de vigas prefabricadas conjuntas.



Se dispone armadura de alta resistencia, acero tipo A 85/105, en la zona superior de la viga. La continuidad de estas barras se consigue mediante dispositivos mecánicos específicos, que quedan recubiertos una vez finalizada la junta. La fisuración está perfectamente controlada mediante la disposición de armadura de acompañamiento.

La junta ha sido desarrollada para poder utilizar un único aparato de apoyo por línea de vigas prefabricadas, que queda perfectamente centrado sobre la pila.

FASES DE CONSTRUCCIÓN

Tras la construcción de las pilas y estribos, y una vez colocados los aparatos de apoyo, se procede a ejecutar el montaje de las vigas prefabricadas de forma secuencial y partiendo de uno de los estribos. Este orden es necesario por el diseño asimétrico de la junta.

A continuación se efectúa la conexión de las armaduras de alta resistencia de acero A 85/105 para, seguidamente, encofrar interiormente la junta y proceder a rellenar ésta con un mortero de alta resistencia. Al término de esta operación, y tras el endurecimiento del relleno, se dispone de una viga continua sobre la que seguir trabajando.

Queda solamente la ejecución de la losa. Esta se efectúa de manera tradicional mediante el uso de prelosa colaborante más ferrallado y hormigonado in-situ en su parte superior. Lo anterior se puede efectuar con gran libertad de fases, sin que la continuidad de la línea de vigas prefabricadas afecte a su realización.

Las operaciones arriba descritas pueden llegar a solaparse con la única precaución de dejar cierto número de vanos entre las operaciones consecutivas. Es decir, la construcción es muy flexible. ■