

Seis puentes mixtos en la N-220 en Manises (Valencia): Aspectos constructivos relevantes.

Six steel-concrete composite bridges on the N-220 in Manises (Valencia): Relevant construction aspects.

**Luis Sopena Corvinos^a, Juan Jesús Álvarez Andrés^b, María Pilar Hue Ibarguen^c,
Javier Parras Martínez^d, Héctor Marcelo Rufo^e, Juan Luis Bellod Thomas^f**

^a Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. DRAGADOS. Ingeniero estructural Dirección Técnica. lsopenac@dragados.com

^b Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. DRAGADOS. Jefe Servicio Dirección Técnica. jjalvarez@dragados.com

^c Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos. DRAGADOS. Ingeniera estructural Dirección Técnica. mhuei@dragados.com

^d Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. CESMA Ingenieros SL. Ingeniero. cesma@cesmaing.com

^e Ingeniero Civil. Tres – E Asesores Estructurales. Ingeniero. hmruffo@yahoo.com

^f Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. CESMA Ingenieros SL. Director General. cesma@cesmaing.com

RESUMEN

Los pasos superiores de la duplicación de la calzada de la N-220, cuyos aspectos de proyecto se analizan en otra comunicación, presentaron ciertas peculiaridades durante su construcción, demandando diferentes análisis estructurales y geométricos para garantizar un adecuado comportamiento tanto en construcción como en servicio. Se trata de 6 estructuras, todas ellas vigas continuas de doble acción mixta, de luces comprendidas entre 24 y 60 m. Definición y ejecución de soldaduras, accesibilidad, montaje en blanco, elementos de tangencia, orejetas, eslingados, así como procedimiento de instalación de apoyos elastoméricos anclados, apeos, son algunos de los aspectos relevantes relacionados con la construcción.

ABSTRACT

The overpasses of the carriageway duplication of the N-220, design aspects of which are analysed in another communication, presented certain peculiarities during their construction, requiring different structural and geometric analysis to guarantee adequate performance both in construction and in service. These are 6 structures, all of them continuous beams with double composite (steel-concrete) action, with spans of between 24 and 60 m. Definition and execution of welding, accessibility, blank assembly, tangency elements, lugs, slinging, as well as the installation procedure for anchored elastomeric bearings, temporary shoring, are some of the relevant aspects related to the construction.

PALABRAS CLAVE: construcción de puentes, montaje, uniones provisionales, izado, apoyos.

KEYWORDS: bridge construction, assembly, temporary connections, lifting, bearings.

1. Introducción

Dentro del proyecto “Duplicación de la calzada de la N-220, de acceso al aeropuerto de Valencia. Tramo: enlace del aeropuerto / enlace de la V-30”, en la provincia de Valencia, es necesaria la construcción de 6 nuevas estructuras, todas ellas definidas en proyecto como tableros mixtos.

Dos de ellas, las estructuras E1 y E2 surgen del nuevo diseño del enlace del aeropuerto de Manises, mientras que las otras 4 surgen del nuevo enlace con la autovía de circunvalación de Valencia V30.

Todas ellas son descritas desde el punto de vista de proyecto en otra comunicación, mientras que en ésta el objetivo es centrarse en los aspectos constructivos más relevantes, tanto genéricos de los tableros mixtos, como los particulares de cada una de estas estructuras.

2. Enlace del aeropuerto. Estructuras E1 y E2.

Al modificarse la rasante del tronco e introducir una nueva calzada es necesaria la remodelación completa de este enlace, obligando a la demolición de una estructura existente, y la construcción de 2 nuevas estructuras, E-1 y E-2. Ambas estructuras se encuentran en una alineación curva, peraltada, y se resuelven mediante tableros continuos tipo cajón mixto.

La estructura E-1 tiene una longitud total de 51 m, dividida en 2 vanos de 25,5 m cada uno. La estructura E-2 tiene una longitud total de 70 m, dividida en 2 vanos de 32 y 38 m cada uno. En ambos casos el tablero es de canto constante 1,50 m, 1,25 m de cajón metálico y 0,25 m de losa, con un ancho superior de 8,30 m en el caso de la E-1 y de 11,50 la E-2.

Ambas estructuras comparten el estribo 1, cargadero sobre pilotes in situ, siendo los estribos 2 independientes pero de la misma tipología. Las pilas son mono-fuste de hormigón armado de sección octogonal.

En lo que se refiere al proceso constructivo de los tableros, se fabrica en taller la parte metálica, dividiendo el mismo en diferentes tramos en cada una de las estructuras, para posteriormente transportar a obra y montar con grúa. Para la E-1, se divide la fabricación y el transporte en 3 tramos, 2 de los cuales se unen en obra para izarlos y colocarlos de forma conjunta. Para la E-2, se divide la fabricación y el transporte en 4 sub-tramos, los cuales se unen en obra para formar 2 tramos los cuales, junto

con las riostra se izan de forma conjunta en su posición definitiva. En ambos casos, las riostras de estribo se fabrican y transportan por separado, y se unen a su tramo correspondiente en esa fase de apeo intermedio, para primero proceder con el montaje del tramo grande, que apoya en estribo y pila con un pequeño voladizo, para luego montar el pequeño entre el extremo del anterior y el otro estribo.



Figura 1. Vista de montaje de estructura E-2 (tramo de cierre apeado).

Una vez la estructura metálica está completamente montada, y las soldaduras de obra ejecutadas, se procede con el resto de actividades de ejecución del tablero: ferralla y hormigón de fondo, ferralla y hormigón en riostras de estribos, prelosas, ferrallado y hormigonado de losa superior.



Figura 2. Vista del montaje de estructura E-1 (izado de tramo de cierre con 2 grúas).

3. Enlace V-30.

En enlace de la N-220 con la V-30 requiere de una profunda remodelación, derivada de la

inserción de la nueva calzada. Entre las estructuras nuevas, destacan las estructuras E10, E11 y E12, resolviendo la nueva calzada de la N-220 sobre la V-30, además de añadir sendas vías colectoras para realizar los trenzados de forma independiente, y la estructura E-13, necesaria para el nuevo eje que permite el movimiento desde V-30 norte hacia la N-220 sentido Manises.

3.1 Estructuras E10, E11 y E12.

El cruce existente de la N-220 sobre la V-30 se realiza mediante una estructura de 3 vanos, con tablero de hormigón tipo losa, canto variable, con una esbeltez apreciable (ver figura X).



Figura 3. Vista de la estructura de cruce existente sobre V-30.

Las estructuras E10, E11 y E12 recogen la nueva calzada de la N-220 así como dos vías colectoras para el trenzado del enlace, y al situarse muy próximas a la estructura de paso existente, la configuración tanto de pilas, vanos como sección de tablero se realiza de forma semejante al mismo, con la principal diferencia de que el tablero existente es de hormigón mientras que los tableros de las nuevas estructuras son mixtos (cajones metálicos de acero corten), cambio motivado principalmente por motivos constructivos, para poder compaginar la ejecución de los tableros con el mantenimiento del tráfico en la V-30 salvo en algunos cortes nocturnos.



Figura 4. Vista de estructuras enlace V-30 ya montadas.

Se trata de 3 estructuras casi idénticas, de 80 m de longitud, rectas en planta, continuas de estribo a estribo, distribuidos en 3 vanos $24 + 32 + 24$ m. El ancho de la E10 es de 11,80 m mientras que de las otras 2 estructuras E11 y E12 es de 12,80 m. El tablero es mixto, con un cajón metálico de canto variable apoyado en un único punto en cada pila, rematado con prelosas que completan el ancho y hormigonado in situ para terminar la losa y conformar la sección mixta.

El tablero de las 3 estructuras es tipo mixto, con doble acción mixta (hormigón de fondo en pilas, y hormigonado de los estribos). La sección transversal la conforma un cajón metálico de canto variable, con un alma central, entre 0,85 a 1,25 m de canto, que junto con la losa de hormigón de 0,25 m se llega a un canto total de entre 1,10 y 1,50 m de canto sobre pilas. Las chapas metálicas son de acero S355 (tipo corten), mientras que los perfiles y tubos del interior son S275. La losa de hormigón está conformada por unas prelosas colaborantes que cubren la mitad del ancho total (apoyan sobre el alma central y las almas laterales, y vuelan 2,70 m).

El proceso constructivo de cada tablero es similar al de las anteriores estructuras, mediante premontaje en taller de la estructura metálica en diversos tramos que se transportan a obra y se montan mediante grúas en sucesivas fases. En este caso, debido a la ubicación, sobre la V-30, no fue posible plantear apeos intermedios a pie de obra para unir tramos o unir las riostras de estribo y subir conjuntos mayores,

por lo que las riostras de estribo se montaron de forma independiente sobre los cargaderos, siendo necesario disponer de un sistema de apeo dotando de estabilidad a la pieza hasta su unión al tablero. Otra particularidad fue que para minimizar la afección al tráfico en la V-30, todos los montajes se plantearon nocturnos, llevando cada tramo por la propia V-30 y, con una única grúa situada también en dicha calzada, montar cada tramo directamente desde el transporte a su posición definitiva. En total, 3 tramos, con una longitud máxima de 31 m y 55 t de peso, empleando para cada maniobra una única grúa de 500 t de capacidad (para las riostras, se empleó una grúa de 200 t).

La secuencia de montaje fue primero E10, luego E12 y finalmente E11.



Figura 5. Vista de situación de montaje intermedia. E10 montada, E12 montados los 2 primeros tramos.

Un aspecto a destacar es el ancho del cajón metálico (6,3 m inferior, 7,5 m superior). Lo habitual hubiera sido dividir el cajón por la mitad, pero en esta ocasión se optó por fabricar los cajones a ancho completo.

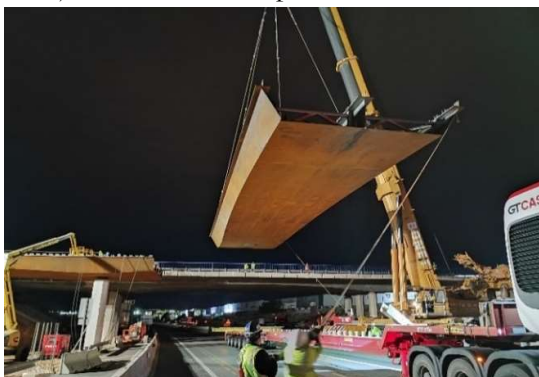


Figura 6. Izado del tramo central (T2) de la E10.

Una vez montada la estructura metálica, de forma similar a las anteriores estructuras, se procedió con el resto de actividades (ferralla y hormigón de fondo, prelosas, ferralla y hormigón losa), con la particularidad de que la colocación de prelosas tuvo que realizarse también en cortes parciales de tráfico nocturnos.



Figura 7. Estructuras E10, E11 y E12 hormigonadas.

3.2 Estructura 13.

Como ya se ha indicado, la estructura E-13 se sitúa sobre el ramal del enlace de la V-30. La longitud total es de 363,6 m, dividida en 10 vanos de longitud variable, destacando el central, el que cruza sobre la V-30, de 59,7 m de longitud.

El tablero, tipología mixta como los anteriores, siendo el cajón metálico de canto variable de 1,50 m a 3,00 m (incluyendo los 0,25 m de losa superior de hormigón), con un ancho superior de 8,50 m, siendo el ancho de platabanda inferior de entre 3,50 y 2,30 m, con almas laterales inclinadas.

La parte metálica del tablero se fabrica en taller, dividiendo el mismo en distintos tramos. En los vanos de aproximación, se fabrica 1 tramo para cada vano, con un pequeño voladizo por detrás de cada pila de 4,91 m. Salvo los vanos extremos, que se apean en obra para unirlos a la riostra de estribo, los tramos metálicos de los vanos de aproximación se transportan en camión y se montan directamente mediante grúa. Los tramos que comprenden el canto variable, vanos 5 y 7, en las pilas que definen el vano principal (vano 6, el de cruce sobre la V-30), se

fabrican y transportan en dos sub-tramos, que se apean y unen en obra previamente a su izado a posición definitiva mediante grúa. De esta forma se avanza desde estribo 1 hasta pila 5, y desde estribo 2 hasta pila 6, quedando un tramo de cierre 34,5 m y canto constante, operación nocturna por corte de la V-30, mediante 2 grúas.

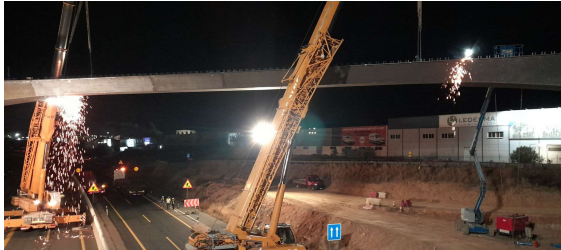


Figura 8. Montaje de tramo de cierre vano central E13.

Una vez la estructura metálica está totalmente montada y todas las uniones soldadas en obra terminadas, se procede con el resto de actividades de tablero (muy similares a las ya comentadas en otras estructuras).

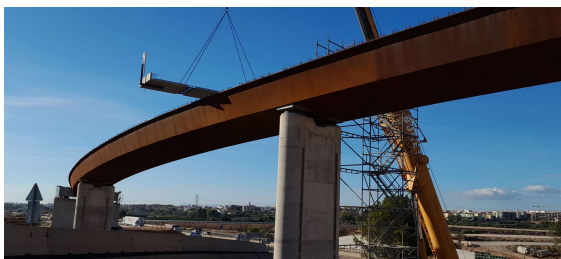


Figura 9. Colocación de prelosas colaborantes de ancho completo.



Figura 10. Vista aérea de estructura metálica E13 montada.

4. Aspectos constructivos relevantes relacionados con la fabricación de los tableros metálicos.

Dentro de las múltiples particularidades y variaciones que poseen los tableros metálicos de estos puentes (curvatura en planta y alzado, variación de luces y anchos, reducido canto, etc.), desde el punto de vista de la fabricación hay algunos puntos que se destacan dada la importancia que tienen dentro del trabajo. La detección temprana, en la fase de proyecto, de los aspectos más críticos relacionados con la productividad de la fabricación, y de detalles que pueden generar problemas durante el soldado (deformaciones, embridados, distorsiones, falta de penetración, etc.), es fundamental para minimizar los problemas durante la etapa de ejecución.

En este caso, al tratarse de una longitud total de más de 720 m de puentes, las soldaduras de armado longitudinales tienen un peso relativo relevante. Por otro lado, por ser tableros de reducido canto, el estudio de accesibilidad a las soldaduras en diafragmas transversales es crítico para garantizar soldaduras que puedan ejecutarse y comprobarse adecuadamente.

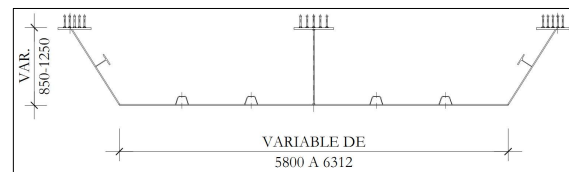


Figura 11. Sección transversal típica de una de las estructuras

Se destaca la relevancia de trabajar con el taller en el desarrollo de procedimientos de soldadura particulares con el objetivo de mejorar los aspectos antes mencionados en situaciones de mucha repetitividad. A continuación, se presentan un par de detalles en los que se trabajó con la idea comentada para mejorar los aspectos constructivos en el taller, planteando juntas y soldaduras que mejoren el proceso, manteniendo la calidad requerida.

4.1 Soldadura longitudinal alma – ala superior y alma – ala inferior

Estas soldaduras, si bien no son críticas desde el punto de vista estructural, si lo son en lo referido a la producción por su cantidad y por la importancia que tienen para garantizar la geometría de la sección transversal del tablero. Es muy común que se planteen soluciones mediante soldaduras de penetración completa, lo que implica una preparación de junta laboriosa, un volumen de soldadura elevado y un importante aporte de calor generando deformaciones mayores. Además, la necesidad de mantener una apertura de raíz en la junta complica la presentación de las partes en la fase de armado, al no poder disponerlas en contacto. En la siguiente figura se muestra una solución habitual para este tipo de soldaduras con penetración completa.

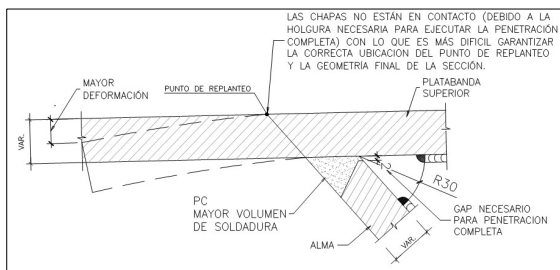


Figura 12. Ejemplo típico con soldadura de penetración completa.

El análisis detallado de esta soldadura permitió transformarla en una junta de penetración parcial con menor aporte de soldadura y calor, evitando la preparación de bordes dado que con la apertura de 40° generada por la chapa cortada en ángulo recto fue posible alcanzar la penetración requerida. La soldadura de penetración parcial permite el contacto entre las piezas, facilitando la presentación de las partes. Finalmente, por una cuestión de estanqueidad, se sella la junta del lado interior mediante una soldadura en ángulo.

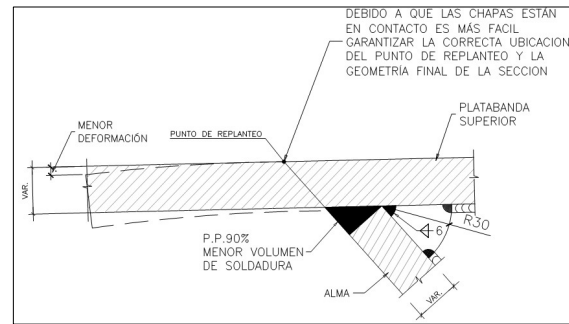


Figura 13. Solución mejorada con penetración parcial y filete.

Manteniendo el mismo concepto, se evita la soldadura de penetración parcial para la conexión entre alma y ala inferior.

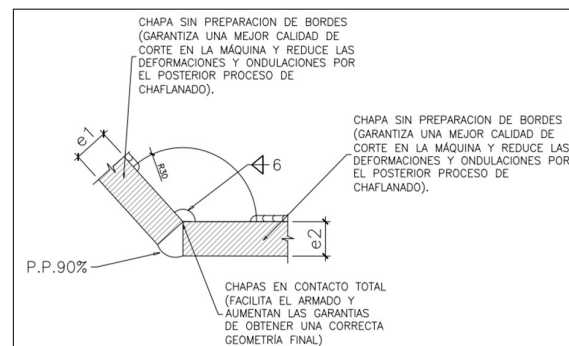


Figura 14. Detalle de unión alma – fondo de cajón

4.2 Accesibilidad en soldaduras de diafragmas de pilas y estribos.

Los diafragmas de pilas y estribos se conciben conceptualmente como vigas H, con un ala superior que se dispone centrada con la propia chapa del diafragma y con un ala inferior que se ubica lo más cercana posible al fondo del cajón para maximizar su canto. En este caso, el reducido canto del tablero obliga a optimizar los espacios y resultan anchos de alas importantes. Asegurar la adecuada accesibilidad a las soldaduras ubicadas entre el ala inferior del diafragma y el fondo del cajón es fundamental para garantizar una buena soldadura e inspección, aunque se vea penalizado el brazo entre las alas del diafragma. En este caso, además, se optó por una soldadura de penetración parcial con refuerzo de filete, dado que implica menos volumen de aporte que una

soldadura de filete, como se observa en el detalle C de la siguiente figura.

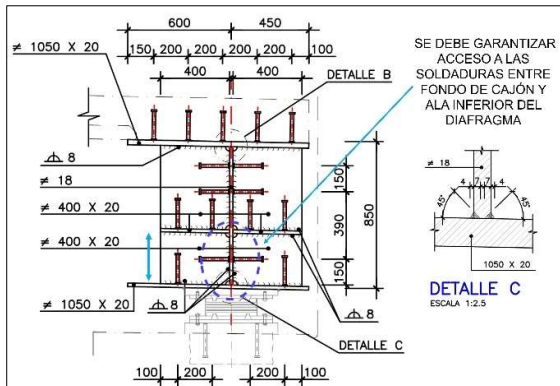


Figura 15. Accesibilidad a soldaduras en diafragmas de bajo canto.

4.3 Soldadura longitudinal fondo de cajón

El ancho del fondo de algunos tableros excede el de posible laminación de una chapa y por ende se requiere una soldadura longitudinal de empalme. Es fundamental definir una posición apropiada desde el punto de vista de la fabricación para dicha soldadura, independientemente de los anchos comerciales de chapa, buscando controlar las posibles deformaciones. En este caso se definió la ubicación cercana al alma central para aprovechar la rigidez que le confiere la misma. La soldadura es de penetración completa, ejecutada mediante arco sumergido.

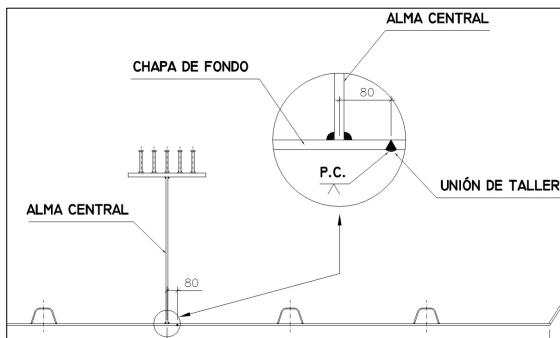


Figura 16. Ubicación empalme longitudinal fondo de cajón.

5. Aspectos constructivos relevantes relacionados con el montaje de los tableros metálicos.

Un correcto análisis geométrico de la fabricación es también muy importante. En el caso de fabricación y montaje por módulos o tramos debe realizarse un adecuado montaje en blanco, no solo garantizando la coherencia en la junta de construcción, sino también analizando la influencia en la geometría del sistema de apoyo de cada tramo durante el montaje en blanco y el sistema de apoyo o sustentación que se presentará en el momento del montaje.

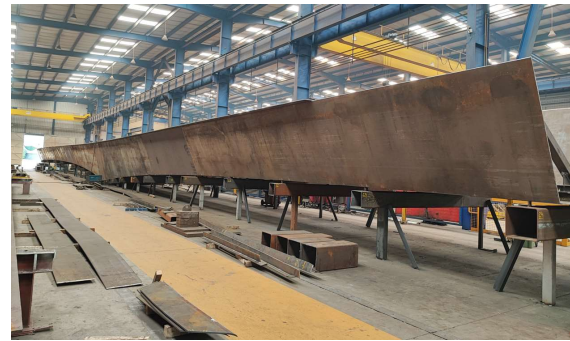


Figura 17. Montaje en blanco en taller.

De cara al montaje, debe definirse el sistema de sustentación durante el mismo, tanto si la construcción se plantea apeada o no apeada. En el caso de construcción no apeada, que es el que se planteó para las estructuras de este proyecto, es muy importante definir el sistema que garantice un adecuado apoyo de cada tramo en la junta con el anterior ya montado, no solo desde el punto de vista estructural, sino también que favorezca una correcta ejecución de la soldadura de unión entre tramos, dejando las chapas bien encaradas, lo que redunda en un mejor acabado y una mayor calidad de dichas soldaduras, además de ahorrar costes relacionados con mano de obra y plazos.

En este proyecto el sistema que se empleó fue el de los útiles de tangencia, consistiendo el mismo en un grupo de chapas y contrachapas, soldadas a las platabandas

superiores y a la chapa de fondo, de forma que se generen unas uniones atornilladas que dan continuidad a los tramos a través de la junta. Dichos útiles de tangencia se instalan en taller, y se atornillan ya en el montaje en blanco, de forma que se garantice un correcto encarado de chapas a ambos lados de la junta en el momento del montaje en obra. Dichos útiles de tangencia, como uniones atornilladas, se calculan para soportar el flector y el cortante de montaje, considerando la rigidez de los distintos elementos, de forma que para el cortante únicamente se cuenta con los útiles de tangencia de platabandas superiores (punto rígido de apoyo).



Figura 18. Ajuste de uniones mediante útiles de tangencia.

Aunque estos útiles de tangencia se calculan para soportar el 100% de los esfuerzos en la junta, con sus correspondientes coeficientes de seguridad, se establece que siempre que sea posible, y dado que en muchas operaciones se abre al tráfico bajo el tramo recién montado a la mañana siguiente, se realicen unas soldaduras mínimas, tanto en almas como en fondo del cajón, idealmente antes de soltar el 100% de carga de la grúa, de forma que se incremente significativamente la seguridad estructural en fases intermedias del montaje, no solo para los operarios que siguen trabajando en el tablero sino también para el tráfico que va a estar circulando bajo el mismo en estas fases provisionales.



Figura 19. Atornillado de los útiles de tangencia.

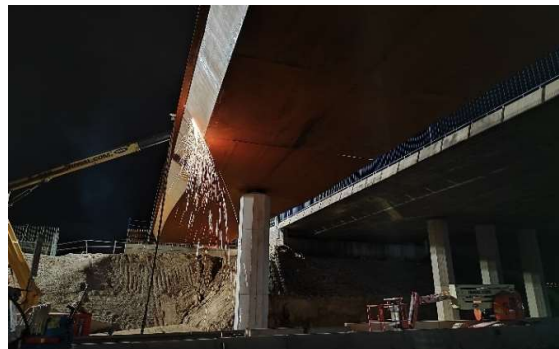


Figura 20. Soldadura entre tramos antes de soltar la grúa y abrir paso al tráfico inferior.

Otro aspecto constructivo relacionado con la estructura metálica que es relevante es el de los pernos conectadores. Dichos elementos, cuya misión es la de hacer efectiva esa labor mixta de trabajo conjunto acero-hormigón (tanto en losa superior, como losa de fondo en el caso de doble acción mixta), conllevan una complejidad adicional durante el montaje en obra, pues en la mayoría de los casos, como fue el de este proyecto, dichos pernos se instalan en taller (al menos la mayoría, salvo los que presenten alguna interferencia con otros elementos de manipulación de las piezas como orejetas de izado u otros), especialmente los de platabanda superior, pues suponen una interferencia importante con las prelasas colaborantes, como en el caso de este proyecto, que tienen armaduras pasantes en la zona de platabandas. Esto supone un reto mayúsculo a la hora de posicionar las prelasas sobre el tablero. En un proceso muy marcado por la prefabricación (piezas metálicas, prelasas,...), y que podría incluso tender a la industrialización, incluyendo por ejemplo los detalles de drenaje,

anclajes de pretil, en las prelosas, es muy importante poder garantizar la posición de las mismas. Para ello, es imperativo realizar un minucioso trabajo previo de contrastar el reparto y posición de pernos con el reparto y posición de armaduras de prelosa, de forma que se eviten o al menos se reduzcan las interferencias en obra.

4.3 Ejecución de apoyos.

Uno de los aspectos delicados en el montaje de estructuras metálicas, especialmente en estructuras relativamente flexibles, y en las que los apoyos son anclados, es la secuencia de instalación de dichos apoyos, pues existe el riesgo de que una vez la estructura esté terminada no exista un contacto adecuado tablero-apoyo-subestructura, o que se le esté introduciendo al apoyo un giro inducido inicial no considerado en su dimensionamiento.

Una forma de reducir estos riesgos desde el inicio es plantear la ejecución de la estructura metálica apeada, es decir, apoyada temporalmente sobre elementos auxiliares externos, dejándola en su posición teórica tanto en planta como en cota, para en ese momento colocar o terminar de ajustar los neoprenos, hormigonar los mismos contra la subestructura si son anclados, unirlos a la superestructura (atornillados a chapa de sacrificio, para facilitar una futura sustitución), o soldar la chapa de sacrificio al tablero (cuña de apoyo). Este método, a no ser que la coronación de pila esté diseñada para alojar todo el sistema de sustitución de apoyos (gatos, elementos de reparto, apeo,...), requiere de elementos de apoyo temporales, muchas veces con su cimentación, así como gatos hidráulicos para poder ajustar con precisión la posición del tablero. Al final, una cantidad de trabajos y elementos temporales que tienen una repercusión significativa tanto en el coste como en el plazo de ejecución.

La otra opción es plantear una construcción no apeada, apoyando directamente sobre los elementos de apoyo definitivos de la subestructura. En puentes como los E-1, E-2 o los E-10, E11 y E12, en los que los apoyos en pilas son un apoyo único centrado, esto se puede realizar sin grandes riesgos de que la geometría o el apoyo quede mal, ya que siendo un apoyo único centrado existe una mayor garantía de un contacto adecuado de la estructura metálica “en vacío”, así como la ausencia de tracciones en servicio que posibilitan que los apoyos no sean anclados, o que permite colocar el apoyo sobre la meseta de pila y realizar pequeños ajustes en planta justo antes de apoyar el tablero.

Sin embargo, en casos como el de la estructura E-13, con un tablero en curva y peraltado y con 2 apoyos por pila, en los que tanto en servicio como en rotura están sometidos a tracciones significativas, y por lo tanto son anclados, plantear una construcción no apeada prefijando la cota de los apoyos previamente a apoyar el tablero, sin capacidad de regulación ni en planta ni en cota, sí presenta riesgos significativos de que el contacto en alguno de los apoyos no sea adecuado, especialmente en la fase de estructura metálica en vacío (sin hormigón de fondo ni losa superior), ya que a las tolerancias de ejecución en obra se suman las tolerancias de ejecución de estructura metálica en taller, contraflechas, rigidez y restricciones impuestas por las soldaduras, e incertidumbres relacionadas con la rigidez a torsión de cajones metálicos abiertos.

En estos casos, o bien se recurre a una construcción apeada, o se busca una alternativa a medio camino, ahorrando en medios auxiliares, pero dotando al procedimiento de capacidad de regulación tanto en planta como en cota.

En el caso de la E-13, en curva, peraltada, con 2 apoyos por pila, y con una superficie útil en coronación de pila que no

permite plantear un sistema de gateo/apoyo compatible con los propios apoyos, se planteó un sistema de apeo provisional que constaba de las siguientes fases y elementos:

En coronación de pila, se dejan 4 huecos cilíndricos de diámetro superior al de los pernos de anclaje de la chapa inferior de apoyo. Se ejecuta una meseta de apoyo provisional de dimensiones en planta 300x300 mm (inferiores a la de la meseta definitiva, y compatible con no interferir ni con los pernos ni con los huecos en coronación), y cota superior 10 mm más baja que la teórica. Sobre dicha meseta, se preparan unos calzos o galgas metálicas, hasta llegar a la cota teórica.

Los apoyos definitivos se atornillan al tablero previo al izado del mismo. Se aproxima el tablero a su posición definitiva, buscando un punto de compromiso entre la unión con el tramo anterior y el apoyo en la pila.

Una vez ajustado en planta, unido al tramo anterior, se apoya y se analiza la geometría y el contacto en ambos apoyos, y se determina la necesidad de galgar en un lado o en ambos hasta que la geometría de apoyo sea la adecuada en ambos lados. Aprobada la geometría de apoyo, se procede a encofrar las mesetas de apoyo definitiva y hormigonar las mismas con un grout sin retracción de alta resistencia.

cabo un proyecto de gran complejidad de proyecto y ejecución como es el de las estructuras mixtas.



Figura 21. Izado de tramo metálico con apoyos atornillados a las cuñas.

Agradecimientos

Al equipo de obra de Dragados, al equipo de oficina de CESMA, al taller metálico HORTA, por demostrar que trabajando de forma conjunta y coordinada se puede llevar a