

VIADUCTOS DE PIEDRAFITA Y OTROS PUENTES CONSTRUIDOS POR VOLADIZOS MEDIANTE DOVELAS PREFABRICADAS DESDE 1962

Leonardo Fernández Troyano

Javier Manterola Armisen

CARLOS FERNÁNDEZ CASADO, S.L.



1.- INTRODUCCIÓN

La construcción de los viaductos de Piedrafita se ha planteado mediante voladizos sucesivos compensados contruidos con dovelas prefabricadas por la empresa Fomento de Construcciones y Contratas, que tiene ya dominio de la tecnología de las dovelas prefabricadas adquirido en una serie de viaductos anteriores. Esta empresa nos ha encargado el proyecto de construcción de estos viaductos, modificación del proyecto inicial que hicimos para el Ministerio de Fomento, y ello nos ha llevado a revisar nuestras obras anteriores contruidas con dovelas prefabricadas desde 1962 y para estudiar las ventajas y problemas que plantea este sistema de construcción.

2.- VIADUCTOS DE PIEDRAFITA

El acceso desde Galicia desde la Autovía A-6 al puerto de Piedrafita en el tramo Castro-Lamas/Noceda obliga a construir dos viaductos de características análogas: ambos pasan sobre un valle en V, tienen una longitud de 403 y 385 metros, y una altura máxima de pilas de 80 y 85 metros. El ancho total de la plataforma es de 26,50 metros.

2.1.- Proyecto inicial

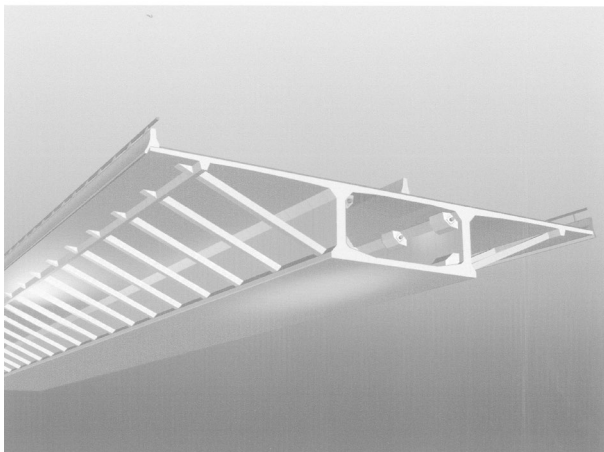
La solución del proyecto original de estos viaductos que hicimos para el Ministerio de Fomento consistía en viaductos de canto constante con vanos principales del orden de 100 metros; esto requería cuatro pilas en cada viaducto, con alturas variables desde 25 a 85 metros de altura.

El tablero se resolvía con una sección en cajón único con grandes voladizos laterales. Para evitar la desmesurada flexión de los voladizos libres se disponían jabalcones que, desde el borde inferior del cajón, servían de apoyo inclinado a los extremos de los voladizos, formando una triangulación con éste. Esta triangulación exterior se completaba con una triangulación interior al cajón mediante jabalcones que iban desde las esquinas inferiores del cajón al punto medio de la losa superior. Con esta triangulación se dividía en dos la luz de la losa superior y se evitaba la distorsión del cajón que produce flexiones importantes en sus paredes. El canto del cajón era de 4,70 metros.

La construcción del viaducto se hacía mediante voladizos compensados desde cada pila construidos in situ mediante carros, equilibrados mediante una viga superior apoyada en las pilas, que servía además para acceso de personal y materiales a los carros, y para traslado de los carros de una pila a otra.

El tablero se construía en dos fases; en una primera fase se construía el cajón por voladizos sucesivos compensados mediante carros y una vez cerrados los voladizos, y por tanto transformado el tablero en viga continua, se montaban los jabalcones prefabricados exteriores y se hormigonaban los voladizos laterales, completándose así la sección.

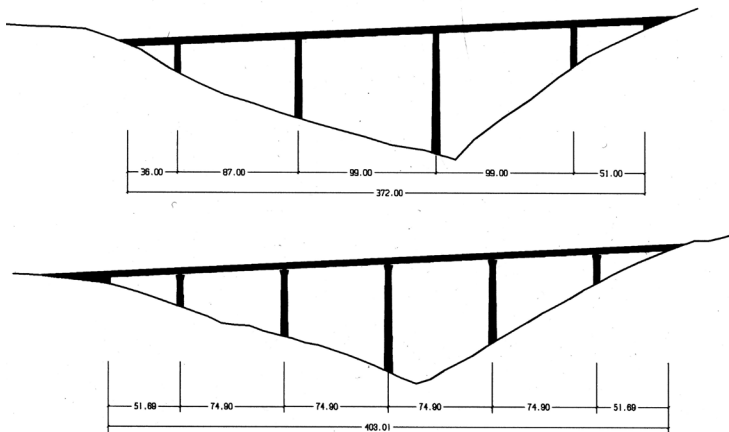
2.2.- Proyecto de construcción



La obra se adjudicó a la UTE formada por O.C.P. y Fomento de Construcciones y Contratas, y esta empresa planteó la posibilidad de modificar el proceso de construcción pasando a construir el cajón inicial mediante dovelas prefabricadas, en vez de hacerlo in situ mediante carros de avance.

En este planteamiento y con la autorización del Ministerio de Fomento pasamos a proyectar para la empresa constructora

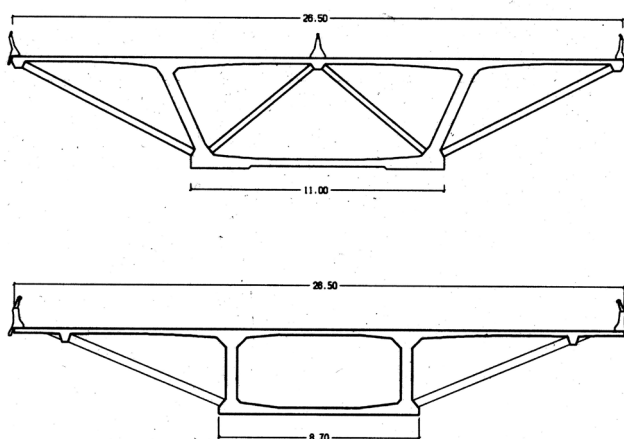
la modificación del proyecto debida al cambio de sistema de construcción propuesta por ella.



dovelas. Por ello se redujo la luz a vanos de 75 metros que es la que resulta al añadir una pila más en cada viaducto, pasando de cuatro a cinco pilas.

Comparando el encaje en el valle de ambas soluciones, nos parecen igual de válidas las dos. La luz de 100 metros se había adoptado después de un estudio de optimización en función de la altura de pilas. Esta luz resultaba algo menor que la altura de pilas, para un viaducto con pilas de altura constante, pero en los viaductos de Piedrafita esta luz óptima lógicamente es más pequeña al tratarse de valles en V. La ventaja de las luces grandes, es

que hay que hacer menos cimentaciones, y por tanto se afecta menos al valle.



b.- Modificación de la sección transversal. La necesidad de reducir el peso de las dovelas obliga a reducir al máximo las dimensiones del cajón y por ello se redujo la losa superior aumentando los voladizos. Del cajón

trapezoidal del proyecto se pasó a un cajón rectangular.

Al reducirse la luz se redujo el canto de 4,70 del proyecto original a 3,70 en el de construcción, los voladizos laterales aumentaron en cambio de 6,45 en el proyecto original a 9 metros en el proyecto de construcción. El menor canto y el mayor voladizo obligaban a inclinar excesivamente los jalcabones, y por ello se han llevado a 2,20 metros del extremo,

lo que además de hacer más corto el jalcón y darle mayor inclinación, mejora la distribución de momentos en la losa.

La menor luz de la losa superior del cajón permitía evitar los jalcones interiores, y confiar la distorsión del cajón a la flexión de las paredes y a la rigidez horizontal de la losa superior e inferior del cajón, lo que se puede hacer si sobre apoyos se dispone una riostra que resista la distorsión y rigidice el cajón.

La construcción de los viaductos se hace de la misma forma que en el proyecto inicial, salvo en el cambio de carros de avance por dovelas prefabricadas: primero se montan las dovelas en voladizos compensados, se cierran las claves, luego se hormigonan los voladizos laterales colocando previamente los jalcones prefabricados.

3.- PUENTES CONSTRUIDOS POR VOLADIZOS CON DOVELAS PREFABRICADAS ANTERIORES A LOS VIADUCTOS DE PIEDRAFITA

Como hemos dicho, el proyecto de los viaductos de Piedrafita nos ha llevado a revisar todos nuestros proyectos anteriores con dovelas prefabricadas.

La construcción mediante dovelas se inició en España prácticamente a la vez que el de la tecnología del pretensado. Las vigas prefabricadas se construían por dovelas que se unían con mortero y se cosían con la armadura activa. Tan arraigado estaba este sistema en España que en el puente de Alarza terminado en 1963, proyecto de A. Santonja, la constructora Huarte y Cía propuso hacer las vigas con molde único. A Hidroeléctrica Española no le gustó la solución, pero accedió. Al hormigonar la primera viga salieron algunas coqueras y entonces la propiedad mandó cortar el encofrado en trozos para volver a las dovelas.

En 1959 CARLOS FERNÁNDEZ CASADO planteó la cubierta de la calle Aragón en Barcelona con vigas pretensadas de 15 metros de luz. Las dovelas se hacían fuera de la ciudad, se montaban en el tajo, y se cosían con pretensado.

Estos antecedentes y la actividad desarrollada por FERNÁNDEZ CASADO en la prefabricación de naves industriales, le llevó, cuando se planteó la construcción de un puente por voladizos sucesivos, a adoptar la solución de dovelas prefabricadas en vez de carros de avance de hormigonado in situ.

3.1.- Puente de Almodovar del Río sobre el río Guadalquivir

El primer puente construido por voladizos con dovelas prefabricadas fue el de Almodovar



el Río, una viga Gerber con un vano central de 70 metros de luz. Las ménsulas de 20 metros de longitud se hicieron con dovelas prefabricadas de 10 toneladas de peso, montadas con blondín y unidas con juntas de mortero. La sección transversal del puente de 9 metros de ancho estaba formada por dos cajones unidos con una

losa. Se terminó en 1964.

Este puente se ha reforzado recientemente porque se había dimensionado con una instrucción de cargas más ligera que la que estaba en vigor en aquel momento porque se estaba estudiando la posibilidad de reducir cargas en las carreteras locales. El refuerzo se hizo porque el puente servía de paso al transporte de remolacha entre las dos orillas del río y pasaban camiones y remolques de gran tonelaje. El puente se reforzó con pretensado exterior y con chapas, adheridas y cosidas. En las revisiones hechas para el proyecto de refuerzo y durante la construcción se comprobó el buen estado de los voladizos de dovelas.

3.2.- Puente de Castejón sobre el río Ebro en Navarra

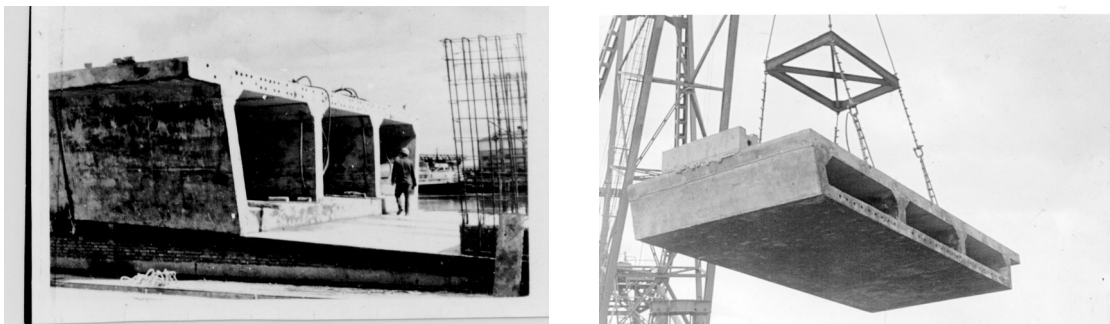


El buen funcionamiento del montaje de las dovelas del puente de Almodovar llevó a plantear la misma solución en el puente de Castejón, pero evitando el doble sistema de construcción de Almodovar, donde primero se montaron las ménsulas por dovelas y luego se montaron las vigas prefabricadas del tramo central. En Castejón, de 101 metros de luz,

se decidió hacer voladizos completos por dovelas y cerrar en clave mediante una articulación, igual que la mayoría de los puentes construidos por Dyckerhoff & Widmann y por Grand Travaux de Marseille en aquella época, solución que se abandonó después porque la fluencia producía discontinuidades angulares en clave. En el puente de Castejón no se produjeron deformaciones de fluencia en clave, probablemente porque las dovelas se montaron con mucha edad.

El puente de Castejón se terminó en 1967. Hace tres años volvimos al puente para cambiar uno de los apoyos de rodillos de una de las articulaciones laterales que había fallado. El puente se encontraba en buen estado; por él circula actualmente un tráfico intensísimo de camiones, en contraste con el puente Sancho el Mayor de la autopista, situado unos centenares más abajo, por el que pasan muy pocos.

El puente se construyó, igual que el de Almodovar por dovelas prefabricadas de 10 toneladas de peso montadas con blondin; desde una pila se avanzó en voladizo único a partir de un vano lateral construido sobre cimbra, y desde la otra se avanzó en voladizos compensados de 50 metros de longitud. Las dovelas se unieron en este puente con resina epoxi en vez de mortero, solución que se ha utilizado en todos los puentes siguientes.



3.3. Puente sobre la Dársena del Guadalquivir en la ciudad de Sevilla

Es un puente con una pila central y dos vanos de 55 metros con canto variable, máximo sobre la pila central, y mínimo sobre las laterales.

Está formado por dos tableros de 14 metros de ancho con sección en cajón multicelular. El planteamiento de proyecto era hacerlo en voladizo con dovelas ligeras como los puentes anteriores; se avanzaba en voladizos compensados desde la pila central, con un atirantamiento provisional hasta llegar a las pilas laterales. Para ello el cajón se hacía pentacelular y se construía con tres voladizos independientes, que posteriormente se unían in situ mediante losas superior e inferior.

La empresa constructora, Dragados y Construcciones planteó construirlo mediante dovelas de gran peso, 80 toneladas, montadas con grúa flotante y utilizar apoyos provisionales

hechos con pilotes, en vez de tirantes. Estas dovelas permitían hacer la sección completa y por ello se pasó del cajón pentacelular a un cajón tricelular. El puente se terminó en 1968.

3.4.- Puente de Iznajar sobre el río Genil



La construcción de la presa de Iznajar obligó a hacer un viaducto sobre el embalse de 400 metros de longitud, con una luz central de 85 metros y dos compensaciones de 55 metros, con altura de pilas de 80 metros. Los tres vanos

principales se hicieron con voladizos compensados con dovelas prefabricadas ligeras montadas con blondin, análogas a las del puente de Castejón. El puente se terminó en 1969.

El montaje de los voladizos fue bastante defectuoso y una vez terminados hubo que rectificar rasantes mediante una estructura celular sobre el tablero. El aumento de peso dio lugar a deformaciones por fluencia en clave, que tenía articulación igual que el de Castejón.

Por todo ello se decidió añadir un pretensado exterior alojado en los cajones que recuperó algo de flecha y frenó la fluencia.

3.5.- Puente de los Vados sobre el río Genil en Granada

Es un puente oblicuo de tres vanos de 25+76+25 metros de luz. La oblicuidad se evitó en el tablero desfasando los apoyos de los dos cajones sobre las pilas, y dejando los dos cajones independientes con una junta longitudinal en medio del tablero.

El puente se construyó en doble voladizo hasta llegar a los estribos, y se continuaron los voladizos del vano central hasta cerrar en clave. Se utilizaron dovelas de 40 toneladas montadas con grúa, que podría circular fácilmente por el lecho del río. En este puente se dio continuidad en clave.

Durante el primer montaje de las dovelas se utilizó una resina epoxi que no endureció. Fue necesario desmontar las dovelas, limpiarlas y montarlas de nuevo.



3.6.- Puente Sancho el Mayor sobre el río Ebro en Navarra

Es un puente atirantado de un solo vano de 140 metros de luz compensado mediante contrapesos. El tablero tiene un ancho de 29 metros que se resolvió con un cajón tricelular atirantado en el centro

mediante tirantes dobles separados 1 metro. Tiene un canto de 2,00 metros, y la envergadura de los voladizos laterales se resolvió con diafragmas transversales.

La construcción se hizo por avance en voladizos sucesivos atirantados mediante dovelas prefabricadas de 60 toneladas. Las dimensiones del cajón obligaron a dividirlo en dos semidovelas que se unían transversalmente in situ mediante el hormigonado de losas y el diafragma entre anclajes. La sección del cajón se unía a la dovela siguiente mediante resina epoxi, pero los voladizos laterales se unían entre sí mediante hormigonado de la losa entre dovelas.

Las dovelas se montaron mediante una grúa de 120 toneladas que avanzaba sobre el propio voladizo ya construido y atirantado.

El puente se terminó en 1978.



4.- CONCLUSIÓN

La técnica de las dovelas prefabricadas en voladizo es un procedimiento de construcción con una tecnología que es necesario dominar y por tanto han sido las empresas constructoras las que han desarrollado y desarrollarán este procedimiento de construcción.

El puente de Almodovar lo proyectó CARLOS FERNÁNDEZ CASADO en la empresa Huarte y Cía, y con ella puso a punto el procedimiento. Con la misma técnica se proyectaron los puentes de Castejón e Iznajar que construyó la sección especializada en puentes de la empresa Agromán, que utilizó, con pocas variantes, la desarrollada en Almodovar.

En el puente de Sevilla, la empresa Dragados, con su experiencia en prefabricación planteó las dovelas de gran peso. También la misma empresa planteó dovelas de gran peso en el puente Sancho el Mayor. Las dovelas se fabricaron en su factoría de Sagunto, y se transportaron por tren a la estación de Carrascal, y de allí en góndola a la obra.

Vemos que en gran parte las empresas condicionaron la construcción de todos estos puentes construidos en voladizo con dovelas prefabricadas, como es lógico porque se trata de un proceso de construcción. Por ello, para nosotros, ha sido una gran satisfacción volver a las dovelas prefabricadas de la mano de la tecnología desarrollada por la empresa Fomento de Construcciones y Contratas.