

Puentes en la obra A465 Heads of the Valleys (Gales)

Bridges in the Project A465 Heads of the Valleys (Wales)

**David Arribas Mazarracín^a, Ignacio Poyales Morales^b, Leandro Buján Vázquez^c,
Mike Cummine^d, Peter Nagle^e**

^a Master Civil Engineer. FCC Construcción. Jefe de Departamento de Puentes I. darribas@fcc.es

^b Master Civil Engineer. FCC Construcción. Project Director. ipoyalesm@fccco.com

^c Master Civil Engineer. FCC Construcción. Design Manager. lbujanv@fccco.com

^d Master Civil Engineer. FCC Construcción. Construction Director. mike.cummine@fccco.com

^e Civil Engineer. FCC Construcción. Bridges Project Manager. peter.nagle@fccco.com

RESUMEN

La obra A465 en Gales es una actuación que amplía el número de carriles en la carretera existente mejorando significativamente la capacidad de la carretera. Se trata de un proyecto de diseño y construcción ejecutado por FCC Construcción. En el proyecto, hay un total de 27 nuevos puentes y diversas intervenciones en estructuras existentes. Los puentes nuevos se resuelven con una gran variedad de tipologías que es muy interesante revisar para entender las preocupaciones de la ingeniería civil en el Reino Unido.

ABSTRACT

The A465 project in Wales involves expanding the number of lanes on the existing road, significantly improving its capacity. This is a design and construction project carried out by FCC Construcción. The project includes a total of 27 new bridges and various interventions on existing structures. The new bridges feature a wide variety of types, which is very interesting to review in order to understand the concerns of civil engineering in the United Kingdom.

PALABRAS CLAVE: desdoblamiento, puente integral, prelosas de polímeros, losas prefabricadas.

KEYWORDS: duplication, integral bridge, polymer precast slab, full depth precast concrete slab.

1. Descripción del proyecto

El proyecto trata sobre la mejora de 17 km de la carretera A465 entre Hirwaun y Dowlais, una sección clave de la red de transporte en Gales situada a 40 km al norte de Cardiff en los alrededores de la población de Merthyr Tydfil. La carretera actual es una vía de tres carriles que necesita ser actualizada a una carretera de doble calzada para mejorar la capacidad y la seguridad. El proyecto es parte de un esfuerzo más amplio

para mejorar la conectividad entre el oeste de Gales y las Midlands inglesas.

El nombre oficial del proyecto es “A465 Heads of the Valleys: Sections 5 and 6” cuyo propietario es el Gobierno de Gales. Es un proyecto de diseño y construcción que se adjudicó en junio 2020 a FCC Construcción. El desarrollo del diseño se encargó a la empresa Atkins con la colaboración de Typsa Ingeniería. En las estructuras más singulares se encargó el

trabajo como chequeador independiente a Sener. Durante el proceso de desarrollo del proyecto así como durante la construcción de las distintas estructuras, los Servicios Técnicos de FCC han estado apoyando técnicamente los distintos trabajos.

El proyecto incluye la construcción de 27 puentes, 3 pasarelas, 4 pasos inferiores tipo cajón, 28 muros y 2.2 millones de m³ de movimiento de tierras.

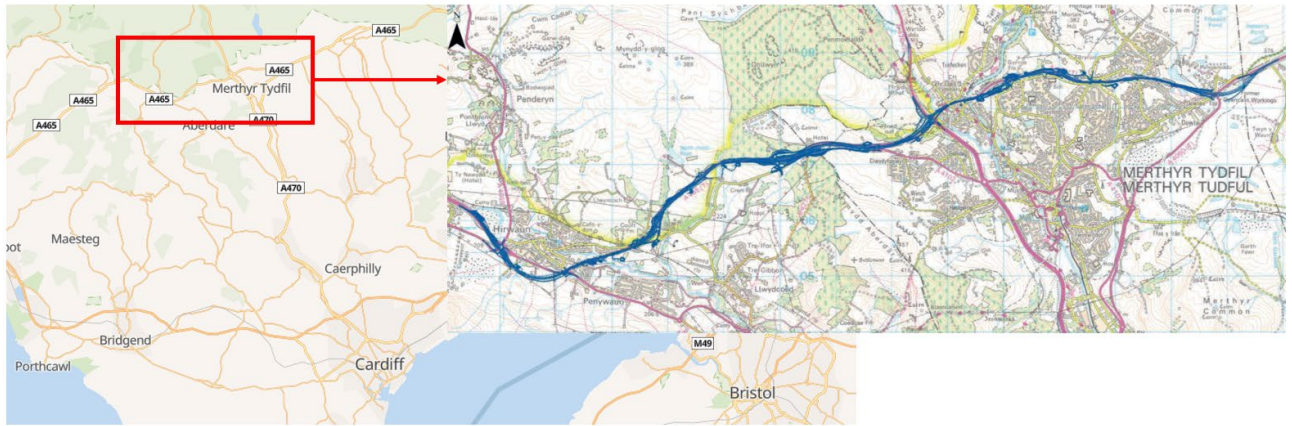


Figura 1. Ubicación del proyecto

1.1 Tipologías de las estructuras

Los puentes vehiculares están resueltos con diversas tipologías, pero hay dos puentes singulares dentro del proyecto: Taf Fechan y Taf Fawr. El segundo puente es motivo de otra presentación dentro del congreso [1].

Para la selección de tipologías del resto de puentes se han seguido las indicaciones especificadas en el Manual de Diseño de Puentes de Carretera del Reino Unido [2]. En esta colección de manuales se indican una serie de prescripciones que buscan mejorar la durabilidad de los puentes:

- Los puentes deben ser continuos salvo circunstancias especiales.
- Hasta longitudes de 60 m y esvajes por debajo de 30°, los puentes deben ser integrales.
- Fuera del rango anterior hay que intentar que los puentes sean integrales en la medida de lo posible.

Con este planteamiento se busca reducir el número de juntas de dilatación y de apoyos en los puentes de carretera.

Desde estos principios, fuera de los puentes mencionados como singulares, se pueden destacar tres tipologías:

- Puentes de vigas prefabricadas de uno o dos vanos. Suelen ser integrales tanto en los estribos como en la pila central, salvo en aquellos en los que debido a las condiciones de esviaje sólo son integrales en la pila central y se disponen apoyos y juntas de dilatación en los estribos.
- Puentes mixtos integrales de un solo vano. Consiste en vigas metálicas doble T y losa superior de hormigón prefabricado.
- Puente mixto multivano. En este caso, debido a su longitud, el puente no es integral y tiene apoyos convencionales. Su sección transversal es vigas metálicas doble T con losa superior de hormigón prefabricado.

2. Cálculo de la solución integral

Para calcular la interacción entre el puente integral y el terraplén se ha seguido la recomendación PD 6694-1 [3] que complementa el Eurocódigo 7 y sus anejos nacionales en Reino Unido.

En esa documentación se especifica que, debido a las expansiones cíclicas del puente, el empuje que desarrolla el terraplén va creciendo con el tiempo debido a la compactación que va sufriendo (“strain ratcheting”). Este efecto puede hacer que el empuje del terraplén llegue a ser mayor que el empuje pasivo de ese terraplén tras una compactación convencional.

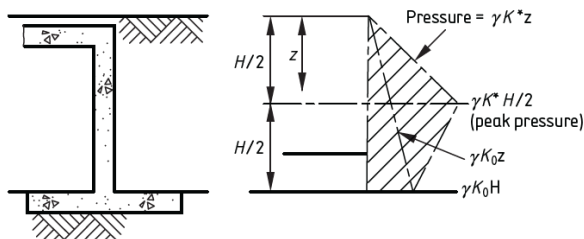


Figura 2. Diagrama de presiones por el efecto del “ratcheting” (PD 6694-1)

3. Puentes de vigas de hormigón prefabricadas integrales

Es la tipología más habitual habiendo un total de dieciocho puentes con este esquema. Su configuración es en uno o dos vanos y la luz llega a ser de 37 m.



Figura 3. Puente de Trewaun Oeste

Las vigas habituales son tipo artesa con un canto entre 0.90 m y 2.30 m dependiendo de la luz.

3.1 Diseño

Las pilas son en todos los casos tipo tabique con el mismo ancho que el tablero, por lo que para materializar la conexión tablero y pila se dispone un diafragma corrido que se puede cimbrar sobre la pila. Este diafragma dispone de barras transversales que cosen las vigas prefabricadas con la riostra y esta a su vez se conecta con las barras verticales de la pila.

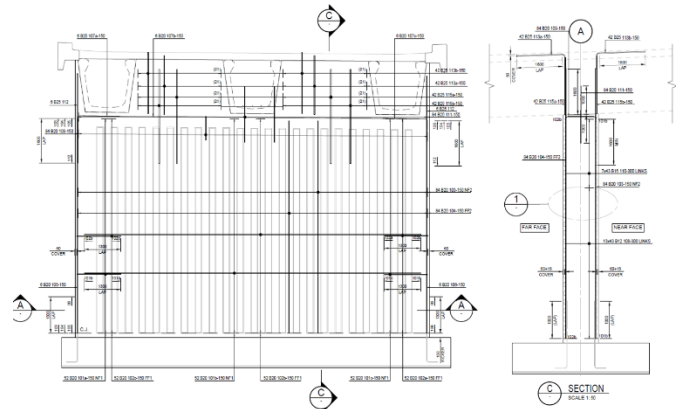


Figura 4. Detalle tipo de conexión entre pila y tablero

En los estribos el detalle de la conexión es similar, pero sólo se da continuidad a las armaduras verticales del trasdós del muro.

3.2 Construcción

En el Reino Unido no es habitual utilizar prelosas de hormigón pretensado como encofrado perdido [4]. Por lo tanto, se han usado prelosas de polímeros reforzados con fibras de vidrio (GRP) con nervios verticales para aportar más capacidad resistente. Este tipo de prelosas presentan mayor durabilidad que las que se usan como encofrado perdido habitualmente en España, además son más ligeras por lo que su manipulación es más cómoda. No obstante, su precio es mayor y la superficie superior es más complicada para trabajar debido a los nervios verticales que complican las operaciones de limpieza previas al hormigonado.

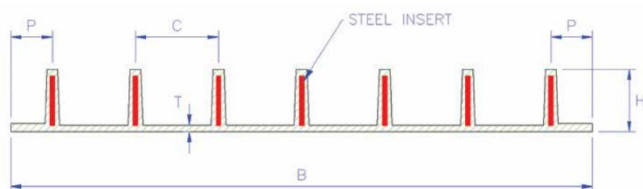


Figura 5. Detalle tipo de prelosa GRP

Para la construcción el proceso habitual ha sido:

1. Montaje de vigas
2. Montaje de prelosas
3. Ejecución de diafragmas
4. Instalación de la armadura de la losa superior
5. Hormigonado de la losa superior



Figura 6. Hormigonado de riostras tras montaje de prelosas en el puente de acceso a Wind Farm

4. Puentes mixtos integrales

Para luces por encima de 37 m se cambia de tipología de vigas prefabricadas de hormigón a vigas metálicas más losa de hormigón.

Con esta tipología se han construido 6 puentes de un solo vano integrales con los estribos, destacando el puente de Nant Ffrwd calzada sentido Este, en el que se llega a alcanzar una luz de 70 m.

4.1 Diseño

El diseño del tablero consiste en secciones abiertas basadas en tableros con vigas doble T. En el Reino Unido está prácticamente prohibido diseñar con secciones metálicas cerradas tipo cajón ya que presentan más problemas de

durabilidad por el posible acceso del agua y el peor mantenimiento.

La sección transversal suele consistir en vigas de canto constante de hasta 3.50 m y con separaciones entre vigas entre 2 y 5 m. Con esta distribución de vigas se hace casi imposible la típica solución bijácena que se emplea en otros países. En el Reino Unido se prefieren diseños con más vigas, pero menos pesadas, en los que no se penalice tanto las flexiones transversales de la losa superior. A su vez, se suele intentar ir a espesores de alma que no requieran grandes rigidizaciones. Es decir, se prefieren diseños con espesores de chapa algo mayores pero que requieran menos mano de obra en el taller.

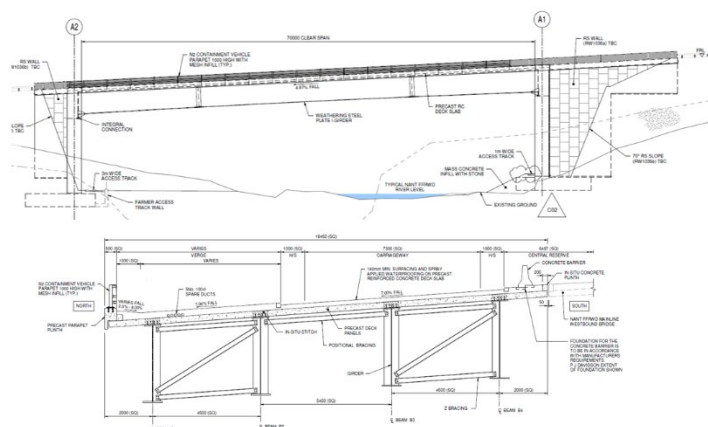
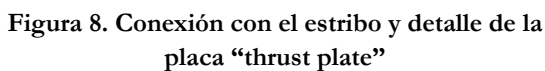


Figura 7. Vista lateral y sección transversal del puente Nant Ffrwd

Por lo tanto, el diseño siguió estos criterios habituales en el país

El acero estructural ha sido acero corten S355W. De este modo se evita el pintado de la estructura y por tanto se reducen las labores de mantenimiento. El detalle más singular en el diseño es la conexión integral con el estribo. La conexión se realiza con un diafragma transversal de hormigón ejecutado in situ. Para la conexión transversal entre las vigas metálicas y el diafragma se usan barras alojadas en taladros en el alma de las vigas metálicas. La continuidad con el estribo se consigue de la siguiente manera:

- Continuidad de la tracción en cara superior: solapando las barras superiores de la losa con la armadura vertical del trasdós del estribo.



- Continuidad de la compresión de la platabanda inferior de la viga metálica: con una chapa de apoyo (“thrust plate”) que reparte las tensiones de compresión del acero en el nudo de hormigón
- Cortante vertical del tablero: a través de la chapa de apoyo.

Las vigas metálicas de hasta 40 m de longitud se fabricaron de una pieza en el taller, en cambio para longitudes mayores, las vigas se fabricaron en tres tramos con un tramo central de longitud máxima 30 m aproximadamente. De esta forma se facilitaba el transporte desde el taller. Posteriormente, estos tramos de vigas se unían a pie de obra para conformar cada viga completa junto al punto desde el que se haría el montaje. Luego se disponían arriostramientos entre cada dos vigas longitudinales para solucionar las

Figura 9. Montaje de pareja de vigas en Nant Melyn

Debido a las habituales malas condiciones meteorológicas, lo habitual en el país es minimizar los trabajos a pie de obra e intentar maximizar la prefabricación. Por este motivo la losa de hormigón se planteó totalmente prefabricada para facilitar su construcción. De este modo, se diseñó una serie de placas prefabricadas de 3x3 m aproximadamente que materializan la losa en todo su espesor. Estas placas se montaban sobre las vigas longitudinales dejando calles longitudinales sobre estas para materializar con un hormigonado in situ la conexión a rasante entre la losa y las vigas longitudinales. Las juntas transversales entre placas también se realizaron con un hormigonado in situ utilizando como encofrado un labio inferior con el que se diseñaron las losas prefabricadas.

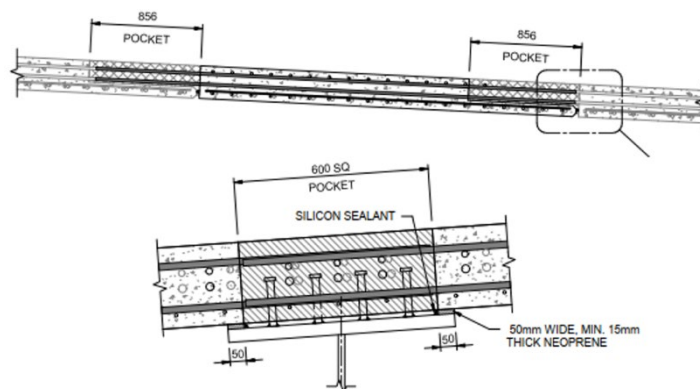


Figura 10. Detalle típico de juntas transversales (detalle superior) y longitudinales (detalle inferior)

En las uniones se evitó el típico diseño de conexiones entre elementos prefabricados basado en solape con lazos de armadura. El motivo es que la entidad que gestiona las carreteras en el Reino Unido (National Highways) exige ensayos en ese tipo de uniones para evitar problemas de fatiga [5]. Por ese motivo, para agilizar el desarrollo del proyecto, se buscaron uniones con solape en recto que requieren ventanas de conexión con hormigón in situ algo mayores, pero que son solucionables.

La secuencia constructiva de esta tipología de puentes fue:

1. Premontaje de pareja de vigas junto al estribo desde el que se va a hacer el montaje. Esta pareja de vigas va arriostradas entre sí.
2. Montaje con grúa de cada pareja de vigas apoyando en los estribos sobre las “thrust plates”
3. Instalación de las placas prefabricadas en los extremos de las vigas en una longitud del quinto de luz aproximadamente.
4. Hormigonado in situ de las riostras de conexión entre tablero y estribos y de las uniones entre las placas montadas.
5. Instalación de las placas de hormigón en la parte central del tablero.
6. Hormigonado de las uniones entre placas en la parte central del tablero.
7. Acabados.

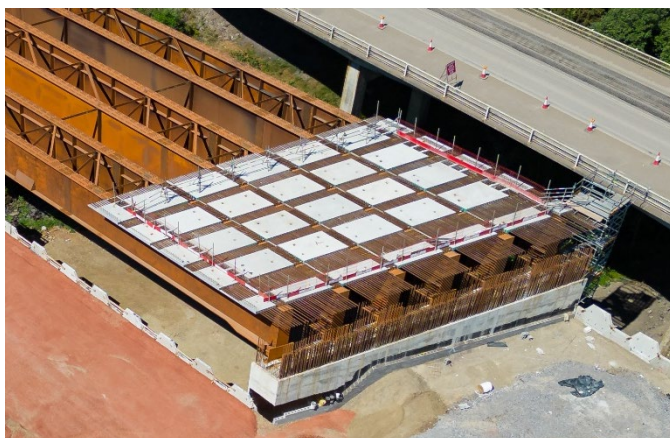


Figura 11. Montaje de placas en los extremos del vano con uniones in situ y riostra de estribo pendiente de ejecutar.

5. Puente mixto multivano

En esta tipología el único puente es Nant Hir que tiene una distribución de luces de 25+50+25 m. En este paso en la carretera actualmente hay un arco de hormigón que se mantiene y la carretera se duplica con este nuevo puente metálico que se construye junto al arco existente.



Figura 12. Puente de Nant Hir.

5.1 Diseño

Es un puente continuo de 100 m de longitud total. Por tanto, debido a su longitud no se pudo resolver como un puente integral y se diseñó como un puente continuo convencional apoyado sobre neoprenos y con juntas de dilatación en los extremos.

El puente tiene 16.85 m de ancho constante y consta de cuatro vigas metálicas de canto variable entre 2.25 y 3.25 m. La losa superior también es de hormigón prefabricado y tiene 0.25 m de espesor.

Debido a la mala proporción de luces, los apoyos en los estribos tenderían a despearse. Por este motivo el diafragma en los apoyos de los estribos se diseñó en hormigón uniendo las cuatro vigas y así realiza también la función de contrapeso manteniendo los apoyos siempre en compresión. Los diafragmas transversales en pilas son vigas metálicas de alma llena que unen las vigas dos a dos para resolver las flexiones transversales de esta zona.

