

Puente de Taf Fawr en la obra A465 Heads of the Valleys (Gales)

Taf Fawr bridge in A465 Heads of the Valleys (Wales)

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

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

^b Master Civil Engineer. FCC Construcción. Departamento de Puentes I. pbernals@fcc.es

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

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

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

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

RESUMEN

El puente de Taf Fawr forma parte del proyecto de desdoblamiento de la carretera A465 entre Dowlais e Hirwan en Gales, a 40 km al norte de Cardiff. Es un puente de hormigón pretensado con luces de 56 + 75 + 56 metros y una sección transversal multicajón de 37 metros de ancho. Lo más singular es que uno de los tres cajones pertenece a un ramal de entrada que se conecta con los otros dos en una sección intermedia. Los cajones se construyeron de forma independiente mediante avance en voladizo usando dos parejas de carros y luego se unieron con otro sistema de carros diseñado específicamente para el proyecto.

ABSTRACT

The Taf Fawr bridge is part of the project to widen the A465 road between Dowlais and Hirwan in Wales, 40 km north of Cardiff. It is a prestressed concrete bridge with spans of 56 + 75 + 56 meters and a multi-box cross-section 37 meters wide. The most unique feature is that one of the three boxes belongs to an on-slip ramp that connects with the other two in an intermediate section. The boxes were constructed independently using the cantilever method with two pairs of form travelers and were then joined with another system of form travelers specifically designed for the project.

PALABRAS CLAVE: hormigón pretensado, durabilidad, cajón multicelular, voladizos sucesivos.

KEYWORDS: prestressed concrete, durability, multi box deck, balance cantilever.

1. Descripción del proyecto

La construcción del nuevo puente de Taf Fawr se enmarca en el proyecto de desdoblamiento de la carretera A465 en el sur de Gales. Es un proyecto de diseño y construcción llevado a cabo por FCC Construcción. En este proyecto se incluyen otras estructuras que se describen en la

comunicación “Puentes en la obra A465 Heads of the Valleys (Gales)” [1].

En la situación previa al desdoblamiento de la calzada, la carretera A465 cruza el río Taf Fawr mediante un puente construido en 1966 que requirió una reconstrucción completa del tablero en 1986 por presentar importantes problemas de corrosión. Esta estructura se conserva para el paso de un ramal en la

configuración desdoblada, mientras que el tronco y otro ramal se ubican en el nuevo puente paralelo al existente.



Figura 1. Vista general de los puentes existente y nuevo en construcción en abril de 2024.

El diseño ha sido llevado a cabo por la empresa de ingeniería Atkins y como chequeador independiente ha estado trabajando Sener. La construcción ha sido llevada a cabo por FCC junto con su filial de pretensados y técnicas especiales BBR. Como principal subcontratista de la construcción ha estado trabajando Tecozam que además ha aportado los carros de hormigonado. Durante los procesos de diseño y construcción han estado colaborando los Servicios Técnicos de FCC, incluyendo los trabajos del control geométrico durante la construcción del tablero.

Se trata de un puente de hormigón postesado con tres vanos de 56+75+56 m de luz y un ancho total máximo de 37 m. Para alcanzar este ancho, el tablero se divide en tres cajones que se ejecutan independientemente separados 12 m aproximadamente y se conectan a posteriori por las alas.

Es interesante destacar que, debido a diversas patologías en puentes con postesado ejecutados en los años 60, en el Reino Unido esta técnica estuvo prohibida entre los años 1992 y 1996. Entre esos puentes con problemas estaba el puente original de Taf Fawr construido en 1966 y cuyo tablero tuvo que ser sustituido y que ahora se aprovecha para alojar un ramal con la nueva configuración de la carretera.

2. Diseño

2.1 Planteamiento general

El puente en su situación final está conformado por tres cajones unidos, salvo el primer vano, en el que, debido a las condiciones de trazado, uno de los cajones se desconecta y su trazado se abre para alojar un ramal de incorporación.

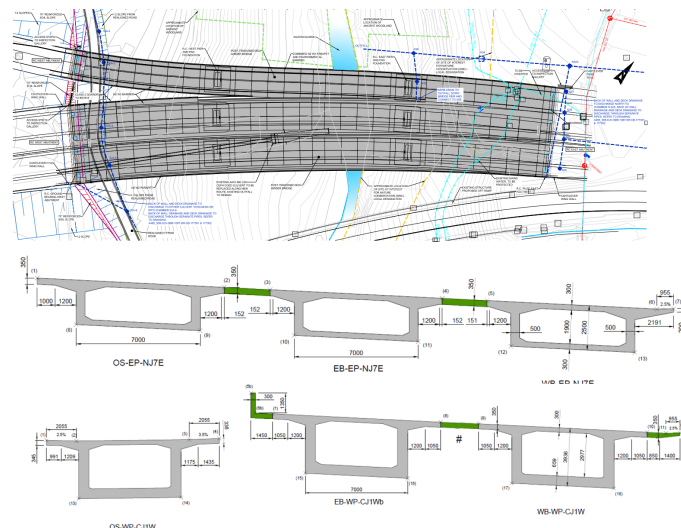


Figura 2. Planta general y secciones transversales en la zona de doble cajón y de triple cajón

Cada cajón tiene un canto variable entre 2.50 m en centro de vano y 4.50 m sobre pila. El ancho inferior de cada cajón es constante de 7.0 m.

El puente es integral en las pilas intermedias y tiene una pareja de apoyos tipo pot bajo cada cajón en los estribos. Estos apoyos permiten el movimiento longitudinal, pero dentro del conjunto de apoyos, uno de ellos está bloqueado transversalmente para impedir el movimiento relativo transversal entre tablero y estribo.

El puente se diseña con una construcción en avance en voladizo desde las pilas, mientras que el último tramo de los vanos laterales se construye cimbrado al suelo.

La estructura se diseña para una vida útil de 120 años como perteneciente a la categoría 5, tal y como se define en el Anejo Nacional Británico al Eurocódigo EN 1990 [2]. Hay que tener en cuenta que esta vida útil exigida a los

puentes en el Reino Unido es algo mayor que lo estándar en el Eurocódigo que suele ser 100 años.

2.2 Cimentaciones

Las cimentaciones del estribo oeste y las pilas son directas sobre roca (tipo Mudstone o Sandstone), mientras que la cimentación del estribo este se ha previsto pilotada por la presencia de un nivel cuaternario importante (Glacial Till). La cimentación pilotada se resuelve con dos alineaciones de pilotes de diámetro 900 mm y con una longitud de pilotes de unos 17 m para empotrarse 2.70 m en la roca sana.

Debido a esta combinación de cimentaciones directas y profundas, durante el diseño se plantearon distintas hipótesis de un eventual asiento diferencial para realizar las diversas comprobaciones estructurales.

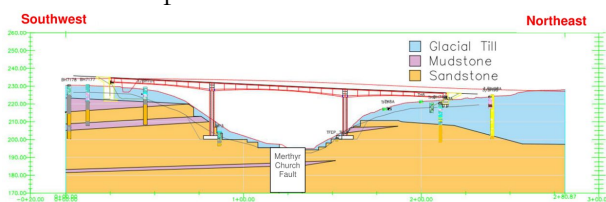


Figura 3. Perfil geotécnico.

2.3 Pretensado

En el diseño se ha previsto un pretensado recto en alzado por la cara superior e inferior de cada cajón con el típico esquema de puente construido por voladizos sucesivos. Todos los tendones son de 19 torones de 140 mm² en vaina de plástico corrugado de 100 mm de diámetro interior y 80 mm de recubrimiento mínimo.

El pretensado de continuidad de la losa inferior se ancla mediante cuñas de hormigón armado en la misma losa, y se tesa tras la

ejecución de los cierres. Tras hormigonar la dovela de cierre en cada vano se tesa únicamente la tercera parte de los tendones quedando los restantes para ser tesados tras el cierre total del tablero.

Tal y como se ha explicado anteriormente, el postesado estuvo prohibido en el Reino Unido unos años. Gracias a las publicaciones técnicas que ha emitido desde 1996 la asociación Concrete Society, se han ido consolidando en el país unos criterios de diseño para mejorar la durabilidad del pretensado y se ha ido volviendo a usar esta tecnología. En el proyecto se han definido todos los detalles del pretensado según las recomendaciones del Technical Report No 72 de la Concrete Society [3]. Las principales singularidades son:

- La filosofía de la protección del postesado debe seguir el concepto de multicapa. De este modo la vaina debe ser un elemento aislante adicional y por eso se ha usado vaina de plástico corrugado.
- Ensayo de presión de aire de todas las vainas antes de cada hormigonado para comprobar la estanqueidad de estas.
- Ensayo de prueba de inyección a escala 1:1 en una viga de prueba. Luego se hacen taladros para comprobar si la inyección ha rellenado completamente la vaina.



Figura 4. Viga de prueba de inyección a escala real.

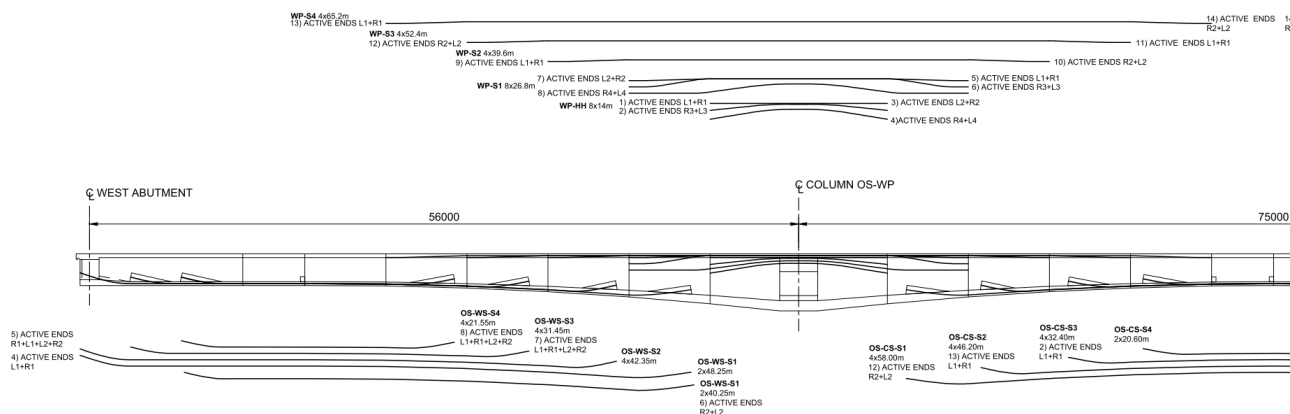


Figura 5. Disposición general del pretensado en vano lateral y semivano central.

Durante la construcción en avance en voladizo, para no interferir los carros con el cajón contiguo, es necesario que el voladizo lateral de cada cajón sea mínimo. Este requerimiento condiciona el pretensado superior que se va tesando durante la construcción en voladizo. Esto lleva a que, en el pretensado de los voladizos de la pila este (zona en la que los cajones están más cerca), los cables de pretensado tengan que ir en mayor número en la zona entre almas con respecto a los voladizos. Por tanto, hace falta llevar esos tendones con el trazado en planta hacia su zona natural de tesado que es la cartela exterior de cada alma. De esta forma se conforma un trazado en planta poco habitual en este tipo de puentes y que provoca diversas interferencias con el armado de alma. Para solucionar estas interferencias ha habido que definir muchos detalles específicos en la armadura de las almas.

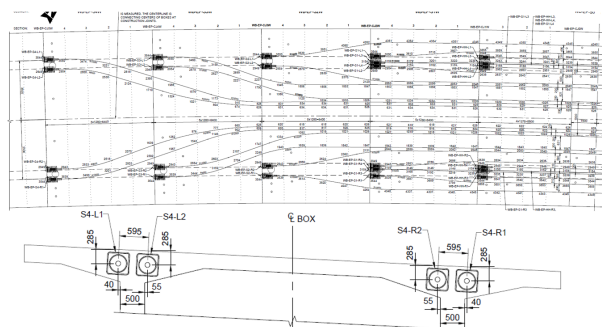


Figura 6. Trazado en planta en un voladizo con más tendones en la zona entre almas (superior) y frente de tesado estándar (inferior).

3. Construcción

3.1 Subestructura

Las pilas se han construido con encofrados trepantes convencionales. Cada puesta tenía 5 m y el rendimiento ha sido de 2-3 días por cada trepa. Para conseguir esos rendimientos es necesario premontar la armadura de cada trepa en el suelo.

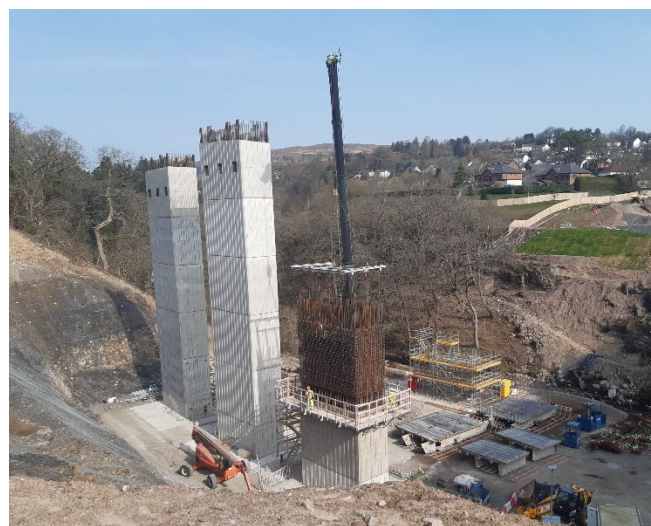


Figura 7. Montaje de armadura en una trepa durante la construcción de las pilas.

3.2 Tablero

La construcción de todo el tablero se ha planteado como si fueran tres cajones independientes para luego unirlos en fase final.

La construcción del tablero ha durado aproximadamente dos años.

Los tres cajones se han construido de forma secuencial con 2 parejas de carros (una pareja en cada pila). El primer cajón ejecutado fue el situado más al norte (el del ramal de acceso) y de forma secuencial se fueron construyendo los otros dos que están más al sur. La escasa distancia entre los cajones ha condicionado el diseño de los carros de voladizos.

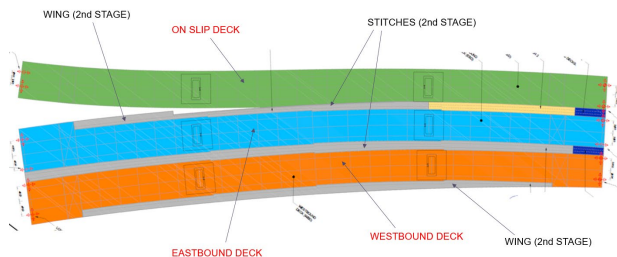


Figura 8. Planta esquemática del proceso constructivo del tablero.

En los vanos laterales hay 5 dovelas ejecutadas en voladizo mientras que en el vano central hay sólo 10 dovelas incluyendo la dovela de cierre. Por tanto, la ejecución por voladizos sucesivos resulta asimétrica, ejecutándose en primer lugar la T completa de la pila este con 5 dovelas en cada vano, mientras que la T del lado oeste sólo se ejecuta hasta la cuarta dovela

La longitud de las dovelas estándar es de 6.40 m. Es una longitud un poco por encima de lo habitual, pero en este proyecto se ha buscado hacer menos dovelas, pero de más longitud. Esto afecta al número de frentes de tesado y ha condicionado la distribución de pretensado ya que este debe entrar de forma menos progresiva.



Figura 9. Carros de hormigonado.

La longitud de la dovela cero, de tan sólo 14 m, obligó a montar los carros de forma decalada. El segundo carro se instala en la dovela cero tras el hormigonado y el avance de la primera dovela del primer carro.

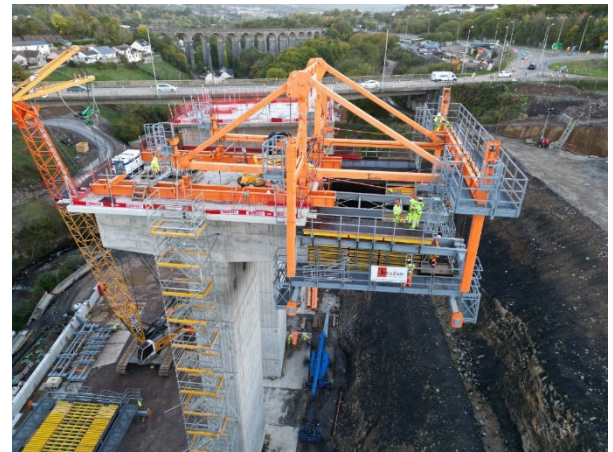


Figura 10. Primer carro de hormigonado en dovela cero.

3.3 Cierres

La secuencia de cierres de la construcción de cada cajón en avance en voladizo sigue el siguiente proceso:

- Cierre en el vano lateral de la primera T con un tramo hormigonado in situ sobre cimbra cuajada.
- Cierre en el vano principal uniendo la T de cinco dovelas con la de cuatro.
- Ejecución de la quinta dovela de la segunda T en el vano lateral
- Cierre del vano lateral de la segunda T con el tramo cimbrado correspondiente.

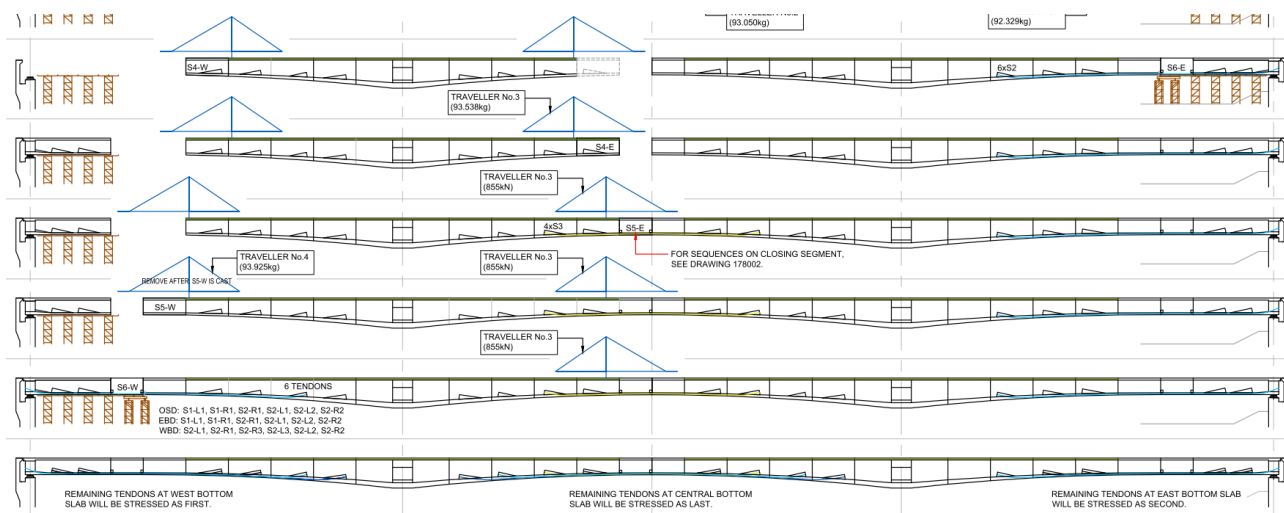


Figura 11. Secuencia de ejecución de cierres.

Los movimientos térmicos durante el hormigonado de la dovela de cierre en los vanos laterales pueden provocar movimientos relativos longitudinales y verticales entre ambos extremos a unir. Esto se resolvió con un contrapeso dispuesto sobre el voladizo apoyado en la cimbra para evitar su levantamiento, y unas vigas de atado para evitar movimientos longitudinales.

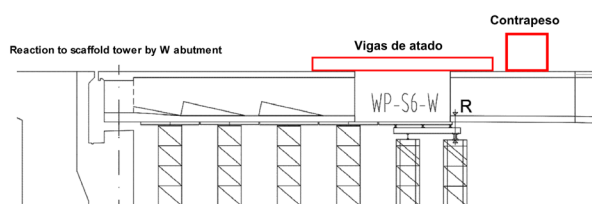


Figura 12. Esquema de cimbrado de la dovela de cierre en vano extremo.

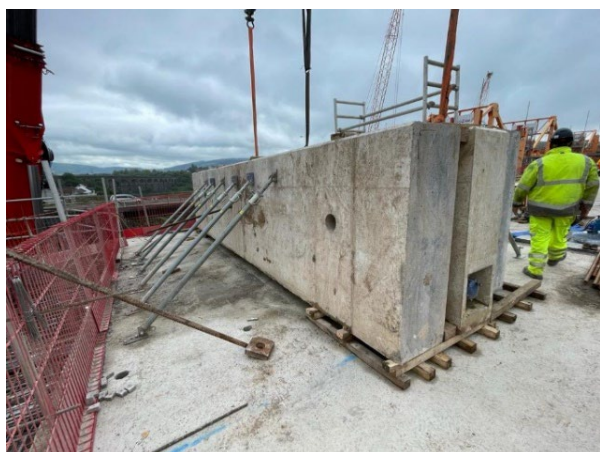


Figura 13. Contrapeso para el hormigonado de la dovela de cierre en los vanos laterales

Para ejecutar el cierre del vano principal se utilizaron las vigas carril del carro para impedir los movimientos relativos entre las dos puntas de los voladizos a unir.

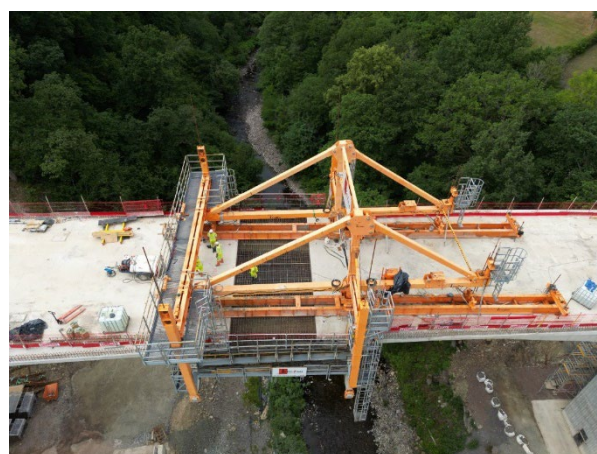


Figura 14. Hormigonado de dovela de cierre en vano principal

3.4 Conexiones entre cajones

Tras acabar la construcción de los cajones hubo que realizar dos operaciones adicionales (ver esquema en planta del proceso constructivo):

- Ampliación de los voladizos en ciertas zonas.
- Unión entre cajones.

Estas operaciones se hicieron con 3 carros diseñados por Tecozam específicamente para este cometido. Uno de ellos sólo podía ejecutar los voladizos, otro podía configurarse para hacer

voladizo o cierre entre cajones y el tercero sólo podía funcionar para hacer cierres entre cajones.

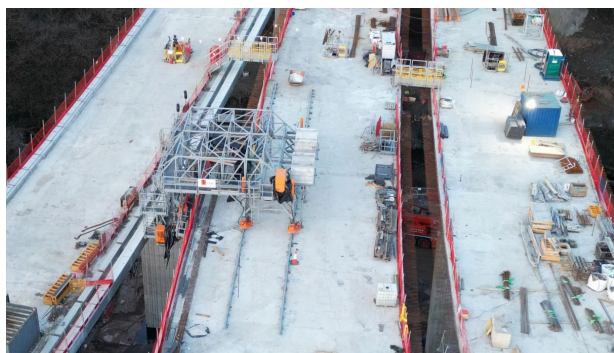


Figura 15. Carro ampliando el voladizo en el primer vano.

Para agilizar el proceso constructivo, los trabajos de uniones entre cajones y ampliaciones de voladizos se empezaron a hacer entre los dos primeros cajones (los situados más al norte) antes de terminar la construcción del tercer cajón. De esta forma se simultanearon operaciones y se pudo reducir el plazo.

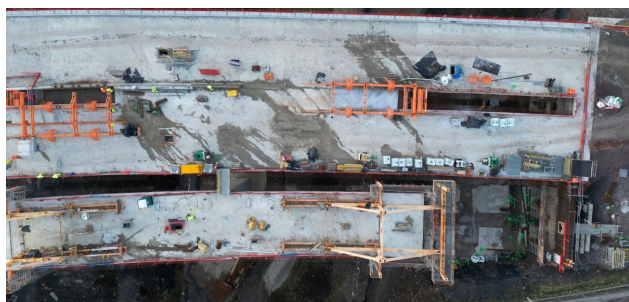


Figura 16. Vista superior de dos carros ejecutando la unión entre los dos primeros cajones mientras se está terminando la construcción del tercer cajón.

4. Conclusiones

El puente de Taf Fawr no es especialmente singular en cuanto a luces, pero su construcción demuestra que se han disipado las dudas respecto a la durabilidad de los puentes de hormigón pretensado en el Reino Unido gracias a la labor de la asociación Concrete Society, entre otras.

La principal complejidad que ha condicionado tanto el diseño como la construcción ha sido la singularidad que presenta

al ser tres cajones unidos en fase final. Esto ha forzado una construcción en avance en voladizo con poco espacio entre cajones y poco espacio en general en toda la zona de construcción. Adicionalmente, ha sido necesario realizar una serie de recrecidos transversales y cierres entre cajones tras la construcción de los cajones principales.

Agradecimientos

Se quiere agradecer a todo el equipo de construcción de FCC que ha participado en el puente y que ha colaborado en la preparación de esta comunicación. También hay que agradecer a Tecozam, a través de Alejandro Plaza, que ha facilitado algunas de las fotografías que se han utilizado en esta comunicación.

Referencias

- [1] David Arribas et al., Puentes en la obra A 465 Heads of the Valleys (Gales), IX Congreso ACHE 2025.
- [2] BSI British Standards, NA to BS EN 1990: 2002 + A1:2005, June 2009.
- [3] Concrete Society, Technical Report No. 72 “Durable Post-tensioned Concrete Structures”, September 2010.