

Puentes integrales en Irlanda y Reino Unido

Integral bridges in Ireland and United Kingdom

Fernando Cea Soriano^a, Guillermo Palacios García^b

^a Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Jefe de sección. Departamento de Estructuras de TYPSA. Madrid. fcea@typsa.es

^b Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Jefe de equipo. Departamento de Estructuras de TYPSA. Madrid. gpalacios@typsa.es

RESUMEN

El presente artículo resume dos de las realizaciones de TYPSA en puentes integrales en varios proyectos de carreteras para Irlanda y Reino Unido. A lo largo del mismo se repasan estas experiencias, que incluyen puentes que poseen el récord de luz en su tipología, con vigas prefabricadas de 50 m de longitud. Posteriormente se compara la metodología aplicada en el análisis y la estrategia planteada para estos puentes, basada en la norma PD6694, y las propuestas en la “Guía para la concepción de puentes integrales en carreteras” de la Dirección General de Carreteras. El objetivo es aportar una visión más amplia, que permita conocer y aplicar los aspectos más ventajosos de cada una de las dos filosofías.

ABSTRACT

This article summarises the work on integral bridges in two among the various road projects that TYPSA has developed in Ireland and the United Kingdom. It reviews these experiences, which include bridges that hold the span record in their typology, with precast beams of 50 m in length. It then compares the methodology applied in the analysis and the strategy proposed for these bridges, based on the PD6694 guideline, and those proposed in the "Guide for the design of integral bridges on roads" of the Dirección General de Carreteras. The aim is to provide a broader view, which allows us to understand and apply the most advantageous aspects of each of the two philosophies.

PALABRAS CLAVE: puente integral, prefabricado, retracción, temperatura, sobreconsolidación.

KEYWORDS: integral bridge, precast, shrinkage, temperature, ratcheting.

1. Introducción

El uso de puentes integrales está más extendido en Irlanda y Reino Unido que en España. Esto se debe en buena medida a la obligatoriedad, de acuerdo con la CD 350 [1] en Reino Unido, de emplear puentes integrales siempre que la longitud no supere los 60 m y el esviaje no supere los 30 grados. Además, esta misma norma indica que se estudie la posibilidad del uso de puentes integrales cuando la longitud supera los 60 m o el esviaje supera los 30 grados. Por su parte, en Irlanda la AM-STR-06008-02 [2] refiere al NRA

DMRB Volume 1 Section 3 Part 7 (BD 57/01), que es una versión anterior de la citada CD 350, de modo que propone esos mismos límites: 60 m de longitud y 30 grados de esviaje.

En España no hay un requerimiento normativo que imponga el uso de soluciones integrales. La “Guía para la concepción de puentes integrales en carreteras” de la Dirección General de Carreteras [3] hace referencia a la limitación impuesta por Reino Unido e Irlanda, demostrando que la Guía se desarrolló con un

amplio conocimiento de los criterios, experiencias y particularmente de las patologías presentadas en los puentes integrales de otros países: Reino Unido, Suiza y Estados Unidos.

En cambio, la Guía sí aporta, en su apartado 5.6, limitaciones al uso de los puentes integrales, entre las que se puede destacar la “d)” y la “e)”:

“d) el esviaje de la obra tendrá que ser inferior a 60°¹, tal como se indica en el apartado 5.2.4, y se adoptarán las soluciones previstas en dicho apartado para paliar las consecuencias del esviaje.

e) En los puentes con planta curva, el valor del radio de curvatura será superior a 10 veces la anchura del tablero y el ángulo de apertura de la obra será inferior a 40°, de acuerdo con lo señalado en el mismo apartado 5.2.4.”

El citado apartado 5.2.4 de la Guía propone modificaciones a la geometría de la losa de transición como medida para paliar los efectos del esviaje o la curvatura, puesto que en el apartado 5.2.1 ya ha establecido “*Todo lo anterior aconseja que en los puentes integrales se utilice siempre la losa de transición para mejorar la comodidad y seguridad de la conducción*”.

Como se desarrolla más adelante, la Guía centra las soluciones en estribos flexibles sobre una hilera de pilotes flexibles. Además, da reglas de diseño para las losas de transición puesto que, como indica, “*puede sufrir asentamientos que, por una parte, corresponderán al del terraplén de acceso y, por otra, a los que son consecuencia de las dificultades de compactación y las concentraciones de carga localizadas junto al estribo*”. Por último, sugiere, cuando el terreno tenga capacidad portante, que el puente se haga semi-integral (apartado 5.3.5).

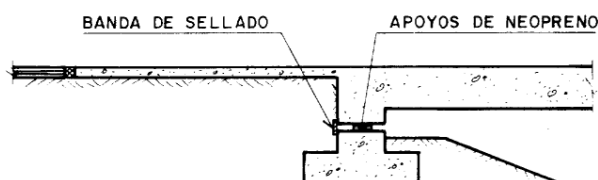


Figura 1. Puente semi-integral en la Guía.

¹ A la vista del apartado 5.2.4, la Guía establece un límite de esviaje de 30°, no de 60°.

A lo largo del artículo se describen dos de los proyectos desarrollados por TYP SA para Irlanda y Gales y se pone el foco en las diferencias en cuanto a la solución de puente integral, en particular el análisis de los empujes en los estribos y sus cimentaciones, el efecto del esviaje, los detalles de trasdosado del estribo o cargadero, de losa de transición, las juntas de calzada así como de la viabilidad de las soluciones con cimentación directa y su relación con los puentes semi-integrales.

2. Descripción de los proyectos.

2.1 N22-Macroom Bypass (Irlanda)

El proyecto de la N22 entre Baile Bhuirne y Macroom consiste en la construcción de 22 km de vía tipo 2: calzadas separadas por una mediana continua y 2 carriles por calzada. Partiendo de Baile Bhuirne, realiza una circunvalación de la población de Macroom y vuelve a unirse con la N22 existente al sur de esta localidad.

El cliente es Barry Transportation, quien trabaja para un consorcio de contratistas locales: Jons Civil Engineering y John Cradock Ltd.

Dentro de los trabajos realizados por TYP SA se encuentra el diseño de diez puentes integrales, incluyendo dos de vigas pretensas récord de longitud en Reino Unido e Irlanda.



Figura 2. Estructura S28. N22. Irlanda.

Tabla 1. Resumen de puentes integrales diseñados por TYPESA en la N22.

Estructura Tipo	Ancho / Solución	Longitud – Esviaje / Distribución	Estribo / Cimentación
S09 Tronco	21.3 m 7 – W7	59.6 m – 28.4° 18.1 – 22.8 – 18.7	Cerrado Directa
S17 Tronco	20.5 m 7 – W3	20.3 m – 16.7° 20.3	Abierto. S. reforzado Directa
S19 Tronco	20.7 m 7 – W13	43.5 m – 0° 43.5	Cerrado Directa
S20 P. Superior	7.16 m 2 – W10	57.8 m – 23.8° 12.0 – 27.8 – 12.0	Cerrado Directa
S21 Tronco	24.0 m 8 – W3	19.8 m – 14.7° 19.8	Abierto. S. reforzado Directa
S22 P. Superior	8.6 m 3 – W10	59.6 m – 5.3° 13.5 – 25.5 – 18.3	Cerrado Directa
S24 P. Superior	13.6 m 5 – W9	47.6 m – 12.5° 11.1 – 26.0 – 10.5	Cerrado Directa
S26 Tronco	20.5 m 7 – W19	51.4 m – 0° 51.4	Cerrado Micropilotes
S27 Tronco	20.72 m 7 – W9	54.4 m – 0° 27.2 – 27.2	Abierto. S. reforzado Directa
S28 Tronco	26.65 m 7 – W19	99.6 m – 1° 49.8 – 49.8	Cerrado Micropilotes

Tabla 2. Resumen de puentes integrales diseñados por TYPESA en la A465.

Estructura Tipo	Ancho / Solución	Longitud – Esviaje / Distribución	Estribo / Cimentación
0181 Tronco	24.0m 5 – W14	29.8 m – 5.4° 29.8	Cargadero S. reforzado Directa
0301 P. superior	13.5 m 3 – W15	62.0 m – 13.4° 29.2 – 32.7	Cerrado Directa
0324 P. Superior	17.8 m 7 – W3	49.2 m – 0° 22.9 – 26.3	Cerrado Directa
0447 Tronco	61.1 m 2 – TYE3 44 – TY3 1 – W16	23.4 m – 22.5° 23.38	Cerrado Directa
0466 Tronco	39.16 m 13 – W13	38.81 m – 5.3° 38.81	Cargadero S. reforzado Directa
0509 Tronco	28.89 m 9 – W9	30.22 m – 28.97° 30.22	Cargadero S. reforzado Directa
0540 Tronco	32.32 m 9 – W19	42.75 m – 22.5° 42.75	1-Cerrado 2-Cargadero S. reforzado Directa
0543 Tronco	19.75 m Mixto. 6 vigas de 3.5 m	69.24 m – 22.5° 69.24	Cerrado Directa

2.2 A465-Heads of the Valleys (Gales)

Se trata de una ampliación de calzada existente de unos 16 km de longitud entre las poblaciones de Hirwaun y Dowlais. La vía resultante se define como D2AP, lo que implica tener calzadas separadas por una mediana continua y dos carriles por calzada.

El cliente es Atkins, para un consorcio de constructoras liderado por FCC.



Figura 3. Estructura 0543. A465. Gales.

3. Comparación entre PD6694 y la Guía para la concepción de puentes integrales en carreteras

A continuación, se hace una comparación de la metodología aplicada por cada una de las dos referencias descritas en el análisis de los efectos fundamentales que se dan en el comportamiento de un puente integral, en el dimensionamiento de sus elementos principales y en las medidas preventivas o paliativas propuestas.

Como se ha descrito en la introducción, estos son: el análisis de los empujes en los estribos y sus cimentaciones, el efecto del esviaje, los detalles de trasdosado del estribo o cargadero, de losa de transición, las juntas de calzada así como de la viabilidad de las soluciones con cimentación directa y su relación con los puentes semi-integrales. Se hace

referencia, de manera general, a la PD6694. La parte de esta recomendación que se ocupa del diseño de puentes integrales y semi-integrales corresponde al capítulo 9.

3.1 Tipologías de puente integral y semi-integral

En las siguientes figuras se muestran las tipologías de estribo de puente integral y semi-integral que contempla la PD6694 en su metodología.

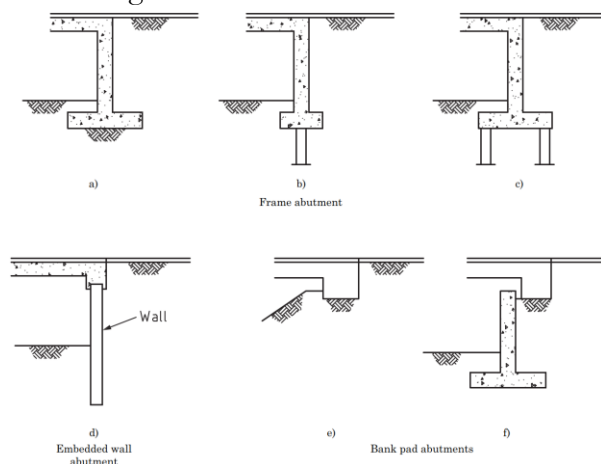


Figura 4. Estribos integrales en la PD6694 (1/2).

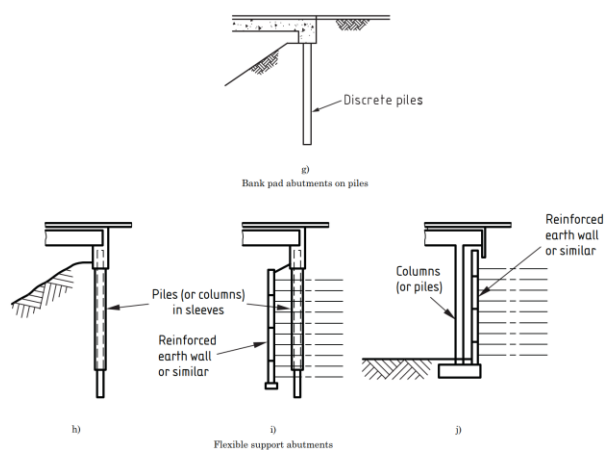


Figura 5. Estribos integrales en la PD6694 (2/2).

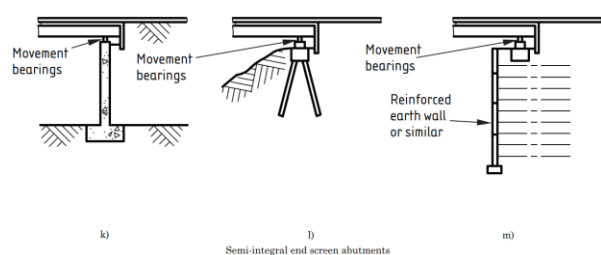


Figura 6. Estribos semi-integrales en la PD6694.

Por su parte, la Guía muestra gran cantidad de detalles de estribos traídos de realizaciones en diversos países. En general estas soluciones incluyen un cargadero con una hilera de pilotes metálicos y losa de transición empotrada al cargadero. Al plantear el análisis, diferencia entre puentes en terraplén y en desmonte, pero en ambos casos la solución es esa misma: cargadero con una hilera de pilotes metálicos y losa de transición empotrada.

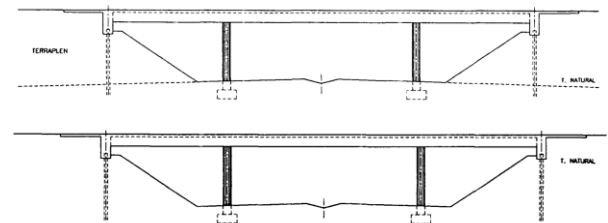


Figura 7. Estribos integrales en la Guía.

En el apartado 5.2 “Losa de transición” dice: “Por tanto, parece lógico que, al menos en el caso de los puentes integrales, la losa de transición se sitúe al nivel, y como prolongación, de la losa del tablero del puente” y “Parece que la forma más práctica y sencilla de conectar la losa al estribo es simplemente empotrándola” y en el 5.3 “Cimentación del Estribo” dice: “En puentes integrales, lo más habitual es cimentar los estribos con una sola hilera de pilotes hincados, muy flexibles lateralmente cuya misión es transmitir las cargas verticales que llegan al estribo a capas profundas competentes, sin coaccionar los movimientos horizontales del tablero y manteniendo su capacidad portante a lo largo de la vida útil del puente.” Y en 4.4.3 “Dadas las dimensiones habituales de los puentes en los que se utilizan soluciones integrales, la altura del estribo suele estar comprendida entre 1,20 y 2,00 metros”.

Así, la primera diferencia significativa es que la PD 6694 no hace una relación tan automática entre el hecho de que el puente sea integral y el que su cimentación se resuelva con una hilera de pilotes, con estribos pequeños y menos aún con el empleo de una losa de transición.

3.2 Empujes de tierras en estribos

Por el tipo particular de puente integral para el que está pensada la Guía, se habla de tres situaciones que se resumen a continuación:

- *Acortamiento debido a la retracción y eventualmente a la fluencia. El valor de los empujes de tierras estará comprendido entre los correspondientes al empuje al reposo y al empuje activo.*
- *Dilatación debida al incremento de temperatura [...] comprendido [...] entre los correspondientes al empuje al reposo y al empuje pasivo.*
- *Movimientos producidos por las fuerzas horizontales actuantes al nivel del tablero [...] exigirá movilizar un empuje intermedio entre el pasivo y el empuje al reposo.*

Y se concluye [...] en la práctica no es necesario, a dichos efectos, cuantificar estos valores ya que no afectan prácticamente al comportamiento de la obra.

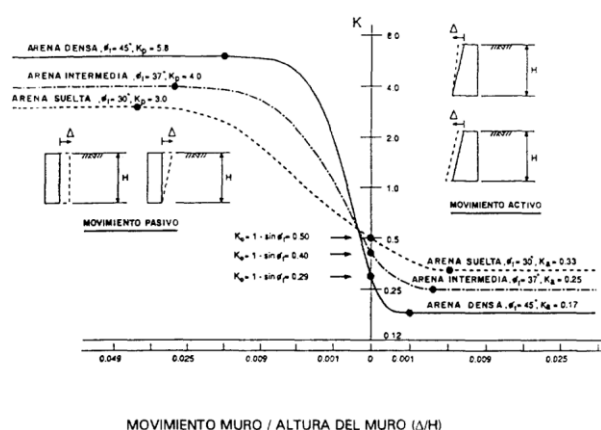


Figura 8. Relación movimiento de muro y presión.

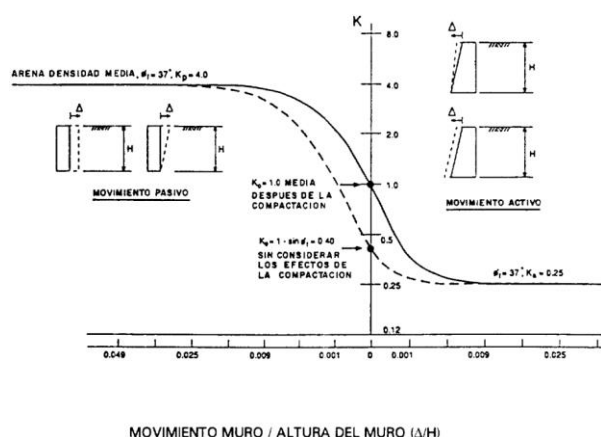


Figura 9. Relación movimiento de muro y presión.
Relleno compactado

Por su parte, la PD 6694 propone un método para la determinación de las presiones en el trasdós de estribos de puentes integrales en el caso de dilatación. Hay que recordar que esta recomendación tiene un carácter más general, y pretende resolver casos muy distintos al considerado por la Guía como un puente integral típico. Así, pueden darse configuraciones como la del Viaducto Nant Melyn Westbound (en la A465) donde los estribos tengan geometrías marcadamente distintas entre sí, o la estructura S26 (en la N22) donde la altura de los estribos (de 7.0 metros sobre los pilotes) queda lejos de los 1.5/2.0 m asumidos por la Guía.

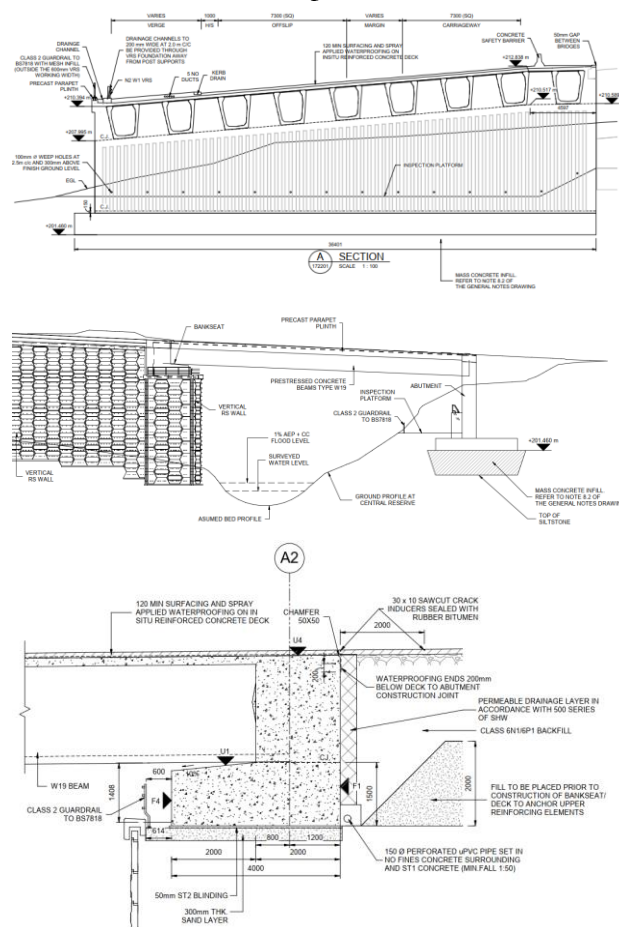


Figura 10. Estructura 540-NMWB. Estribo sur cerrado sobre roca. Norte: cargadero sobre suelo reforzado.

Para la PD6694, la sobreconsolidación del material del trasdós originado por los ciclos de dilatación/contracción de la estructura supone un efecto fundamental en el dimensionamiento de un puente integral, denominado “ratcheting”.

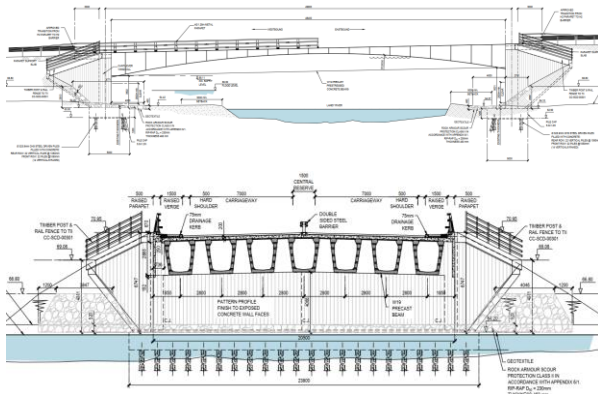


Figura 11. Estructura S26. Estribos cerrados de 7 m de altura sobre micropilotes.

La norma dice que, después de un suficiente número de ciclos, los valores de presión llegan a representar una porción K^* del empuje pasivo de diseño (K_{pt}).

No se duplica aquí la formulación, pero sí se destaca que depende siempre de la carrera de desplazamientos del estribo (no sólo de la dilatación) y difiere en función de si se trata de un estribo que rota/flecta o si su cimentación desliza.

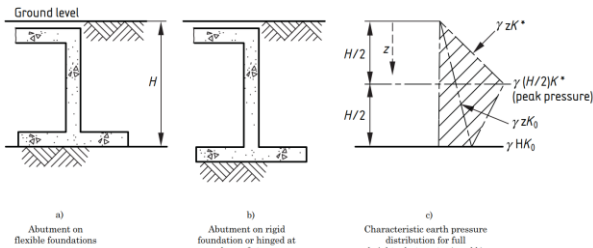
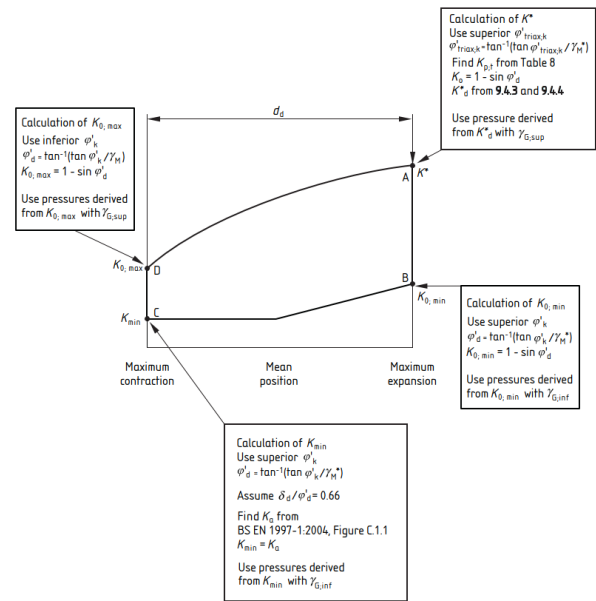


Figura 12. Ley de presiones en un muro que no desliza en función de la rigidez del cimient.

En el caso de un cargadero que desliza, el máximo de la ley de presiones está en la base del cargadero. Este es en general también el caso de puentes semi-integrales.

La siguiente figura muestra la envolvente de coeficientes de empuje propuesta por la PD6694, que es coherente con la metodología del Eurocódigo 7, al considerar un factor de seguridad en el coeficiente de rozamiento del material del trasdós.



NOTE 1 Figure ABCD shows the maximum and minimum pressure coefficients to be considered with expansion and contraction when the design value of the thermal movement is d_d as described in 9.4.2 and 9.4.7.
NOTE 2 The superior characteristic and inferior characteristic values of ϕ' represent the limiting values between which the shear strength of the backfill have to lie (see 9.10).
NOTE 3 $\gamma_{G,inf}$ and $\gamma_{G,sup}$ are the favourable and unfavourable values of γ_G for the weight of soil.
NOTE 4 γ_{sk} is the reciprocal value of γ_{sk} given in the tables in the UK National Annex to BS EN 1997-1 (see 9.4.7).

Figura 13. Envolvente de coeficientes de empuje.

3.3 Efecto del esviaje

Como se ha explicado, la Guía propone unos límites al esviaje de los puentes integrales y propone medidas para reducir su efecto sobre el confort mediante cambios en la geometría de la losa de transición. Para la siguiente figura, propone limitar “ α ” a 60° , lo que es tanto como limitar el esviaje a 30° .

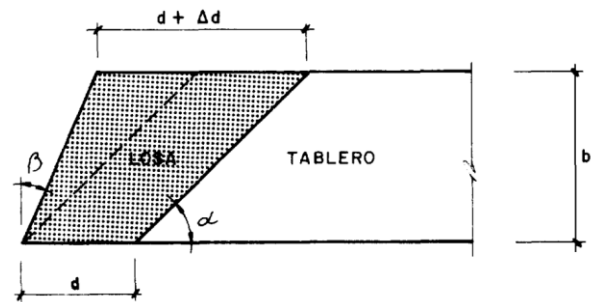
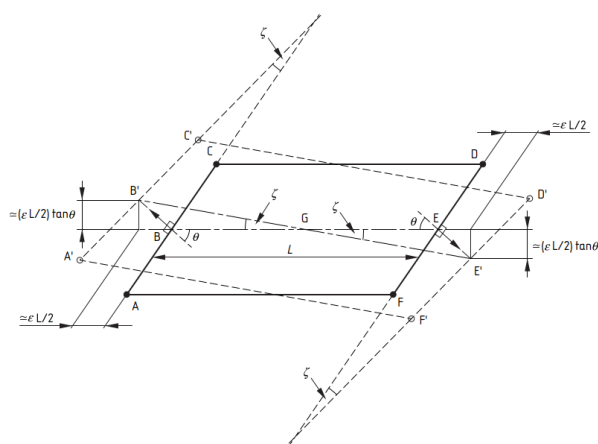


Figura 14. Figura 5.9 de la Guía.

La PD6694 establece el límite en los 30° de esviaje para la aplicación de su metodología, y advierte del efecto de momento/giro de eje vertical mostrado en la siguiente figura:



NOTE The figure shows a plan view of the deck of a skewed portal frame where the abutments accommodate expansion and contraction by flexing about axes parallel to AC and DF and twisting about a vertical axis.

When the centreline of the deck BE expands, B has to move perpendicular to AC, to B', and E has to move perpendicular to FD, to E'. BE therefore twists through an angle ζ (equal to angle BGB' and EGE').

As the deck is effectively rigid in plan, the whole deck also twists through an angle ζ , and as the tops of the abutments AC and DF are integral with the deck, they also have to twist through an angle ζ . This twisting movement is superimposed on the bending displacement.

Figura 15. Potencial giro de eje vertical generado por los empujes del terreno y el esviaje.

Dado que en general el propio terreno no permite que se produzca de manera efectiva este giro, el efecto que resulta esperable es un incremento de las presiones del terreno a un lado de cada cargadero y reducción en el otro, junto con un rozamiento igual y opuesto (que la PD6694 sugiere no considerar) de modo que ambas resultantes queden alineadas, anulándose el momento de eje vertical (situación de “acodalamiento”), que debe ser valorado adecuadamente en base al desplazamiento de cada punto del tablero y la presión que moviliza.

3.4 Detalles de trasdosado y losa de transición

Cuando la Guía muestra las figuras de relación entre presión de tierras y movimiento de muro (Figura 8 y Figura 9) lo hace para un ángulo de rozamiento interno del material del trasdós de 37° , que en general es alto para realizaciones en España. En cambio, para el trasdós de estribos y cargaderos en Irlanda y Reino Unido este valor es prácticamente un mínimo, asociado a un material 6N/6P ($\phi_{\min} = 35^\circ$). En general, los puentes integrales se trasdosan con materiales granulares 6N1/6P1 ($\phi_{\min} = 38^\circ$).

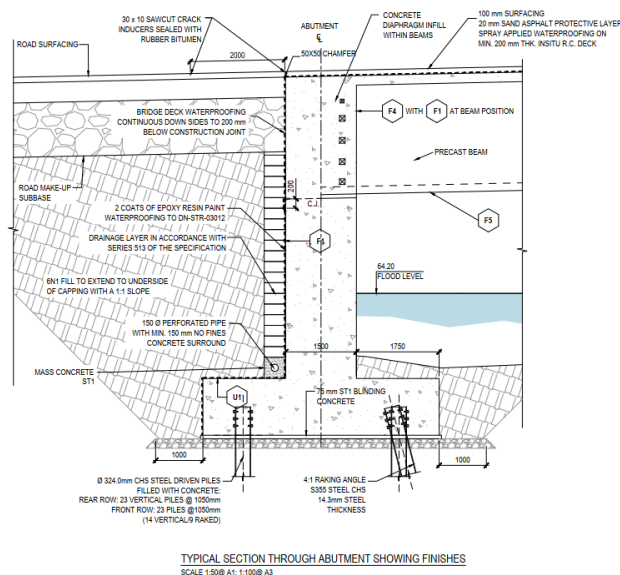


Figura 16. Detalles de impermeabilización y trasdós. Estructura S26. N22. Irlanda.

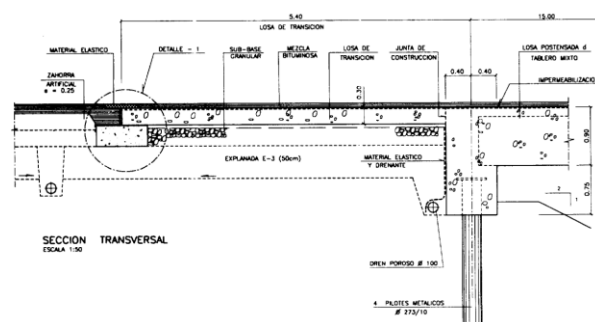


Figura 17. Figura 6.4 de la Guía.

La Ciria C543 Bridge Detailing Guide indica que, históricamente, las losas de transición han presentado patologías en la conexión con el estribo o por asientos diferenciales, y remarca que en los puentes integrales las acciones sobre las losas de transición se ven incrementadas. Si bien no están formalmente prohibidas y la propia Ciria da ejemplos de cómo encajarlas, sí se desaconseja su uso. Como caso práctico, ninguno de los dos ejemplos del presente artículo (N22 en Irlanda y A465 en Gales) tiene losa de transición en ninguno de sus puentes.

3.6 Detalles en calzada.

La estructura S28, en Irlanda, es la estructura integral de dos vanos de vigas prefabricadas más larga de Irlanda (100 m). Durante su concepción estructural, TYPESA propuso el siguiente texto a

TII (Transport Infrastructure Ireland), en base a las lecciones aprendidas en Gales: “[...]La disposición de vanos y esvajes hace que la construcción integral sea la solución más adecuada, por lo que la estructura se propone completamente integral, lo que evita la necesidad de apoyos o juntas de dilatación y galerías de inspección en el puente. El movimiento térmico calculado en cada estribo de acuerdo con IS EN 1991-1-5 y el Anexo Nacional Irlandés es de -7,0 mm para contracción y +11,0 mm para dilatación. Se proporcionarán juntas enterradas con cortes de sierra superficiales (CIRLA C543 Detalle 3.1.9.3 o equivalente) en la interfaz entre los terraplenes de aproximación y los estribos.

Se sabe que el asiento del terraplén durante los primeros años y la estabilización de las presiones de sobreconsolidación detrás de los estribos han generado problemas en algunos estribos en el pasado. La mayor parte de estos desplazamientos se producirán durante los primeros meses posteriores al relleno de la estructura, por lo que una de las estrategias a utilizar será la de trasdosar los estribos tan pronto como se complete el tablero y permitir el paso del tráfico de construcción por encima de la estructura. Cuanto mayor sea el período entre estas operaciones de relleno y la ejecución del pavimento, menos probable será que la parte posterior del estribo se refleje en la superficie.

Se propone utilizar dos cortes de sierra (a una distancia de 2,0 m), ya que este detalle ha demostrado proporcionar buenos resultados en otras carreteras. Como se sugiere, es aconsejable esperar el mayor tiempo posible antes de colocar el firme. Inicialmente puede ser necesario algún reasfaltado por parte del contratista una vez que se haya producido todo el asiento y la sobreconsolidación haya reducido los movimientos, estos trabajos resultarán mucho más fáciles y económicos que solventar eventuales problemas más complejos generados por otras soluciones como losas de transición, bloques de apoyo, etc., y también más económicos y fáciles que las operaciones de mantenimiento a medio y largo plazo asociadas a juntas de dilatación y apoyos, como la necesidad de reemplazarlos.[...]

La siguiente figura muestra la propuesta de precortes en calzada, con un chaflán de 50x50 del tablero y se compara con el detalle de la Guía.

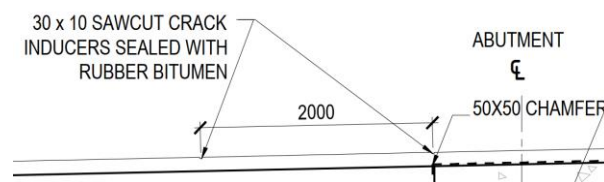


Figura 18. Cortes en calzada. Estructura S28.

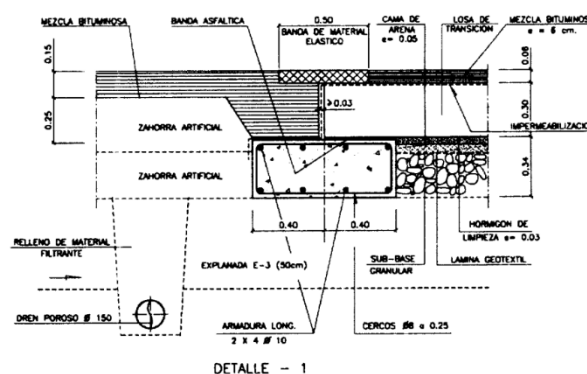


Figura 19. Detalle de la Figura 6.4 de la Guía.

La siguiente figura nace de un proyecto (N52) desarrollado por Barry Transportation con anterioridad a la N22.

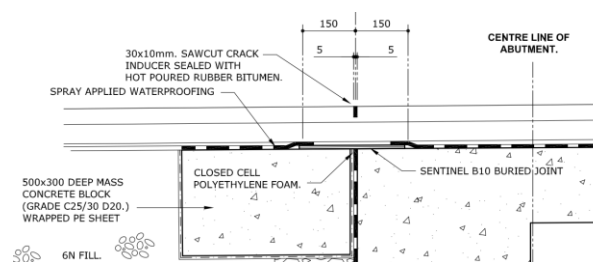


Figura 20. Detalle bajo calzada. N52. Barry T.

3.7 Puentes con cargaderos deslizantes o semi-integrales

En determinados casos, se plantean puentes en los que los desplazamientos longitudinales del tablero por efectos termo-higrométricos se consideran significativos respecto a la flexibilidad del estribo, en particular si éste es bajo.

Una solución posible es el empleo de puentes semi-integrales, en los que las pilas estén rígidamente conectadas al tablero (sin aparatos de apoyo) pero estos aparatos sí se dispongan en los estribos (Figura 1 y Figura 6).

Existe otra posibilidad mostrada en la Figura 4 (e y d “bank pad abutment”) que la PD6694-1 trata con la misma formulación que los puentes semi-integrales, en su apartado 9.4.4,

En el caso del puente mixto, se destaca la chapa de testa en la platabanda inferior para la transmisión de las compresiones asociadas al momento de empotramiento, así como los agujeros dejados en el alma para el paso de la armadura horizontal del frente del muro del estribo.

En el de vigas pretensas, se observa cómo se deja un espacio para unos calzos (shims) de plástico, de modo que se genera un hueco de 20~25 mm en altura que se rellena a posteriori con un mortero, antes del hormigonado del dintel. Este dintel es monolítico con la viga, para lo que se pasan barras a través de unos huecos en la viga y se materializa un diafragma y unos macizados dentro de la propia viga. Destaca lo reducido de la entrega de la viga en el dintel.

5. Conclusiones

El presente artículo describe algunas realizaciones de TYPSA en Irlanda y Reino Unido y compara las metodologías de análisis empleadas por la “Guía para la concepción de puentes integrales en carreteras” y la “PD 6694-1 Recommendations for the design of structures subject to traffic loading to BS EN 1997-1:2004”.

Se han destacado importantes diferencias en la concepción estructural de los puentes integrales. En particular, la “Guía” plantea cargaderos sobre micropilotes con el fin de asegurar una flexibilidad del cimiento que permita que éste acompañe al tablero en sus desplazamientos termo-higrométricos: pone el énfasis en plantear estribos flexibles. Además, anticipándose a los desplazamientos generados por frío, retracción y fluencia, propone losas de transición y detalles en calzada que mitigan las patologías asociadas a estos desplazamientos. Por su parte, la PD6694 plantea un análisis más general y pone el foco en el efecto de sobreconsolidación (“ratcheting”) que generan los ciclos de dilatación-contracción del tablero. Respecto a las posibles patologías, si bien la

PD6694 no da detalles de calzada, y la C543 tiene exclusivamente carácter de recomendación, la experiencia de TYPSA en ambos proyectos es que la práctica habitual es incluir cortes con sierra en la capa de rodadura sellados con betún asfáltico y actuar sobre eventuales patologías en el trasdós durante el primer año de vida de la estructura, evitando el uso de las losas de transición y cuidando el material empleado en dichas zonas.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer su colaboración a los socios en los equipos de diseño: Barry Transportation en la N22 de Irlanda y Atkins en la A465 de Gales, en particular por confiar en TYPSA para fijar los criterios de diseño y desarrollar los proyectos de los puentes integrales descritos. De manera similar, se quiere agradecer a los contratistas de las UTEs de ambos tramos (Jons CE – John Cradock en Irlanda y FCC como líder en Gales) la confianza depositada en el equipo de diseño de TYPSA, tanto para el desarrollo del proyecto como para su aprobación con las agencias locales, TII (Transport Infrastructure Ireland) en la N22-Macroom Bypass y TAA (Technical Approval Authority) en A465-Heads of the Valleys.

Referencias

- [1] *CD 350 The design of highway structures*, Design Manual for Roads and Bridges. 2020.
- [2] *AM-STR-06008 The Design of Integral Bridges*. Transport Infrastructure Ireland. 2014.
- [3] *Guía para la concepción de puentes integrales en carreteras*. Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento, Madrid, 2000.
- [4] *PD 6694-1 Recommendations for the design of structures subject to traffic loading to BS EN 1997-1:2004*, 2011.
- [5] *Ciria C543 Bridge Detailing Guide*, 2001.