

Jornada sobre Transiciones obra de paso-terraplén



Mesa que presidió el acto de inauguración de la jornada.

La Redacción.

Promovida por la ATC y el Ministerio de Fomento con la colaboración del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, el día 14 de marzo se celebró, en el citado Colegio, esta jornada organizada por el Comité de Puentes de la ATC.

Inauguración

Tomó la palabra **D. Luis Albajar Molera**, de la *ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid*, quien informó y subrayó la importancia de la jornada, destacando varias tesis doctorales sobre el tema, así como una investigación promovida por el Ministerio de Fomento. Posteriormente, destacó la importancia del temario de la jornada, así como el compromiso de la Asociación y de su Comité de Puentes para seguir tra-

bajando en estos temas.

Más adelante, **D. Roberto Alberola García**, *Presidente de la ATC (Comité Español de la AIPCR)*, se dirigió a los asistentes para agradecer al Colegio y a la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento por su colaboración en este evento, destacando la labor del Comité de Puentes de la Asociación y el esfuerzo realizado para la celebración de la jornada, congratulándose del éxito de esta convocatoria sobre un tema tan especializado; pues, normalmente, las jornadas se realizan sobre temas mucho más generales, y en esta ocasión, a pesar de esa especialización, ha contado con el beneplácito de todos cuantos allí se encontraron presentes.

A continuación, intervino **D. José Luis Elvira Muñoz**, *Director Técnico de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento*, que calificó el tema de la reunión como "necesario, interesante y práctico" y un problema crónico que hay que resolver.

Precisamente, añadió que en España "hemos sido pioneros en la resolución de algunos de estos problemas", como el que, en este día, congrega a los asistentes. Tras destacar que no siempre el ciudadano aprecia la verdadera sobriedad ingenieril de los puentes, pues se fija más en su estética, subrayó la importancia del tema de la jornada, que afecta a la seguridad vial y a la de la propia estructura, por lo que se tiene que tener un exquisito cuidado en este tipo de trabajos. Para el Sr. Elvira, el nivel de la ingeniería en nuestro país, tanto en construcción como en consultoría está entre los mejores del mundo; pero tenemos que seguir aumentando la sensibilización hacia los elementos complementarios de las estructuras y animar a las Administraciones a ello; mostrando, igualmente, su preocupación por otros temas como los apoyos, los pretiles y

la impermeabilización, temas que el Comité de puentes podría asumir como propios para seguir trabajando en su resolución y en la magnífica línea que lo está haciendo.

Finalmente, **D. Edelmiro Rúa Álvarez**, *Presidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*, felicitó a la Asociación y a su Comité de Puentes por el trabajo realizado, destacando lo fundamental del estudio sobre estos elementos auxiliares para garantizar la seguridad, y agradeció a la ATC que celebraran esta jornada en el Colegio, pues ésta era la casa de todos ellos.

Intervenciones

A continuación tomó la palabra **D. Carlos M. Gascón Varón**, de la *Diputación Foral de Vizcaya*, quien hizo la presentación de la monografía **"Transiciones obra de paso-terraplén. Aproximación al estado del arte y experiencias españolas"**, y afirmó que, por razones evidentes, conviene predecir y reducir al máximo la magnitud de los asentamientos esperables en la zona de transición, a los cuales debe de hacer frente la losa. Por consiguiente, conviene extender los estudios geotécnicos habituales para estribos y pilas a la zona de transición, y considerar asentamientos mínimos de terraplén del orden de 4 cm. No deben desecharse a priori trabajos de consolidación del terreno de apoyo del terraplén. Además, se debe controlar adecuadamente la ejecución del terraplén de acceso y, especialmente, del relleno localizado del trasdós, sobre todo, en lo que concierne al espesor de tongada. El fondo de trasdós debe estar durante todo el proceso libre de suciedad, aguas remansadas y materias de desecho, procedentes, o no, de la propia obra.

Así mismo, hay que asegurar el correcto drenaje del trasdós e impedir la contaminación de los materiales de relleno en casos de elevación del nivel freático, así como favorecer la estabilización adicional de los terraplenes antes de la extensión del firme, sometiéndolos a la máxima precarga



D. Carlos Gascón.

disponible durante todo el tiempo que permita la organización general de la obra.

Finalmente, y entre otras cuestiones, defendió que es importante diseñar las losas con la longitud necesaria y con hormigón H-25 o superior y, para losas profundas, H-35, en atención a la mayor sensibilidad a la fatiga del acero o del hormigón que se presenta en uno u otro tipo, según el trabajo en curso.

También hay que abordar el cálculo de la losa como estructura bidimensional a partir de estimaciones realistas de las condiciones de apoyo en el terreno y ejecutar y disponer las armaduras con completa observancia de las normas, evitando la

soldadura de barras para eliminar los problemas de fatiga que pueden ocasionarse.

Más adelante, **D. José Manuel Simón-Talero Muñoz**, de *Torroja Ingeniería*, intervino con la ponencia **"Diseño y cálculo de transiciones obra de paso-terraplén"**, firmada también por **D. Pedro P. Sánchez** y **D. Ramón Merino**, de la misma empresa. En ella subrayó, dentro de la importancia de la vía, que, en puentes con IMD importantes y elevado porcentaje de vehículos pesados, se debe disponer de una transición más cuidada que en estribos de pasos superiores de caminos agrícolas. En caso de altas solicitaciones es conveniente disponer de losas de transición más cuñas de transición. Dentro de las características de la losa de transición, destacó, entre otras, que ésta esté apoyada en estribo, no empotrada; con una longitud de 5 m, 0,80 m de profundidad y anchura igual a la de la plataforma (carriles y arceñes). Canto de 0,30 m, material HA-25 y B-500S y armaduras de flexión de 20 a 0,20 m de diámetro, sin considerar el efecto dinámico.

En cuanto a las características de las cuñas de transición, destacó que la longitud en la coronación debe ser mayor de 10 m, suelo seleccionado compactado al 95% PM, con CBR>20. También afirmó que no es imprescindible el empleo de suelocemento.

Para finalizar, afirmó que en puentes esviados, el comportamiento teórico de una losa o cuña es similar al



D. José Manuel Simón-Talero.



D. Álvaro Navareño.



D. César Sagaseta

de los puentes rectos, lo que indica que el comportamiento real viene gobernado por una adecuada ejecución. Así mismo, que en rellenos deformables es importante dejar asentar el relleno antes de ejecutar la losa de transición, especialmente si, como es habitual, el estribo se sustenta sobre pilotes. En cuanto a los pasos inferiores de tipo marco o pórtico, se debe disponer una losa de transición siempre que la potencia de los rellenos sobre el dintel no supere los 2-2,5 m

Posteriormente, **D. Álvaro Navareño Rojo**, del *Ministerio de Fomento*, intervino con **"Las transiciones obra de paso-terraplén en la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento"**. Entre sus conclusiones destacó que, a pesar de la importancia del problema de las transiciones en los puentes, por su magnitud, éste también se presenta en numerosas obras de paso de menor entidad, que suponen verdaderos puntos rígidos del trazado, y que debemos corregir. Además, y en general, se trata de un problema latente y muy importante en puentes de luces medias y cortas, donde prevalecen las soluciones de tablero convencionales, descuidando las aproximaciones a las obras. En las obras más singulares, el mayor cuidado en la ejecución suaviza el problema de la transición.

Igualmente, la experiencia en las inspecciones principales de obras de paso demuestra que cerca de un 50% de las mismas presenta patologías, vi-

sibles aunque no graves, asociadas a las zonas de acceso, firmes o terraplenes y aproximadamente un 5% presenta problemas graves de hundimientos. Así mismo, que es necesario mejorar la calidad en la ejecución de las obras en estos puntos tan delicados y sensibles del trazado y no retrasarse en la conservación periódica de las zonas de transición.

Además, los errores cometidos en el diseño de una buena solución, o por falta de calidad en las obras, a menudo son más costosos de solucionar, una vez producidos, que repararlos en las fases de diseño y proyecto; sin embargo, aquí se acentúa esta problemática, ya que las reparaciones, aún no siendo en absoluto sencillas, requieren cortes de tráfico, al afectar a toda la calzada y con problemas asociados a desvíos previos a obras de paso, los cuales a veces son muy complejos y costosos.

Finalmente, la sociedad, cada vez más exigente, y los usuarios de las carreteras, que cada vez demandan más seguridad y confort, nos piden mayores niveles de calidad. En este sentido existe un índice que determina el nivel de regularidad longitudinal en los firmes, estandarizado internacionalmente (el IRI) y que debemos intentar que se mantenga en todos los puntos del trazado, evitando discontinuidades al llegar a las obras de paso, como suele suceder.

Los **"Aspectos geotécnicos de las transiciones obra de paso - terra-**

plén" fue el tema elegido por **D. César Sagaseta Millán**, de la *ETS Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Cantabria*, en la que informó que las obras de paso, y en particular sus estribos, suelen presentar, salvo casos anómalos, una considerable rigidez, con movimientos muy reducidos, tanto verticales como horizontales. Por el contrario, los terraplenes de acceso a dichas obras están sujetos a un orden de magnitud de movimientos significativamente mayor. Ello da lugar a unos movimientos diferenciales entre ambos elementos, con incidencia en los parámetros de confort y seguridad de uso de la vía. Las losas de transición tienen como fin reducir estos movimientos diferenciales, o distribuirlos en áreas suficientemente extensas, de forma que sean compatibles con un funcionamiento correcto de la vía.

Tras tratar los aspectos geotécnicos y los asientos del terraplén, afirmó que, entre otros y en general, el origen de los fallos es la mayor parte de las veces de carácter geotécnico, por un asiento diferido excesivo del terraplén. Sin embargo, su análisis y dimensionamiento constituyen un problema típicamente estructural. Los dos aspectos geotécnicos más importantes son: en primer lugar, la estimación y, en su caso, la reducción de los asientos postconstructivos; y, en segundo lugar, la interacción terreno-losa. Ambos fueron comentados en su intervención.



D. Jorge A. Pacheco Monteagudo.



D. Luis Albajar Molera.



D. Carlos Zanuy Sánchez.

Más adelante, **D. Jorge A. Pacheco Monteagudo**, de la *ETS Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid*, presentó los *"Últimos avances en el conocimiento de la interacción suelo-estructura-vehículo en las transiciones"*. En resumen, el ponente informó que, como valor global del incremento dinámico bajo los efectos dinámicos de cambio brusco de pendiente, impacto, y tren de cargas en movimiento, seguidos de la configuración de una losa de transición del tipo de la recomendada por la Nota de Servicio con 5 m de longitud, se tendría un coeficiente global de incremento de la carga equivalente a $W_{din, ps}$ 615,1 valor, que sería lo suficientemente representativo en las condiciones a evaluar que incluirían pendientes del 0,6 al 0,8% y velocidades entre 80 y 100 km/h. Todas las consideraciones de estas variables están orientadas a obtener valores de incrementos frecuentes que permiten analizar el deterioro observable en las losas, y confirmado posteriormente en otros ensayos. Por lo tanto, no son seguros, si se utilizan como coeficientes de mayoración para el dimensionamiento. Finalmente y sobre los asientos no uniformes en dirección transversal, y sobre un probable fallo de fatiga del acero, defendió que una solución para este tema podría ser fijar a priori una serie de juntas longitudinales, tal que la losa transversalmente se vaya acomodan-

do a ese, no uniforme, asiento transversal al tiempo de tener en cuenta el conjunto de los efectos dinámicos anteriores para el análisis de las cargas en el diseño de la losa.

Las *"Investigaciones teórico-prácticas recientes sobre el comportamiento estructural de losas de transición"* fueron presentadas por **D. Luis Albajar Molera** y **D. Carlos Zanuy Sánchez**, de la *ETS Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la U.P. de Madrid*, en la que informó que esta comunicación, y las de César Sagaseta y Jorge Pacheco, describen en conjunto los aspectos principales del trabajo *"Estudio de la problemática estructural de las losas de transición. Interacción losa terreno"* financiado por el Ministerio de Fomento.

Algunas de sus recomendaciones prácticas fueron que la longitud de la losa será suficiente para puentear los asientos locales junto al estribo, y además, función del asiento medio previsible del terraplén, para garantizar una pendiente adecuada.

Tras asientos superiores a 2 cm, se realizarán las reparaciones para evitar la degradación por efecto dinámico.

En las armaduras, se evitarán soldaduras y se cuidarán los anclajes.

Así mismo, se dispondrá, junto a los apoyos, tanto en el terraplén como en el estribo, de una zona de armado a 45°, o bien, en forma de viga de borde con cercos para controlar las torsiones.

Las cuantías mínimas serán del orden del doble de las actualmente dispuestas.

La resistencia mínima del hormigón será 25 MPa, y en losas profundas 35 MPa.

Las losas se dimensionarán con los criterios normales de agotamiento, y además se comprobará el comportamiento a fatiga del acero de acuerdo con el Código Modelo MC-90. Se supondrá un apoyo en el terraplén de 0,50 m, y se ponderarán las sobrecargas del tren nº3 del Eurocódigo 1 por un coeficiente dinámico mínimo de 1,65. En el caso de losas profundas, para controlar el valor de las tensiones tangenciales en el contacto acero-hormigón, se limitará la tensión de la armadura en servicio bajo cargas máximas y sección fisurada a los valores normalmente obtenidos en el caso de losas superficiales; no permitiéndose redondos mayores de F20.

Finalmente, y antes del coloquio debate que cerró la jornada de mañana, intervino **D. Michel Fragnet**, de SETRA, quien expuso *"Las transiciones obra de paso-terraplén en las carreteras de Francia. Procesamiento de los accesos a los puentes"*, informando sobre cuáles son la estructura y las funciones del SETRA. Tras explicar algunas de las experiencias habidas en el país vecino sobre estos temas, los problemas de los terraplenes en los accesos a



D. Michel Fragnet.

los puentes y las soluciones posibles, así como una serie de observaciones que se deben realizar in situ, presentó una serie de conclusiones, afirmando que en la zona delicada que supone las inmediaciones de una estructura, la losa de transición constituye un elemento de comodidad y seguridad para el usuario, una protección para el terraplén y para el puente que disminuye las solicitaciones verticales inducidas por el tráfico en esa zona. Así mismo, es recomendable no descuidar esta parte del puente porque puede representar, especialmente en las travesías pequeñas, una parte notable del coste del puente y, al mismo tiempo, convertirse en una fuente de preocupación



D. Jorge Nasarre.

para el gestor de la carretera. El Sr. Fragnet presentó una serie de previsiones que se han mostrado eficaces y satisfactorias, lo que explicaba por qué las guías publicadas del SETRA habían evolucionado tan poco en su contenido.

"Los bloques técnicos en las vías ferroviarias. Proyecto y conservación" fue el tema presentado por D. Jorge Nasarre y de Goicoechea, de la Fundación Caminos de Hierro, en la que, entre otros, analizó los factores de influencia (externos, geotécnicos, estructura y vía), para pasar a los bloques técnicos o cuñas de transición, la limitación de los asientos de origen geotécnico, etc. También habló de la importancia de la conservación y la experiencia de la línea de alta velocidad Madrid-Sevilla, que suele resolverse mediante operaciones de bateo de la

vía que restituyen la nivelación original. En caso de mal comportamiento, prácticamente, la única solución es la inyección de núcleo y refuerzo del cimiento, en su caso. El comportamiento de las cuñas y de la transición ha sido disperso; y, en general, puede afirmarse que el asiento total acumulado tiende a estabilizarse asintóticamente a los 10 años.

Finalmente, el ponente llegó a la conclusión de que la transición obra de fábrica-terraplén es un punto especialmente delicado de la infraestructura, en el que se conjugan las técnicas de la vía, la geotecnia y las propias estructuras. Así mismo, que una defectuosa construcción puede

originar desórdenes importantes en la vía; y, finalmente, que el diseño y la ejecución exigen de una atención esmerada y un control riguroso para conseguir resultados satisfactorios.

D. Ángel Hernando del Cura, del Ministerio de Fomento, presentó los **"Resultados de la auscultación de transiciones obra de paso-terraplén en las carreteras A-2, N-240 y N-330"**. Entre sus conclusiones destacó que en las transiciones de la carretera A-2, en la variante de Fraga, con $IMD_p = 6520$ (T0), las losas están partidas o separadas. Los rellenos con suelo tolerable en esta variante, que estaban permitidos antes de entrar en vigor la OC 326/00 de la Dirección General de Carreteras, actualizada por la OM FOM 1382/02, en relación con el artículo 332 (Rellenos localizados) del PG-3, han sufrido asientos fuertes



D. Ángel Hernando del Cura.



D. José E. Herrero Benítez.

(hasta 46 cm y 4,7% de la altura), a pesar de que se efectuó un control intensivo con Plan de Aseguramiento de la Calidad (PAC), logrando una compactación de al menos 100% PN en todos los rellenos.

Así mismo, los rellenos con suelo adecuado en la misma variante han sufrido asentamientos moderados (hasta 8 cm y 1,2% de la altura).

En las transiciones de la N-240, en el puente sobre el río Alcanadre, con $IMD_p=1545$ (T2), las losas están fisuradas o partidas; y en la N-330, en la variante de Jaca, con $IMD_p=714$ (T2), las losas están fisuradas.

El relleno de balasto de la N-240, en el paso del Camino del Lavadero, con $IMD_p=300$ (T3), no ha sufrido deformación.

El tráfico pesado intenso y los asentamientos fuertes o moderados del relleno son los causantes de la rotura de las losas de transición.

Finalmente, son necesarios rellenos de materiales de asentamientos reducidos o nulos (suelo seleccionado, zahorra natural y artificial, balasto, etc.).

Más adelante, D. José Emilio Herrero Benítez, de Ferrovial-Agromán, presentó el **"Comportamiento de las transiciones obra de paso-terraplén en algunas autopistas de reciente construcción"** en el que llegó a la conclusión de que el problema surge del hecho de que, en el diseño de un terraplén, los asentamientos de varios cen-

tímetros se consideran aceptables, mientras que las estructuras apenas sufren asentamientos. En el encuentro de ambos elementos surge el problema.

El tema tratado implica unos requerimientos de confort, de conservación y pocas veces de seguridad vial, luego la resolución de este problema no puede ser a costa de empeorar la seguridad estructural.

Este es un problema que afecta fundamentalmente a las vías de alta velocidad, y en las estructuras que soporten estas vías debería hacerse un estudio de asentamientos que lleve a prever soluciones compatibles con los requerimientos.

La combinación de losas de transición, de cuñas de transición y de la adecuada concepción estructural es la vía para resolver el problema. Simplemente prestando algo de aten-

terio de Fomento, presentó su intervención titulada **"Trasdosados de obras de fábrica en los tramos de la autovía Mudéjar en la provincia de Teruel"**. En ella, y entre otras cosas, afirmó que la definición precisa de las cuñas de transición en las obras de fábrica inmersas en el cuerpo de un terraplén alcanzó a cinco de los siete tramos de la autovía Mudéjar (la A-23, de Somport a Sagunto) que discurren por la provincia de Teruel, puesto que los dos primeros se pusieron en servicio en julio de 2001, por lo que la orden circular, en la que se establecieron esas partes, les llegó tarde. Aun cuando la incorporación al PG-3 fuera más tardía, una vez publicada la OC326/00 se incluyeron sus previsiones en los proyectos entonces en marcha, que correspondían a la parte entre el límite de provincia con



Antes del coloquio intervinieron D. Jesús Iranzo (tercero por la izquierda) y D. Antonio Ruiz-Roso (segundo por la derecha).

ción a las transiciones, el resultado mejora significativamente. En este sentido, la publicación de la "Guía de cimentaciones en obras de carretera" con los detalles de las cuñas ha supuesto un gran avance.

En cualquier caso, se debe vigilar el incremento de coste de la estructura con la solución diseñada, ya que siempre existe la posibilidad de prever una reparación planificada del firme a corto plazo.

Posteriormente y antes del coloquio-debate, se presentaron dos nuevas comunicaciones.

D. Jesús Iranzo Sanz, del Minis-

terio de Fomento, presentó su intervención titulada **"Trasdosados de obras de fábrica en los tramos de la autovía Mudéjar en la provincia de Teruel"**. En ella, y entre otras cosas, afirmó que la definición precisa de las cuñas de transición en las obras de fábrica inmersas en el cuerpo de un terraplén alcanzó a cinco de los siete tramos de la autovía Mudéjar (la A-23, de Somport a Sagunto) que discurren por la provincia de Teruel, puesto que los dos primeros se pusieron en servicio en julio de 2001, por lo que la orden circular, en la que se establecieron esas partes, les llegó tarde. Aun cuando la incorporación al PG-3 fuera más tardía, una vez publicada la OC326/00 se incluyeron sus previsiones en los proyectos entonces en marcha, que correspondían a la parte entre el límite de provincia con

el Pliego, de manera que se ha ido un poco más allá, en cuanto a exigencias de lo que pide el propio PG-3.

Posteriormente, **D. Antonio Ruiz-Roso**, del *Ministerio de Fomento*, presentó su comunicación **"Experiencia en estabilizaciones de trasdoses de obras de paso con cal y cemento en la Demarcación de Carreteras del Estado en Extremadura"**, afirmando que las losas de transición y la estabilización in situ pueden ser actuaciones complementarias y no necesariamente excluyentes; además, esta última puede ser una solución económicamente competitiva y resolver el problema de la disponibilidad de buenos suelos. Asimismo, se trata de una solución homogénea con las explanadas estabilizadas, cuyo tercio superior suele ser del orden de 2 m y lleva aparejados grandes volúmenes. También destacó la necesidad de recurrir en algunos casos a maquinaria agrícola, y la necesidad de proveer mejores máquinas, remolcadas y pequeñas, con capacidad para



Dña. Olga Calvo leyendo las conclusiones de la jornada.

fragmentar y mezclar. Dentro del tema de la normativa, destacó entre otros aspectos, la conveniencia de fijar criterios para ejecutar losas de transición en marcos y pórticos, y la separación de criterios para losas y para cuñas de transición. Así mismo, sería conveniente diseñar el alzado y las cuñas de transición en función de los recubrimientos para estructuras enterradas y tubos. Finalmente, afirmó que no se ha utilizado suelocemento para

trasdoses y que la experiencia ha sido favorable en Extremadura.

Tras el posterior debate, **D.ª Olga Calvo Lucas**, *Presidenta del Comité de Puentes de la ATC y Consejera de Relaciones Internacionales de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento*, presentó las conclusiones provisionales de la jornada, cuya redacción definitiva publicaremos en nuestro próximo número. ■

polyfelt
Geosynthetics

es ahora

TENCATE

Soluciones Geosintéticas en las que Usted puede confiar

Ha nacido TenCate Geosynthetics Europe, resultado de la fusión del grupo Polyfelt con Royal TenCate perteneciente a Nicolon B.V. Como resultado ofrecemos ahora una mayor gama de productos y su correspondiente Servicio Técnico también en España. Disponemos para Usted de nuevas tecnologías, continuando la tradición de productos de calidad y soluciones genéricas y personalizadas.



Geocompuestos de refuerzo Rock PEC en suelos colapsables.



Muros y taludes reforzados con geomallas Miragrid Rock GX



Geotextil tejido GEOLON para estabilización de suelos.



Geocompuestos de refuerzo ROCK PEC sobre suelos muy blandos.

TENCATE
Geodetect

Geosintéticos para refuerzo de suelos con sistema de monitorización y alarma en un solo producto.



TENCATE GEOSYNTHETICS IBERIA, S.L.

c/ Azules, 1 edificio E - 2ª Miniparc 1
El Soto de la Moraleja
28109 Alcobendas (Madrid) España

Tel: +34 91 650 63 18/64 61
Fax: +34 91 650 98 28
www.tencate.com

TENCATE
materials that make a difference