

Deslizamiento del tablero de la Z-32 sobre la AP-68 (Zaragoza): estudio del origen del problema y trabajos de restitución a su ubicación original

Displacement of the Z-32 road structure's deck over the AP-68 (Zaragoza): study of the causes of the problem and works of restitution to its original location

José Luis Martínez Martínez^a, Damián Javier Terrasa Díaz^b, Luis Cosano López-Fando^c, Pablo Vilchez Motino^d y Rafael Echevarría González De Echávarri^e

^a Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Director Técnico. Ines Ingenieros Consultores.

^b Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Director de proyectos. Ines Ingenieros Consultores.

^c Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Director de operaciones Área reparación. Freyssinet.

^d Ingeniero Industrial. Director Técnico. Freyssinet.

^e Ingeniero Industrial. Delegado zona Centro. Freyssinet.

RESUMEN

La calzada derecha de la carretera Z-32 conecta la autopista de peaje AP-68 con la autovía A-68 en sentido norte, en el distrito de Monzalbarba (Zaragoza). En su trazado dispone de una única estructura de siete vanos en curva a izquierdas según sentido de la circulación, peraltada, que salva la AP-68 y el FF.CC. de cercanías de Zaragoza. El tablero dispone de una junta en pila 3, que divide a este en dos partes, la primera entre estribo E1 y dicha pila, y la segunda hasta E2. Entre julio y septiembre de 2016, el primer cuerpo del tablero sufrió un deslizamiento lateral sobre sus apoyos con valor máximo de casi 20 cm en estribo E1. Ello originó la necesidad de llevar a cabo una intervención de reparación que consistió, básicamente, en el levantamiento y ripado (con rotación) del tablero desplazado a su posición original.

ABSTRACT

The Z-32 roadway on the right connects northbound the AP-68 toll road with the A-68 highway, in the district of Monzalbarba (Zaragoza). This road has only one structure: a seven-span left-curved viaduct, with a very marked cant (lateral slope), that allows it to overcome both the AP-68 and Zaragoza's suburban railroad. The deck has an expansion joint on pillar 3 that divides it in two parts, the first one between abutment 1 and that pillar, and the second one, up to abutment 2. Between July and September of 2016, the first part of the deck suffered a transverse displacement with respect to its neoprene bearings (which remained in place) of almost 20 cm in abutment 1, decreasing towards pillar 3. That displacement implied the necessity of an urgent repair, which basically consisted in lifting and stabilizing the deck, prior to moving it transversely and in rotation to its original position.

PALABRAS CLAVE: tablero de vigas prefabricadas, deslizamiento lateral, reposicionamiento de tablero, apoyos elastoméricos, LAO (levantamiento asistido por ordenador), gateo de estructuras.

KEYWORDS: deck of precast beams, lateral sliding, deck repositioning, elastomeric bearings, CAL (computer aided lifting), jacking of structures.

1. Introducción y antecedentes

El 8 de septiembre del año 2016, el Servicio de Conservación y Explotación de Zaragoza (Demarcación de Carreteras del Estado, Ministerio de Fomento) solicitó a Ines Ingenieros Consultores una urgente inspección del viaducto que permite a la calzada derecha de la Z-32 superar tanto la autopista de peaje AP-68, de gestión privada, como las vías del ferrocarril de Cercanías, en el p.k. 246+700 de dicha carretera, distrito de Monzalbarba (Zaragoza). La solicitud venía motivada por la detección del personal del COEX del sector de conservación correspondiente de un desplazamiento transversal o lateral del tablero de unos 20 cm, tal y como ponía de manifiesto la marca vial blanca de borde de arcén a su paso sobre el estribo E1, que también había afectado al pretil (ver Figura nº1).



Este desplazamiento era hacia el centro de curvatura del tablero, curvo “hacia izquierdas” en planta, y en el sentido del peralte, de valor 5,80% en estribo E1. Según relataba la gente del COEX, la línea vial blanca había sido pintada recientemente (como es obvio, sin discontinuidad) por lo que el supuesto movimiento lateral de este viaducto de planta curva y fuerte peralte transversal se había producido de un modo repentino, entre julio y septiembre de dicho año. Por otro lado, la línea blanca no presentaba discontinuidad alguna a su paso por el otro estribo (E2) ni sobre la junta

central con forma de “Z” en planta (en pila 3). En las inspecciones posteriores, se puso de manifiesto que el desplazamiento lateral era máximo en E1 y Pila 1, disminuyendo homotéticamente hacia la Pila 3 (y/o única junta central), donde dicho movimiento lateral ya era nulo. Ante la situación hasta aquí descrita, se llevó a cabo una inspección en dos jornadas consecutivas en la que se midieron los siguientes desplazamientos laterales del tablero respecto de sus apoyos: 18 cm en estribo E1, 12-16 cm en Pila 1, 5-7 cm en Pila 2 y 0-2 cm en Pila 3.



Dicha inspección puso de manifiesto la evidente necesidad de redactar un proyecto de reposición de la estructura a su ubicación original, y la ejecución de unos trabajos de emergencia en base a lo anterior.

2. Descripción de la estructura y daños

2.1. Descripción de la estructura

Se trata de un puente de vigas prefabricadas, tipo artesas, de siete vanos, con dos vigas artesas por vano.

El tablero tiene unos 11'50 m de ancho y es curvo en planta, hacia izquierdas, según se recorre desde el estribo E1 al E2. Su radio de curvatura varía desde unos 500 m hasta el orden de 1000 m en E2. El resultado es una estructura con un fuerte esviaje (ángulos de 32° en el vano 1, 36° en el vano 2, 41° en el vano 3 y algo mayores en el resto).

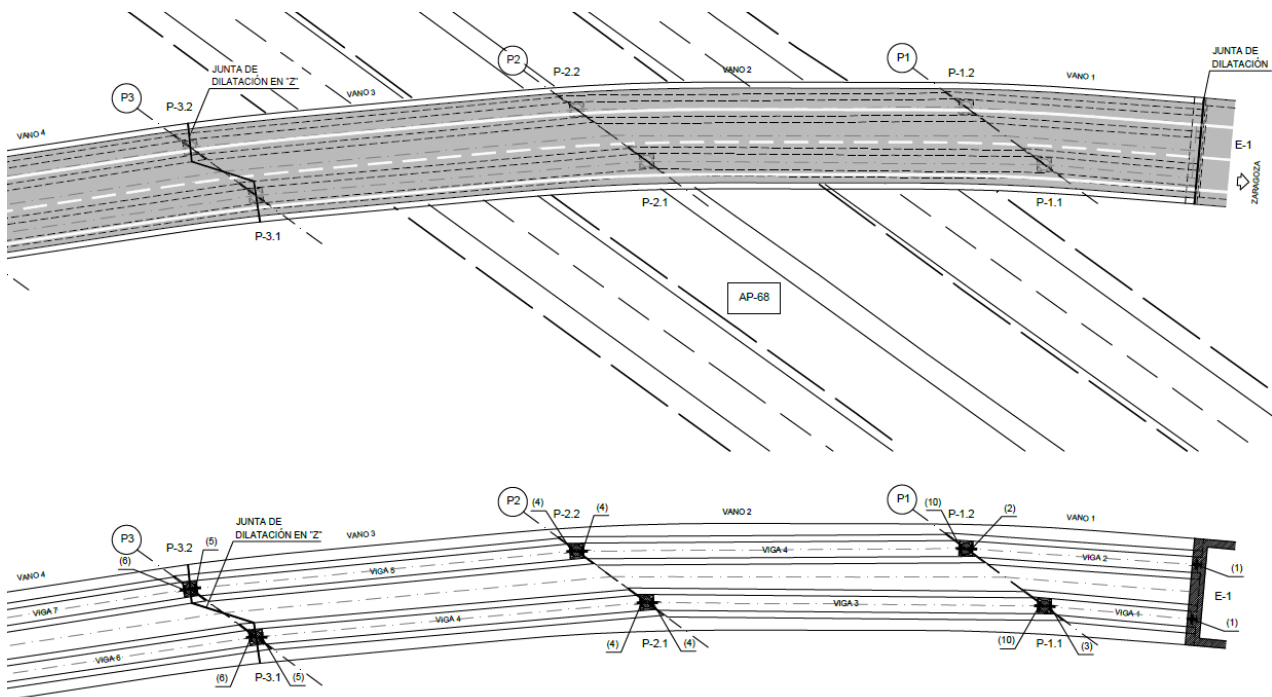


Figura 3. Planta del primer tramo del puente, que había sufrido desplazamiento lateral (hasta junta de dilatación “en Z” en Pila 3).

Las luces a salvar por las vigas artesas son variables entre 16,00 y 43,00 m, medidas estas a eje de tablero, pues debido al fuerte esviaje, la luz de cada una de las dos vigas de cada tramo difiere notablemente: por ejemplo, en el vano 1, estas vigas son de 16,40 y 25,37 m.

Los estribos son cerrados, con muros en vuelta, y cada una de las seis pilas cuenta con dos fustes de hormigón armado de sección octogonal, que rematan en cabeza en una meseta de sección rectangular de 1,50x1,80 m. Sobre estas “mesas” rectangulares se disponen los aparatos de apoyo de elastómero armado, todos ellos rectangulares no anclados y de dimensiones variables según su ubicación en el viaducto: en cada extremo de viga artesa se ubica un único aparato de apoyo. Las alturas de los fustes también son variables, entre 7 y 10 m, aproximadamente. Las cimentaciones de todos los soportes son directas, mediante zapatas de hormigón armado. Las de cada par de fustes de una misma pila están conectadas mediante una

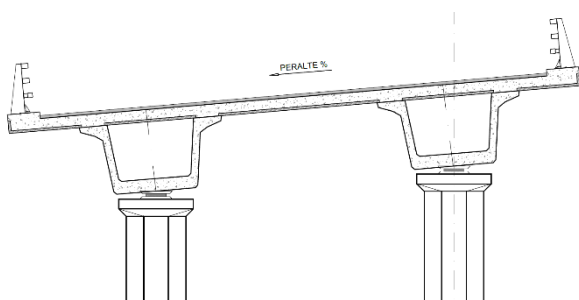


Figura 4. Sección esquemática del tablero del puente.

viga riostra, según planos “as built”, si bien durante los trabajos se detectó que, en algunos casos (pila 5, por ejemplo) se ejecutó una única zapata rectangular que recoge a los dos fustes. Según esos mismos planos, sobre las vigas de todos los vanos se ubica la losa superior, de 0,25 m de espesor, que localmente sobre las pilas se reduce a 0,08 m (“losas de continuidad” de 1,50 m de ancho).

El peralte es muy marcado, con un máximo medido por personal del COEX del 5,80% en el estribo E1 y valores algo menores en el resto de los apoyos (del orden de 5,20-5% en pilas 2 y 3, descendiendo paulatinamente en la segunda mitad del viaducto, hasta 2,2% en el E2), si bien los que figuraban en planos “as built” son del 8%. Estos, producen una excentricidad entre el eje de las vigas (medido en la cabeza de estas) y el eje de los aparatos de apoyo. Estas excentricidades, de acuerdo con los cálculos que realizó Ines Ingenieros Consultores, asciende a 0,20 m en el estribo E1, 0,19 m en la pila 1 y 0,15 m en la pila 3, valores que coinciden con lo que venía acotado ya en los planos de proyecto.

Además de las juntas de dilatación sobre los estribos, el puente presenta una tercera junta sobre la pila 3. Esta junta, al cortar perpendicularmente a las dos vigas del viaducto en cada uno de los dos fustes de la pila (fustes 3.1 y 3.2) y al estar el viaducto tan esviado (del orden del 45° en esa zona) adopta una forma en planta de letra Z. De acuerdo con la información recabada, esta junta era originalmente de elastómero armado, y en el momento de la intervención, esta junta presentaba tramos de elastómero armado y tramos de betún modificado.

Durante los trabajos de inspección se confirmó la coincidencia de todas las dimensiones exteriores de los apoyos con los planos del proyecto modificado, excepto la del apoyo tipo (1) del estribo E1, cuya dimensión real era de 450x500x98 mm. Esta coincidía, no obstante, con los datos recogidos en el anejo de cálculo. En cuanto a su disposición, su

dimensión mayor coincide con el eje de las juntas.

2.2. Descripción de daños

Como se ha venido comentando, el problema principal que presentaba la estructura consistía en un desplazamiento lateral de la primera mitad del tablero (entre el estribo E1 y la pila 3) respecto de los apoyos de neopreno armado, que se mantenían en su posición original, centrados en los fustes de las pilas. Este desplazamiento lateral relativo, provocaba que el apoyo de la viga artesa se concentrara en una banda lateral del neopreno, lo que se traducía en una concentración de tensiones anómala y por encima de lo previsto en ese lado y en un despegue respecto del fuste de la pila en el otro, ya que en esa zona el apoyo no soportaba ninguna compresión. Únicamente en el fuste derecho de la pila 2, lado vano 3, el neopreno había “reptado” unos 7 cm, acompañando el movimiento lateral de las vigas prefabricadas y el tablero en general. El mencionado desplazamiento lateral de las vigas del tablero respecto de los apoyos de neopreno supone también una distribución de esfuerzos y tensiones anómala dentro de las propias vigas, concentrándose estos en una única alma de la artesa. A los daños anteriores, debería sumarse el desplazamiento y giro del neopreno del fuste izquierdo de la pila 5 (neopreno “escupido” del orden de 15 cm). Este daño era el único relevante detectado en el segundo tramo del tablero (de pila 3 a estribo E2).

En suma, puede decirse que un nuevo desplazamiento del orden del ya producido hubiera dejado a las vigas artesas sin apoyo ninguno, pudiendo el tablero haberse precipitado al vacío, lo que hubiera conllevado numerosas desgracias y daños materiales, tanto en la vía superior (Z-32, con una IMD de 30850 vehículos, 6793 de ellos pesados) como en la inferior que se encuentra bajo esa primera mitad del puente (autopista de peaje AP-68). La situación era especialmente delicada ya que los

apoyos no estaban anclados ni inferior ni superiormente, ni tampoco existía ningún tipo de tope de retención lateral del tablero que pudiera impedir mayores desplazamientos respecto de pilas y/o neoprenos.

2.3. Origen de la problemática: causas y remedios

De acuerdo con los cálculos efectuados, la causa más probable del fallo observado en los apoyos era la inestabilidad rotacional de algunos de los aparatos de apoyo del tramo del viaducto comprendido entre el estribo E1 y la junta de dilatación de la pila P3. Se trataba de apoyos de neopreno zunchado no anclados con una relación de dimensiones en planta inusualmente descompensada (por alargada), lo que, unido al fuerte esviaje y peralte de la estructura (especialmente en el tramo desde el estribo E1 hasta la junta de la pila P3) producía momentos significativos sobre los apoyos y giros excesivos. Esta conclusión se veía reforzada por los giros y aplicación excéntrica de la carga sobre los neoprenos que se habían observado durante la inspección.



Los apoyos de dimensiones 400x700 mm, presentes en el tramo 1 pero no en el tramo 2, no eran normales: se trataba de apoyos

excesivamente alargados. Estas dimensiones están fuera de las medidas normalizadas y no se encuentran en ningún catálogo comercial actual. Tanto en la tabla 3 de dimensiones normalizadas de aparatos de apoyo de la norma EN-1337-3, como en los catálogos comerciales consultados (Freyssinet, CTT, Mecanogumba, Maurer, etc.) no existen hoy día apoyos tan alargados: con una dimensión de 700 mm, solo se encuentran apoyos casi cuadrados, de 600x700 mm y de 700x800 mm.

El problema que presentan es la gran rigidez a flexión según su dimensión mayor. En principio esto no debería ser un problema grave en un puente recto, ya que la dimensión mayor se dispone perpendicular al eje del tablero. Sin embargo, en un puente muy esviado, como este, la dimensión mayor se disponía según el eje de las pilas y, por tanto, encontraba al eje de las vigas con un ángulo grande. De este modo, la vinculación viga-apoyo presentaba una fuerte rigidez a flexión, especialmente en los apoyos con pequeñas alturas de neopreno, y como consecuencia aparecía un fuerte momento sobre el apoyo.

Las comprobaciones realizadas por Ines Ingenieros Consultores incluyeron las de estabilidad a giro. Esta comprobación no suele hacerse en proyecto, ya que implica una modelización laboriosa y no suele ser condicionante. Los momentos calculados en los apoyos resultaron inusualmente grandes (hasta 1000 kNm) y las comprobaciones según EN-1337-3 indicaron que algunos apoyos eran inestables respecto al giro. La solución que, por todo lo anterior, se indicó en el Documento Constructivo de Reparación con carácter de Emergencia redactado, fue la de actuar de forma general en el tramo 1, entre el estribo E1 y la junta de la pila P3 y solo de forma parcial en el tramo 2, entre la junta de P3 y el estribo E2. En este segundo tramo sería suficiente reponer el apoyo escupido en P5.1 en el lado del vano 5 o, mucho más recomendable, los cuatro apoyos de esta pila (dos por fuste), que es lo que Freyssinet terminó ejecutando. Por lo hasta aquí referido,

se especificaron nuevos apoyos anclados, tanto en E1, P1, P2 y P3 (primer tramo del viaducto) como en P5 (segundo tramo del puente).

En resumen, en el tramo 1 (E1-P3) se propuso sustituir todos los apoyos por otros, anclados, y no necesariamente de las mismas dimensiones que las existentes y reubicar el tablero.

3. Solución propuesta y descripción de la ejecución de los trabajos

Una vez fueron los trabajos adjudicados a Freyssinet S.A.U., su Departamento Técnico en colaboración con Ines Ingenieros Consultores, desarrolló una propuesta encaminada a no sólo a retener el movimiento horizontal, sino también a reubicar y anclar el tablero desplazado de manera definitiva. Para ello, se propuso, el izado controlado de la estructura, ejecutado con un sistema de retención que impida aumentar el movimiento horizontal, a fin de provocar una estabilización del deslizamiento; el ripado transversal y gradual (modo “Tilting” en horizontal) desde el desplazamiento máximo de estribo E1 pasando por las pilas 1 y 2 y limitando el giro en la pila 3; y la colocación de nuevos apoyos elastoméricos anclados inferiormente con chapas grecadas y vulcanizadas en pilas y mediante un sistema de anclaje en estribo y superiormente mediante soldaduras a la chapa embebida en las vigas artesas.

3.1. Trabajos previos

Debido al intenso tráfico que circula por la calzada derecha de la Z-32 y en vista de la rapidez con la que se produjo el movimiento de la estructura, previo al inicio de la intervención, se decidió colocar en el estribo E1 unas piezas que hacían las veces de tope lateral. Estos se materializaron mediante perfil metálico anclado al estribo que reaccionaba contra las almas de la viga artesa. A fin de permitir los movimientos de

contracción y dilatación que las acciones térmicas o de frenado pudieran provocar, en el lado en contacto de las vigas artesas se dispuso apoyo de neopreno sobre chapa de apoyo que permitiera dicho deslizamiento.



Figura 6. Tope lateral provisional y detalle de este en zona de viga artesa.

3.2 Reposicionamiento de la estructura

3.2.1 Complejidad técnica

Izar una estructura, para posteriormente repararla o no, puede, por habitual, parecer una operación sencilla, pero llevarla a cabo con las debidas garantías de seguridad, y en ocasiones incluso en condiciones de tráfico, ya sea por encima de la estructura movilizada, por debajo, o por ambas, entraña siempre una gran responsabilidad. Aunque muchas son las estructuras que Freyssinet S.A.U. ha izado y ripado a lo largo de los más de 50 años de presencia en España, esta presentaba gran complejidad. Al manejo de las fuerzas y cargas concentradas que se desarrollan e introducen en la estructura, las presiones de trabajo de los equipos hidráulicos y auxiliares, había que sumar en este caso, cuando menos, los siguientes aspectos que dificultaban aún más la operación:

- La constitución del tablero, formado por dos vigas artesas unidas por una losa de 25 cm de espesor: desplazamientos diferenciales en el levantamiento y/o ripado entre cada viga artesa provocan esfuerzos que podrían dañar la losa de unión si esta no es capaz de soportarlos.
- La disparidad de cargas en cada punto hidráulico, debido a las diferentes longitudes de cada viga artesa y de las inclinaciones de estas, que obligan a disponer de un control de fuerzas

y análisis de estas a fin de no provocar desequilibrios que induzcan esfuerzos o inestabilidad en la estructura.

- La distancia entre los elementos de una misma pila, que obligaba a disponer medios humanos de control en cada punto adecuadamente coordinado y sincronizado.

2.- RIPADO

E.- RIPADO

E.1.- COLOCACIÓN DE SENSOR DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL, COLOCACIÓN CIRCUITO PREIÓN.
E.2.- COLOCACIÓN DEL RIPADO MEDIANTE TRILLO CON EL DAÑO DEBIDO EN LA MENSURA DE TRILLO EL RIPADO SE CONTROLARA MEDIANTE UN SISTEMA SINCROIZANDO DE CONTROL DE DESPLAZAMIENTO LAO.

F.- RECOLOCACIÓN DE APOYOS AFECTADOS EN PLAS

F.1.- RECOLOCAR LOS APOYOS ELASTOMÉRICOS DESPLAZADOS, EN SU CASO, EN SU POSICIÓN CORRECTA DENTRADO EN LA VIGA ARTESA.
F.2.- DESCENSO Y TRANSFERENCIA DE CARGA A LOS APOYOS ELASTOMÉRICOS.

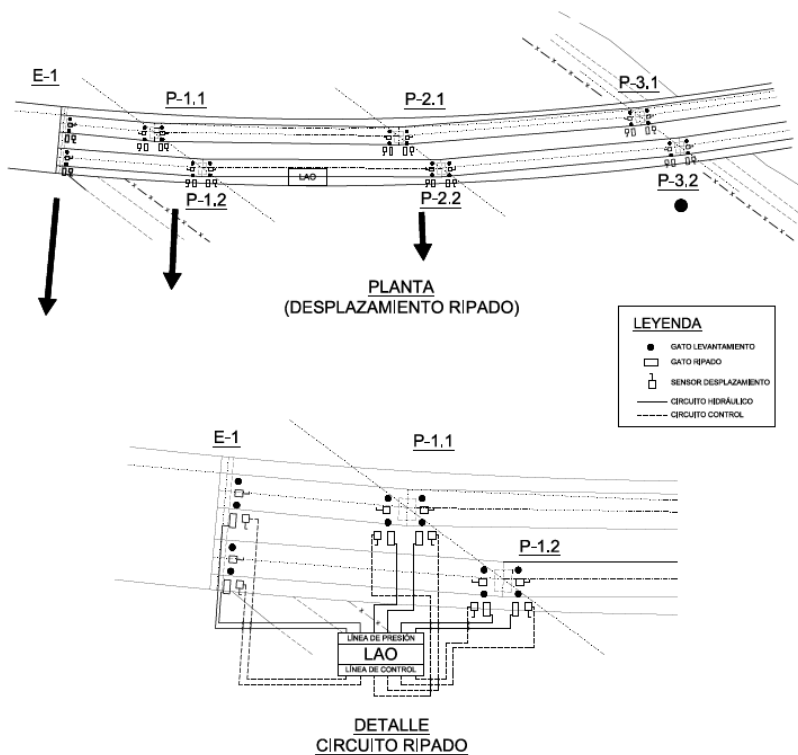
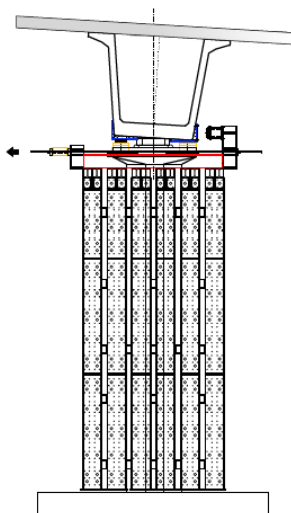


Figura 7. Esquema de ripado del puente (previo levantamiento y estabilización) asistido por ordenador

3.2.2 Estribo E1: sistema de levantamiento y ripado

Dada la configuración del estribo se decidió disponer dos pilastras bajo cada viga artesa sobre las que apoyar los cilindros hidráulicos. Además de la evidente simplificación de la ejecución de estas, conseguimos despejar la zona de los apoyos para poder maniobrar de forma más eficiente durante el posterior ripado. Aunque los cilindros hidráulicos disponían de una rótula que permite centrar la entrada de la carga en este aun cuando el plano donde se reacciona no está completamente horizontal, y dado que las vigas presentaban un fuerte giro respecto de su eje vertical, se consideró necesario generar una superficie horizontal en la cara inferior de las

vigas artesas mediante la fijación de un refuerzo en L resuelto en acero estructural, y relleno con un mortero fluido y autonivelante de alta resistencia. Para materializar el punto de tiro o reacción que el sistema de ripado requería, se optó por ejecutar igualmente dos topes, uno por cada viga artesa. Dado que la idea era desplazar horizontalmente la estructura sobre la propia zona de apoyos, estos se ejecutaron sobre el plano de la superficie de apoyos, separándolo de esta forma del conjunto de la zona de levantamiento y facilitando el acceso a todos los puntos.

El sistema hidráulico para el levantamiento en la zona de estribo está conformado por dos cilindros hidráulicos de simple efecto por viga artesa dispuestos en sus extremos a fin de que las reacciones se

produzcan en la zona del alma de esta. Con 275 mm de diámetro y una altura máxima extendido de 204 mm, los cilindros hidráulicos disponen una capacidad máxima de 2567 kN, 45 mm de carrera, rótula y tuerca de seguridad. Los dos cilindros de una misma viga artesa se conectan en equipresión conformando un punto hidráulico. El conjunto de elementos para la ejecución del ripado estaba conformado en primer lugar por una chapa de acero de reparto de esfuerzos sobre la que descansaba otra de acero inoxidable con acabado en espejo de 2 mm de espesor. Este conjunto quedaba dispuesto sobre la propia meseta del neopreno, por lo que su instalación no se podía realizar hasta haber llevado a cabo el levantamiento y retirarse los apoyos. De igual forma y a fin de asegurar una superficie de deslizamiento suficiente, las mesetas fueron recrecidas a lo ancho en la dimensión perpendicular al eje longitudinal del puente. Sobre la chapa se disponía el patín de ripado, resuelto igualmente en acero estructural, y al que se encastró en su cara inferior una lámina de teflón de 6 mm de espesor. El tacón de deslizamiento quedaba también atravesado por una barra de alto límite elástico Freyssibar de 26,5 mm de diámetro. A ambos lados del tacón de deslizamiento se disponían tuercas de fijación de la barra, de forma que se impidiera su movimiento. El tacón de deslizamiento entraba directamente en contacto con la cuña de la viga artesa y la barra continuaba hasta atravesar el tacón de reacción anclado en el estribo a través del taladro realizado en el mismo, para poder disponer en su extremo el cilindro que ejercería la fuerza de tiro.

3.2.3 Pilas: sistema de levantamiento y ripado

Dado que resultaba materialmente imposible emplazar todo el sistema de levantamiento y ripado en los capiteles de los fustes, se consideró conveniente el diseño e instalación de torres auxiliares. Dada las cargas verticales que se estimaba deberían soportar (del orden de las 800 t) además de las fuerzas horizontales, era obvio que las mismas debían

estar especialmente dimensionadas en su unión a la cimentación. En consecuencia, se procedió a la verificación de las zapatas y a la excavación del terreno circundante a fin de descubrir la cara superior de las mismas.

Con el fin de reducir al máximo el plazo de ejecución de los trabajos, se optó por el empleo de torres de hasta 10 m de altura a partir de perfiles comerciales metálicos en cajón abierto con forma de “C”. Los ajustes en altura inferiores a esta dimensión fueron realizados mediante recrecido de la cimentación existente.



Figura 8. Vista de torres auxiliares montadas en los dos fustes de la pila 1.

Con la torre montada se fijaban los estabilizadores diagonales que arriostran la misma durante las operaciones de izado y ripado y se materializaba la conexión fuste-torre que permite el funcionamiento conjunto de ambas durante las operaciones de ripado e izado.

Finalmente instalamos un andamio multidireccional en cada pila con acceso desde el tablero a la parte superior de las torres que tenía por fin principal el acceso a las zonas de trabajo donde se ubica el sistema de izado y ripado, y también el de facilitar de forma segura el trasiego de personal, materiales y equipos al evitar tener que atravesar la autopista.

El punto sobre el que pivotará el tablero corresponde a la pila 3.2 en el lado del vano 3 de la estructura de apeo. En este punto, se dejó apoyada la estructura sobre sus apoyos y se acodó el tope lateral para convertirlo en el punto fijo del giro. El resto de las vigas en el

fuste 3 se consideraron puntos pasivos (movimientos pequeños, máximo estimado de 1



Figura 9. Vista del FREYSSILAO® y pantalla digital de control y vista sensor vertical de desplazamiento.

cm, que vendrán inducidos por los del resto del tablero) y se dejó el hueco libre. Las pilas 3 del vano 4 no recibieron esfuerzos ni se levantaron al disponer de junta en el tablero. Para el resto de las pilas, sobre las torres de apeo se disponía una viga metálica conformada por la unión de 2 perfiles HEB reforzados con platabandas longitudinales y cartelas transversales. En uno de los extremos de la viga se dispone una ménsula de retención y en el otro una ménsula de tiro, ambas igualmente fabricadas a partir de perfiles HEB. Sobre la viga conformada por los perfiles HEB se dispone el sistema de ripado y levantamiento, que se materializa mediante dos grupos de elementos conectados a través de la barra Freyssibar que provoca el tiro. En primer lugar y de abajo a arriba encontramos las placas de deslizamiento en doble T dispuestas de forma que el alma de esta quede apoyada sobre la viga conformada y las alas bloqueen e imposibiliten el desplazamiento de esta en el sentido del eje longitudinal del puente. Esta placa se acaba en acero inoxidable con acabado en espejo, de

forma que constituye la superficie sobre la que desliza la placa de deslizamiento. Cada placa de deslizamiento es idéntica a la del estribo E1. Sobre cada placa de deslizamiento se dispone el cilindro hidráulico para el levantamiento. El pistón del cilindro reacciona sobre una pieza en L de acero estructural rellena con mortero de alta resistencia, con mismo fin que en estribo. En cuanto a las dimensiones y capacidades de los cilindros de levantamiento, estos disponían un diámetro de 275 mm, una altura máxima extendido de 204 mm, y una capacidad máxima de 2567 kN, con 45 mm de carrera, rótula y tuerca de seguridad. En las pilas, la solución por tanto difiere de estribos: el sistema de levantamiento y el de ripado son un todo uno dimensionándose para ello una estructura auxiliar que lo permitiese.

3.3 Izado y ripado de estructura

Los trabajos de izado y posteriormente ripado fueron completados en la noche del lunes 12 al martes 13 de diciembre de 2016. Previo al

inicio efectivo de los trabajos de levantamiento de la estructura se comprobó el correcto funcionamiento de todo el sistema.

El izado se realiza simultáneamente en todos los puntos controlado mediante el sistema sincronizado de control de desplazamiento (FREYSSILAO®). Para un mejor control de la estructura este se lleva a cabo mediante escalones de carga que suponen alrededor del 20% del total de la carga esperada para cada punto. Una vez liberado todos los apoyos, estabilizada la estructura y asegurados los cilindros con sus tuercas de seguridad se dio la operación por concluida. Las alturas levantadas alcanzaron un máximo de 8 mm (Pila 1.1). Extraídos los apoyos y dispuesto y verificado el sistema de ripado, se inicia el ripado. Consistió en tirar con los cilindros dispuestos en la ménsula de tiro en pilas o contra los topes de reacción en estribo, pivotando en la pila 3.2 vano 3. La fuerza ejercida por el sistema para devolver a la estructura a su posición original fue de 107,60 t. siendo el rozamiento medio del orden de 4,5%. La solución definitiva pasaba por sustituir la tipología de los apoyos elastoméricos empleados por otros que garantizaran una mayor adherencia en los dos planos de deslizamiento que concurren (viga artesa-apoyo-pila). En el primero, consistió en dotar al elastómero de una chapa metálica gofrada por su cara superior, soldada a la chapa en cuña de la viga artesa. El segundo en pilas, los apoyos quedaron dispuestos sobre una chapa lagrimada 8/10, esto es, con hendiduras de 2 mm de profundidad, lo que genera una dentición y un aumento del rozamiento aparente suficiente, y en estribo los apoyos llevaban una chapa gofrada que se fija mediante anclajes químicos a la estructura de hormigón del propio estribo.

Otros trabajos desarrollados fueron la sustitución del apoyo elastomérico de la pila 5.2, así como la reparación de las juntas de estribo E1 y Pila 3.

4. Conclusiones

Durante el mes de septiembre de 2016 se detectó que el estado del primer tramo de tablero del viaducto de la Z-32 sobre la AP-68 y el FF.CC. era altamente peligroso. De producirse nuevos desplazamientos laterales a los ya producidos entre julio y septiembre de 2016 (de hasta 20 cm), hubieran dejado a este tramo de tablero completamente sin apoyo, en especial en el entorno de la pila 1, con el consiguiente riesgo de inestabilidad de la estructura y caída. La situación implicaba por tanto la urgente necesidad de llevar a cabo una actuación que restableciera los niveles de seguridad de la estructura y, por supuesto, en sus usuarios. Esta intervención, ejecutada por Freyssinet S.A.U., consistió en un levantamiento y ripado, con rotación de la estructura.

El análisis de la patología que presentaba la estructura llevada a cabo por Ines Ingenieros Consultores, concluyó que el origen de lo ocurrido radicaba en la ausencia de comprobaciones rotacionales en los aparatos de neopreno durante la fase de proyecto, los cuales no estaban anclados ni inferior ni superiormente y, además, presentaban inusuales relaciones ancho/largo.

Se desprende de lo anterior la dificultad que conlleva prefabricar estructuras con geometrías complicadas tanto en planta como en alzado (gran curvatura en planta, clotoide, con fuertes peraltes y ángulos de esviaje, ambos decrecientes según se avanza por la estructura) ya que obligan a realizar un conjunto de comprobaciones no habituales de los aparatos de apoyo, que en ocasiones no suelen considerarse, y dan origen a las situaciones descritas.

Agradecimientos

Los autores del artículo quieren manifestar su agradecimiento a todos los que hicieron posible con su esfuerzo, compromiso y dedicación, que los trabajos desarrollados se llevaran a cabo en tiempo y forma.