Emergencia por caída de paseo de servicio y descalce de vía en el puente P.K. 389/960 de la línea Venta de Baños - Santander

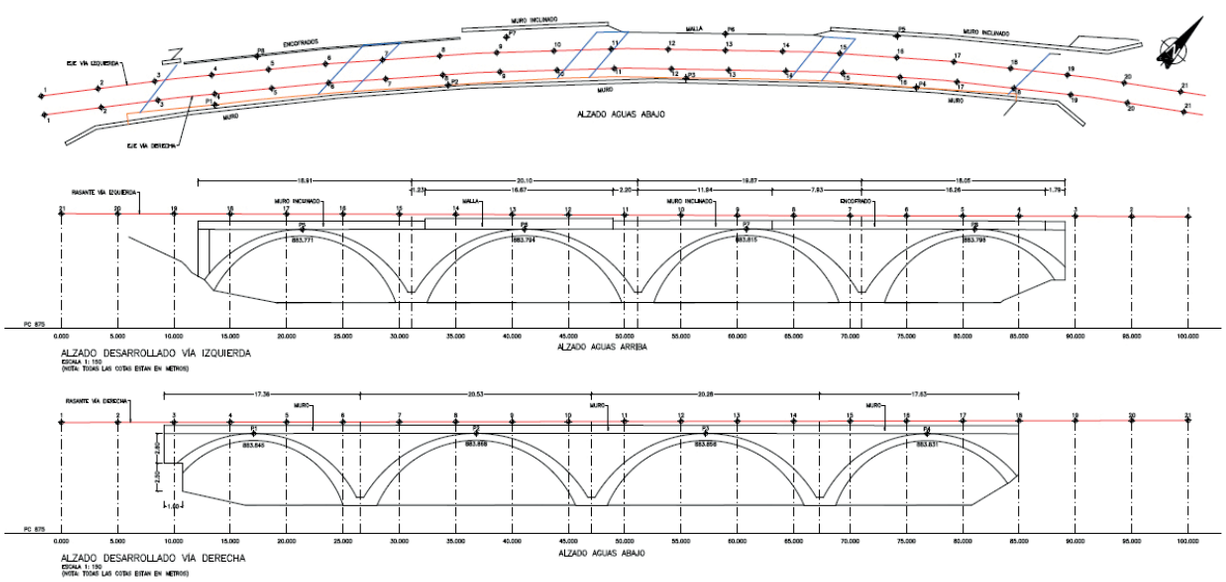
Fernando Béjar Sánchez. *Director de Servicios Generales de TECYR, S.A..*

La actuación se llevó a cabo en un puente del año 1860 situado entre las estaciones de Alar Del Rey y Aguilar de Campo. Cruza sobre el río Pisuerga y soporta una vía sencilla. La línea está electrificada y su trazado sobre el puente consiste en un tramo en curva, siendo la visibilidad limitada en ambas direcciones. Además, existe un falso túnel antes del estribo número 1.

Tipológicamente es una solución esviada en apoyos y curva en planta, constituida por cuatro arcos de hormigón armado con los estribos del mismo material. Las bóvedas son de hormigón armado y apoyan mediante cimentación directa; la obra se remata en ambos lados por tímpanos curvos en alzado, los estribos son cerrados, construidos en hormigón y sillería, la plataforma soporta una vía de carril UIC-54 kg/ml sobre traviesas y una capa de balasto de 0,60 m.

Estado previo del puente

El 20 de junio de 2016 se detectó la pérdida del paseo de servicio en el lateral izquierdo de la plataforma. La estructura presentaba daños provenientes de una mala durabilidad, existían musgos y líquenes por toda la superficie del puente, sobre todo en la zona del voladizo. También se detectaron eflorescencias por cristalización de las sales provenientes del interior en varios puntos del puente, armaduras vistas y corroídas, así como lajaciones en la superficie del hormigón y alguna fisura longitudinal.



La causa de este colapso hay que buscarla en una altura de balasto ya muy considerable (del orden de 1 m, más que duplicando, aproximadamente, la altura original). Así, la rotura fue dúctil porque se observó estricción en las barras de acero y porque, como también se apreció, los elementos que aún no se habían desplomado, evidenciaban una rotación muy considerable.

La parte de voladizo que aún no se había desplomado se consideró agotada e incapaz de soportar más carga, pudiéndose desprenderse en cualquier momento, sin posibilidad, en la práctica, de plantearse un refuerzo. Por ello, se planteó una solución de contención provisional del balasto.

Propuesta de actuación de emergencia

A partir de estas características y daños observados, se elaboró un estudio y propuesta de actuación de emergencia, se decidió la ejecución de un nuevo apoyo para la plataforma ferroviaria. Es por ello que se propuso ejecutar una losa continua, apoyada sobre los tímpanos de la estructura existente, una vez realizadas las demoliciones necesarias y la retirada de la vía actual.

Dicha losa tendría un ancho igual al del cuerpo definido entre caras exteriores de tímpanos más dos voladizos de 0,85 m a cada lateral. En todas las secciones se dispondría de un paseo lateral mínimo de 0,70 m, incrementando los voladizos laterales en aquellas secciones en que fuera necesario para cumplir este requisito. La losa tendría un espesor de 25 cm, salvo en su zona central, donde el espesor sería mayor, ya que lo que se pretendía era dar un bombeo en la losa para que desagüe a ambos lados. La pendiente transversal del bombeo tendría un 2% de caída hacia cada lateral. Además, esta losa incluiría dos muretes guardabalasto de una altura máxima de 50 cm y un canto de 20 cm.

Los motivos de la elección de esta propuesta fue dar una solución que diera estabilidad a la plataforma ferroviaria, que minimizara la incidencia en el tráfico, tuviese la máxima durabilidad posible y requiriera las menores tareas de mantenimiento y el mínimo plazo posible de ejecución.

Así, los trabajos ejecutar abarcaron una amplia gama de trabajos de demolición, restauración, consolidación, impermeabilización, sellado y mejora del puente.

- Dirección de obra: ADIF
  - Director de Obra: D. José Antonio Gómez Barquín

- Constructora: TECYR, S.A.
  - Director Técnico: Miguel Angel Delgado Núñez.
  - Jefe Oficina Técnica: Miguel Ángel Arias-Navarro Regidor.- Jefe de obra: Paloma Martín Valcárcel.
  - Encargado de obra: Francisco Gómez Pacheco.

- Asistencia técnica: FHECOR Ingenieros Consultores S.A.

- Coordinador: Dª Cristina Sanz Manzanedo.
  - Seguimiento: D. Pascual González Abad y D. Alejandro Campuzano Díaz.

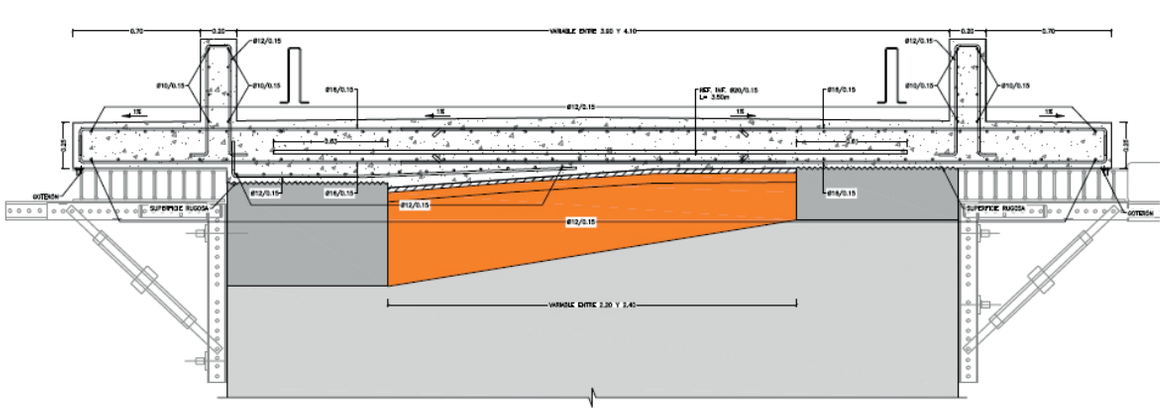
- Seguridad y Salud:
  - Coordinador: D. Raúl Cuesta Hortelano.

- Control de Calidad, Prevención y Medio Ambiente:
  - Coordinadora: Dª Laura Morillo Santaolalla.

Por las complicaciones del hormigonado de la losa a realizar con bomba de hormigón y para asegurar que todo el proceso de bombeo previsto para el hormigonado de la losa del tablero funcionase correctamente, se realizó una prueba de hormigonado, en las mismas condiciones que en el momento de hormigonado de la losa. Esta prueba se realizó el 3 de agosto de 2016 en las instalaciones de la planta de hormigón perteneciente a la empresa Osergón, situada en el municipio de Camesa de Valdivia (Palencia).

La prueba consistía en el bombeo desde un camión-bomba, con una pluma extendida de 30 metros, conectada a 18 tramos de tubería metálica de 3 metros de longitud y un diámetro 125 mm. La conexión de la pluma con las tuberías de acero se realizó mediante manguera de goma de 4,5 metros de longitud e igual diámetro que las tuberías de acero. En el extremo también se colocó una manguera de goma flexible de 4 metros, suficiente para verter el hormigón en cada

Sección de solución propuesta.



punto del ancho del tablero. Este procedimiento era exactamente igual que el que se empleó en el momento de hormigonado en la obra.

La conexión de las tuberías, tanto las de acero como las mangueras de goma, se realizó colocando un anillo de elastómero previamente humedecido sobre la junta, y posteriormente disponiendo una brida metálica que abrazaba y fijaba la conexión.

El proceso para el vertido del hormigón consistía, en primer lugar, en el cebado de la conducción con 2 m^3 de mortero, para preparar la bomba y a su vez lubricar las tuberías, facilitando así el discurso del hormigón a través de las mismas. Una vez realizado el cebado, se procedió al vertido del hormigón reproduciendo las condiciones de la obra. El resultado de la prueba fue satisfactorio, por lo que fue el método utilizado posteriormente en la obra.

Por otra parte, el ferrallado se definió en planos por parte del proyectista, y la asistencia técnica comprobó la totalidad de los recubrimientos, anclajes y solapes de la losa.

El día 12 de agosto de 2016 se terminó de colocar la ferralla, y se instalaron dos tomas de tierra de la armadura, situadas una en cada estribo, consistentes en el hincado sobre el terreno de una varilla de cobre de 1,5 metros de longitud, conectada a la ferralla a través de un cable de cobre.

Merece una mención aparte el sistema de poliurea en caliente como impermeabilización de tableros de puente, campo por el cual TECYR, S.A. apuesta fuertemente al creer que es el futuro en la impermeabilización. Los pasos realizados en esta unidad fueron:

1. El soporte de hormigón debe ser compacto y poseer unas resistencias mínimas, tanto a compresión de 25 N/mm^2, como a tracción de 1,5 N/mm^2. El soporte puede estar seco o húmedo, pero no encharcado. Debe estar libre de aceites, grasas, revestimientos y tratamientos superficiales, etc. Sobre soportes críticos, como, por ejemplo, superficies cementosas muy absorbentes, se recomienda la aplicación de una zona de prueba para garantizar que la superficie queda libre de poros después de imprimar.

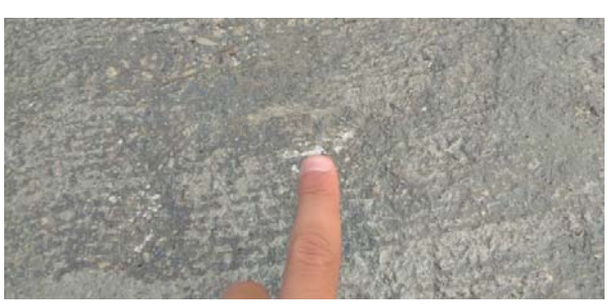
2. En primer lugar se deberá preparar la superficie mediante lijado, granallado, escarificado o fresado la superficie, con el fin de eliminar la lechada superficial y obtener una superficie de poro abierto. Debe eliminarse cualquier elemento punzante mediante lijado.

   La temperatura del soporte y del ambiente ha de encontrarse en el rango desde +5 ºC hasta + 30 ºC, y la humedad del soporte medido con el medidor de carburo debe ser inferior al 4%. Se debe evitar la condensación, trabajando siempre a una temperatura al menos de 3 ºC mayor que el punto de rocío.

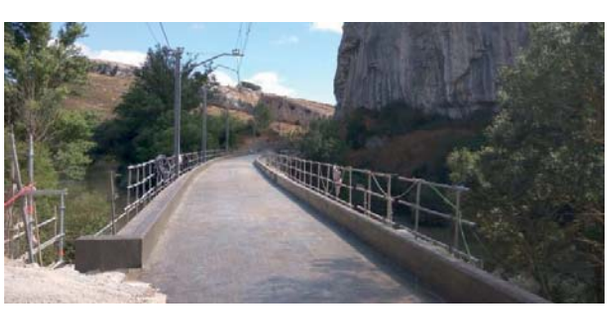
3. El producto se preparará mezclando durante aproximadamente un minuto, a bajas revoluciones para no crear burbujas, los dos botes predosificados por el fabricante en relación 1:1 (botes componente A: botes componente B). Una vez mezclados los dos componentes, la vida de la mezcla es de 1 hora a 20 ºC, disminuyendo ésta a temperaturas mayores.

Sika® Concrete Primer es una imprimación híbrida poliuretano/poliurea en base disolvente, de dos componentes, de rápido curado, con alto contenido en sólidos.

4. La imprimación se aplicará con brocha o rodillo en toda la superficie de aplicación, con cuidado para no dejar ninguna zona sin material. El consumo rondará los 0,35 kg/m2, aplicado en una o dos capas. La prueba de que se haya llegado a esta cantidad de material es comprobar que la superficie ha quedado brillante. Se debe vigilar que no quede ninguna zona sin aplicar.



5. Una vez aplicada la imprimación, el producto ha de ser protegido de la humedad, la condensación y del agua durante al menos 24 horas. El tiempo de espera óptimo antes de la aplicación de la poliurea es de entre 30 minutos y 24 horas, debiéndose aplicar otra capa adicional de imprimación si se supera este tiempo.



6. Una vez lista la imprimación comenzamos con la aplicación de la poliurea. El Sikalastic® -840 es una membrana de poliurea pura de curado rápido, de aplicación líquida, elástica, de dos componentes, 100% sólidos. Sikalastic®-840 se aplica únicamente con máquina de proyección bicomponente en caliente. Tiene la Evaluación Técnica Europea No ETE 15/0510 (antiguo DITE), según la guía ETAG 005 de la EOTA y el Certificado de potabilidad según el RD 140/2003, informe no 12-2043-1996 S

   El soporte debe cumplir los mismos requisitos que los citados para la imprimación, con la salvedad de que en este caso el hormigón debe estar completamente seco.

   La temperatura del soporte y del ambiente ha de encontrarse en el rango desde -5 ºC hasta +70 ºC, y la humedad del soporte, medido con el medidor de carburo debe ser inferior al 6%. Se debe evitar la condensación, trabajando siempre a una temperatura al menos de 3ºC mayor que el punto de rocío.

   El producto se prepara con maquinaria de proyección en caliente de alta presión, que mezcla a una temperatura de entre +70 ºC y +85 ºC dos bidones con las partes A y B predosificados en relación 1:1 en volumen, mezclando previamente con medios mecánicos el componente C (pigmento) al componente A.

7. La proyección del producto se ha de realizar por zonas, aplicando el producto uniformemente en bandas longitudinales y transversales, de manera que se genere una capa opaca de poliurea, siendo éste el indicador de un consumo de material adecuado, que deja una capa de unos 2 mm de espesor.

   El producto endurece en un tiempo extremadamente corto. Al estar proyectado a alta presión, hay que guardar las medidas de seguridad adecuadas, cubriendo la piel de los operarios y mediante el uso de guantes, mascarilla y gafas de seguridad. Hay que tener precaución con las gafas y los aparatos electrónicos, ya que el producto que queda en suspensión deteriora sus pantallas y cristales.

   Los trabajos en la obra comenzaron el día 29 de junio de 2016 y finalizaron el día 23 de septiembre de 2016, teniendo una media 12 personas durante el corte de vía.

Control de ejecución

En el proceso constructivo de la losa del tablero, se controlaron las siguientes actividades ordenadas cronológicamente:

- Anclaje de los encofrados para ejecución de los voladizos a los tímpanos de la estructura.
- Trabajos de demolición de la losa del puente.
- Ejecución de la regulación de la superficie de apoyo de la nueva losa del tablero.
- Disposición de armadura y recubrimientos mínimos de los elementos del tablero.
- Correspondencia entre el hormigón vertido en obra y el especificado en proyecto.
- Verificación de la puesta en obra del hormigón de la losa.
- Ejecución de muretes guardabalasto.
- Ejecución de la impermeabilización.
- Puesta en servicio del puente.

Durante todo el proceso de ejecución de la losa superior se han realizado simultáneamente trabajos de reparación de humedades, desconchones y fisuras que, durante las diferentes visitas a obra, han sido también objeto de control.

Ensayos de control de calidad

Durante la ejecución de las diferentes actividades se ha realizado, por encargo directo de la Dirección de obra, ensayos necesarios para garantizar la calidad de los trabajos.

- Hormigones: ensayo rotura por compresión de hormigón tanto en la losa como en los muretes guardabalasto.
- Control de todos los certificados de calidad y ensayos de los materiales utilizados en la obra.

Asistencia técnica en obra

- FHECOR

Metodología de cálculo de la solución proyectada

La normativa empleada en el diseño coincide con la normativa en vigor en el momento de la redacción del Proyecto:

- Instrucciones de acciones a considerar en puentes de ferrocarril IAPF.
- EHE-08. Instrucción de Hormigón Estructural.

Bases de cálculo:

- Para el dimensionamiento se ha seguido el método de los Estados Límites indicado en la normativa de referencia.

Materiales:

- Para las comprobaciones realizadas se han empleado los materiales indicados a continuación:
- Hormigón: losa del tablero: HA-35/F/20/IIa+H.
- Armaduras pasivas: acero pasivo B500S.

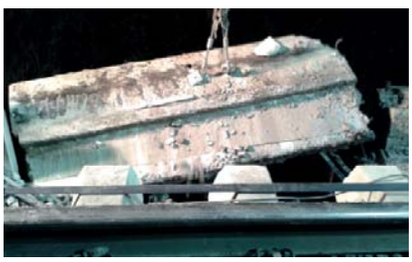
Trabajos realizados

1º Colocación de contradeltas en el lado exterior.

2º Colocación de encofrados en el lado exterior.

3º Colocación de andamios en el lado exterior.

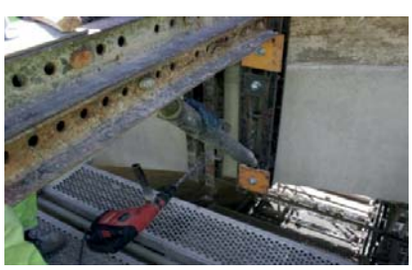
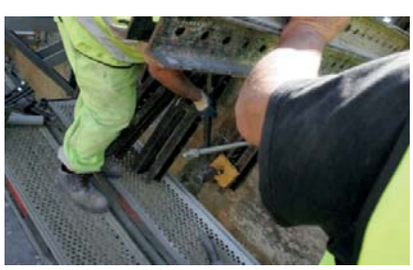
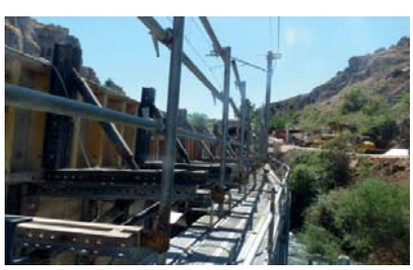
■ *4º Retirada del murete del lado exterior y demolición del voladizo existente del lado exterior.*



■ *5º Reubicación de servicios (fibra óptica).*

■ *6º Demolición y retirada del murete y voladizo del lado interior.*

■ *7º Colocación de contradeltas lado interior.*

■ *8º Colocación de encofrados lado interior.*

■ *9º Colocación de andamios lado interior.*

■ *10º Retirada de banqueta de balasto, traviesas y vías.*

■ *11º Ferrallado y ejecución de la losa.*

■ *12º Ejecución de la losa.*

Ejecución y hormigonado de la losa con bomba de hormigón.

Ejecución de muretes guardabalasto.

Hormigonado de muretes guardabalasto.

Retirada de encofrados, deltas y contradeltas.

- *13º Impermeabilización de la losa con Sikalastic Concrete Primer y Sikalastic 840.*

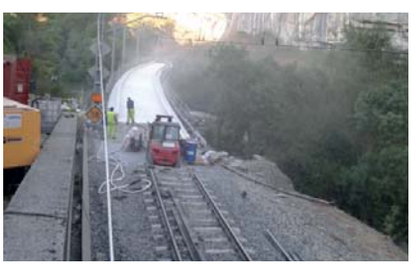
Equipo y toma de temperatura – humedad de los paramentos para posterior impermeabilización de la losa con Sikalastic Concrete Primer y Sikalastic 840.

Preparación de la imprimación Sika Concrete Primer con mezclado a baja revolución.

Imprimación de la losa con Sikalastic Concrete Primer para posterior puesta en obra del Sikalastic 840.

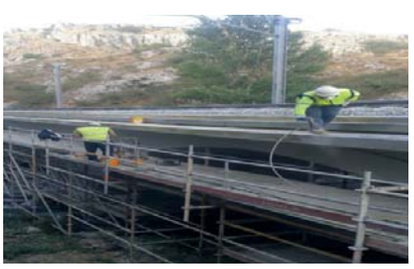
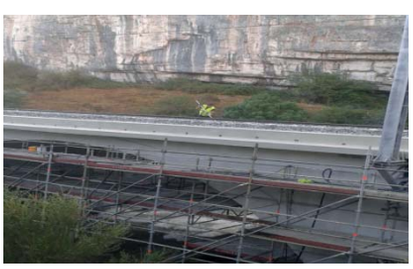
Máquina de proyección de poliurea Gama G-30 H relación 1/1.

Impermeabilización de la losa con Sikalastic 840.



■ *14º Impermeabilización de zonas de vías y paseos, con Sikalastic 810, Sikaflor 357 Y Microesferas.*

Impermeabilización de los paseos con Sikalastic 810, Sikaflor 357 y Microesferas.

■ *16º Reparaciones con mortero R4 Sikarep 414.*

■ *17º Sellado de fisuras con Sikadur 31 EF.*

■ *18º Inyección de fisuras con Sikadur 52 Inyección.*

■ *19º Pintura con Sikacolor 671 W.*

■ *20º Acabados, colocación de barandilla y goterón.*

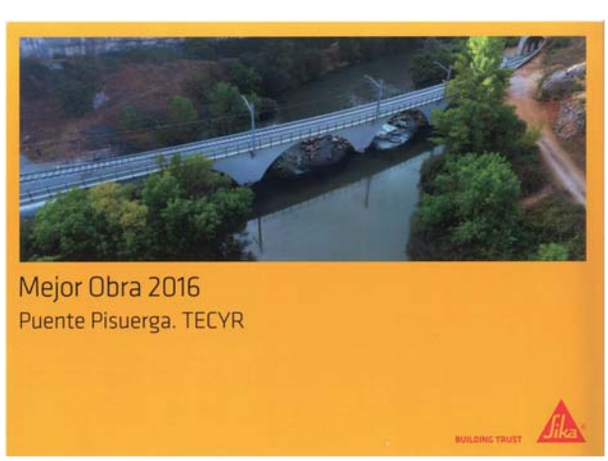
Aspecto final

Productos utilizados

En esta obra fuimos de la mano de SIKA, S.A.U., proveedor del cual somos aplicador homologado y los productos de su gama utilizados fueron:

- Sikalastic Concrete Primer.
- Sikalastic 840.
- Sikalastic 810.
- Sikaflor 357.
- Microesferas.
- Sikacolor 671 W.
- Sikarep 414.
- Sikadur 52 Inyección.
- Sikadur 31 Ef.
- Sikaflex 11 Fc Cartucho 600 Cm3.
- Sikament 230 para 190 M3 de hormigón Ha 35 F 20 Iia.
- Sikafibroplast P para 190 M3 de hormigón Ha 35 F 20 Ii.

Resto de materiales utilizados:

- Hormigón HA 35 F 20 IIA.
- Anclajes M 20x170.
- Arido 20-40 silicio.
- Varillas roscadas M20.
- Malla electrosoldada de 13x13.

Premio recibido por esta obra.