Identificación de posibles daños en los conductos de TP del puente Theodore Roosevelt (Florida)

Explorar los métodos de ensayo no destructivos utilizados para localizar e inspeccionar conductos y tendones postensados en puentes

Visión general

- El Departamento de Transporte de Florida necesitaba localizar con exactitud la ubicación específica de posibles daños en la post-tensión (PT) en dos secciones de vigas cajón del puente Theodore Roosevelt en Stuart, FL
- El Proceq GP8100 se utilizó para identificar la ubicación de los tendones, mientras que el Pundit PD8050 se utilizó para determinar el estado de los tendones.
- Este proyecto identificó con éxito posibles fallos en los conductos de TP y verificó la integridad de las secciones en buen estado

El objetivo de este proyecto era utilizar ensayos no destructivos para localizar las distorsiones de los tendones de TP identificadas con un sistema permanente de control de la salud estructural.

Desafío

El puente Roosevelt ha sufrido en el pasado fallos en los conductos del TP, como lechadas inadecuadas y roturas de cables que requerían reparación. Tras estos fallos, se instaló un sistema permanente de control acústico y extensométrico del estado estructural.

Se han recibido datos que indicaban posibles daños de la TP en dos secciones de viga cajón, pero el sistema de monitorización actual no puede determinar la ubicación específica. Para evitar realizar trabajos innecesarios, se prefiere un método no destructivo de localización de los daños.

Solución

Screening Eagle's Proceq Ground Penetrating Radar, GP8100 se utilizó para localizar los tendones, y el Pundit Ultrasonic Pulse Echo Linear Array, PD8050, se utilizó conjuntamente para evaluar el estado de los tendones PT. Se escanearon las dos secciones inferiores del conducto PT en el vano de interés en el piso de la viga cajón entre los anclajes. La mayoría de las secciones eran aceptables, aunque había varias secciones con defectos potenciales.



Figure 1. PT tendon locations inside the box beam

Para analizar a fondo el puente se utilizaron dos tecnologías, el radar de penetración en el suelo (GPR) y el eco de impulsos ultrasónicos (UPE); una para localizar los tendones y la otra para analizar su estado. Ambas son aptas para cartografiar empotramientos y anomalías del hormigón, pero cada una tiene sus propias especialidades.

Los dispositivos GPR emiten ondas electromagnéticas en el hormigón para crear una imagen de los objetos hasta un metro por debajo de la superficie. Un porcentaje de la onda se refleja en los límites del material en función de la constante dieléctrica de los materiales. Los metales, como las barras de refuerzo y los conductos de TP, tienen una constante dieléctrica infinita que crea una fuerte reflexión, apareciendo claramente en la exploración. El aire también puede aparecer en la exploración, pero tiene una reflexión más débil porque la diferencia de constante dieléctrica entre el hormigón y el aire es menor. Sin embargo, dado que las ondas GPR se reflejan completamente en las superficies metálicas, los dispositivos GPR no pueden evaluar el estado del interior de un conducto metálico, pero son una gran herramienta para localizar con precisión los tendones de TP.

Screening Eagle tiene tres versiones de GPR para hormigón, pero en este proyecto se utilizó principalmente el GP8100. Este dispositivo tiene 6 antenas para una cobertura de área más amplia y escaneos en C de una sola pasada (llamados escaneos de superlínea) que permiten una interpretación más sencilla (Figura 2). Los C-scan permiten visualizar la profundidad del hormigón, empezando en la superficie y cortando a través del espesor.



Figure 2. Proceq GP8100
GPR

El segundo dispositivo utilizado fue una matriz lineal de pulso-eco ultrasónico (UPE). Esta tecnología emite ondas acústicas en el hormigón para crear una imagen de los objetos hasta 1,5 metros por debajo de la superficie. Al igual que con el GPR, en los límites de los materiales hay un porcentaje de energía de onda que se refleja en el dispositivo en función de la densidad, el módulo elástico y la relación de Poisson de los materiales. Dado que la diferencia de densidad entre el hormigón y el aire es muy grande, la reflexión en las interfaces hormigón/aire es prácticamente del 100%.

UPE destaca en la localización de defectos relacionados con el aire, como delaminación, alveolado y huecos, incluidos los huecos de lechada en conductos de TP. El UPE también es capaz de localizar metales, pero con menor sensibilidad. La diferencia de densidad entre el hormigón y el acero es menor, por lo que sólo la mitad de la energía se refleja en las interfaces metálicas.

El dispositivo UPE de Screening Eagle, el Pundit PD8050, utiliza una matriz lineal de transductores que permite realizar una cartografía detallada con una mejor relación señal/ruido, ya que puede intersectar objetivos en diferentes ángulos para obtener mejores imágenes.



Figure 3: Pundit PD8050

Principales resultados

Datos GPR

Se tomaron datos GPR, como los mostrados en la Figura 4, en cada ubicación de escaneado para localizar cada tendón. Los seis tendones de cada lado del puente son claramente visibles. Además, se muestran y etiquetan la rejilla de armadura y el muro de contención de hormigón. La pared posterior de hormigón sólo es visible entre la rejilla de armadura porque la onda no puede sortear los tendones PT para una reflexión adecuada. Utilizando los láseres situados en el lateral del dispositivo, se marcaron las ubicaciones de los tendones en la superficie de hormigón con tiza roja.

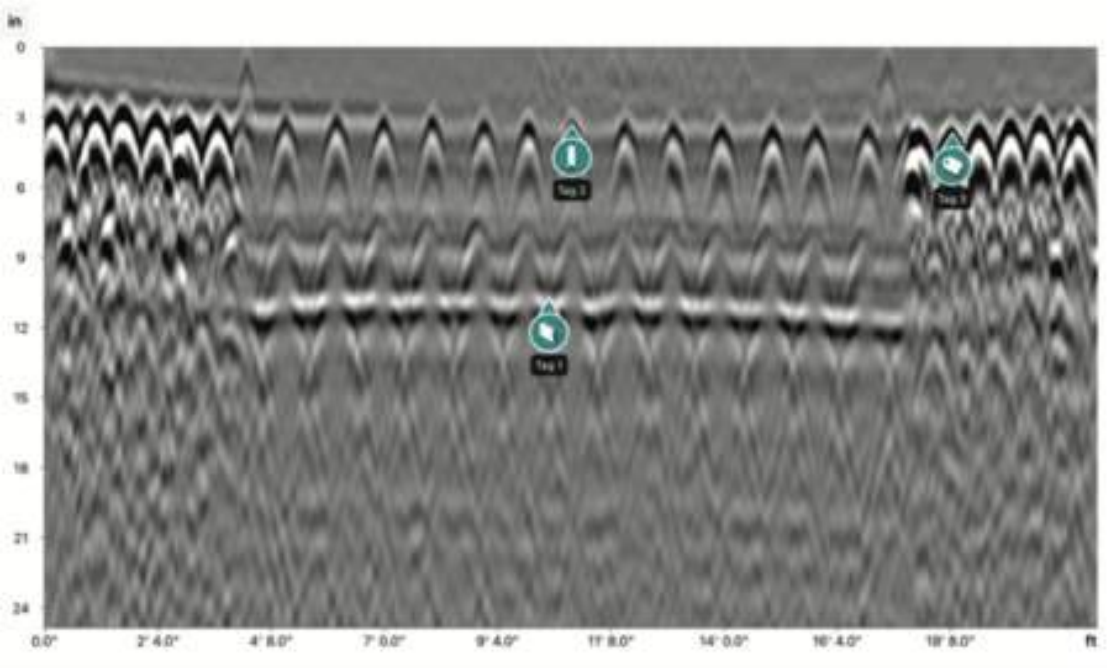
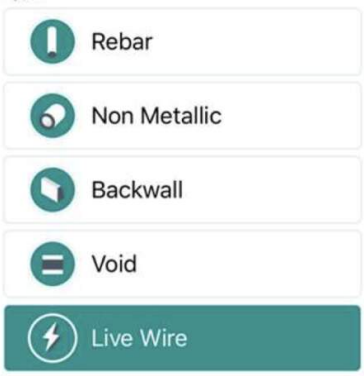


Figure 4: GPR scan across box girder width.



Datos UPE

Hay una línea de instantáneas por sección que compone la exploración completa y cada exploración está etiquetada en la parte superior. El final de las instantáneas de datos correspondientes a cada tendón se identifica con marcadores verdes (M1, M2, M3, etc.). En otras palabras, los datos de cada tendón aparecen antes del marcador correspondiente. Dependiendo de las condiciones de la superficie, se tomaron un mínimo de tres instantáneas en cada tendón en diferentes lugares.

Debido a la rugosidad general de la superficie del suelo de la viga, el sexto tendón no se pudo escanear en todas las secciones, excepto en una. El eje x se puede utilizar para medir la distancia, pero en este caso se descartó la cuadrícula completa en favor de la eficacia de la inspección. El eje y es la profundidad en el hormigón, siendo la superficie (0,0). Hay muchas exploraciones que identifican el grosor de la viga a unos 25 cm por debajo de la superficie.



Figure 5

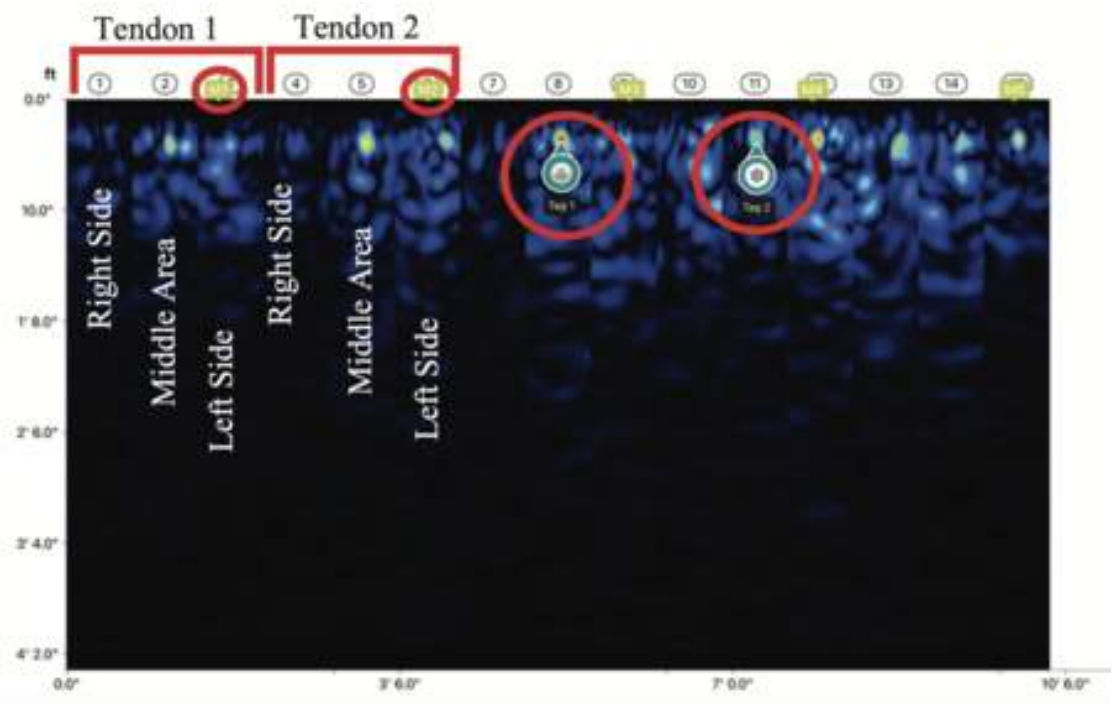
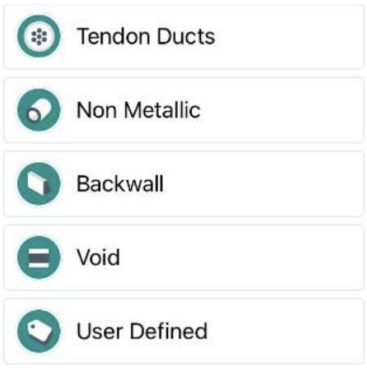


Figure 6



La Figura 6 es un buen ejemplo ya que había 3 instantáneas por tendón con 5 tendones que pudieron ser escaneados. Esta sección también tenía secciones de tendón con buena y mala lechada, cada una de ellas etiquetada. Las áreas en rojo indican una fuerte reflexión, típicamente un indicador de aire. Las zonas en amarillo o verde indican un reflejo más débil, probablemente el metal y la lechada en el tendón o un alveolado potencialmente menor. El azul indica hormigón sólido o un material con una densidad tan cercana al hormigón que el dispositivo no lo registra.

La figura 7 muestra un fuerte reflejo en el tercer conducto del TP, pero sólo se localizó en una instantánea. El resto de las exploraciones de los tendones tenían reflexiones de menor amplitud en comparación, lo que indica sólo un problema menor de lechada en esa ubicación centralizada. Los demás tendones de esta sección se consideraron aceptables debido a las bajas reflexiones.

Hay muchas otras secciones que se parecen a este ejemplo mostrando reflexiones de baja amplitud para indicar la ubicación del tendón y confirmar las condiciones adecuadas de lechada. Había secciones en cada viga que presentaban signos significativos de deterioro. La Figura 6 muestra un área de delaminación alrededor del tendón 3 y una lechada inadecuada en el tendón 5. La delaminación puede ser una reflexión de menor amplitud dependiendo de la anchura de la grieta, pero es fácil de identificar por la línea recta de reflexiones. En este caso, esta delaminación se encuentra debajo de un parche.

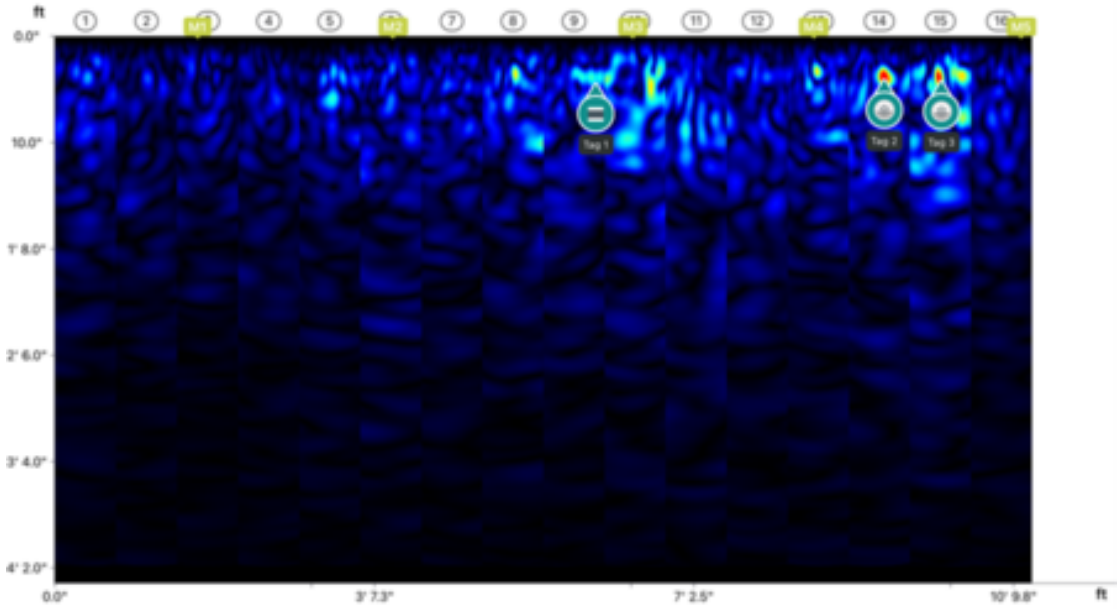
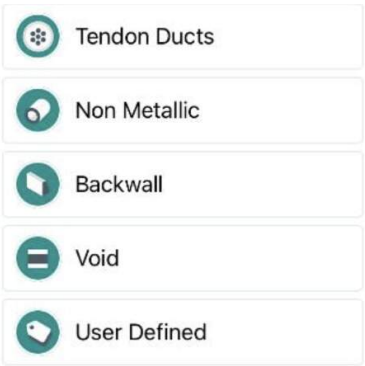


Figure 7: UPE scan



La figura 8 muestra reflexiones significativas con posibles vacíos alrededor de los tendones, así como en la lechada. En cualquier caso, estas fuertes reflexiones indican una gran presencia de vacíos de aire en esta zona de la estructura.

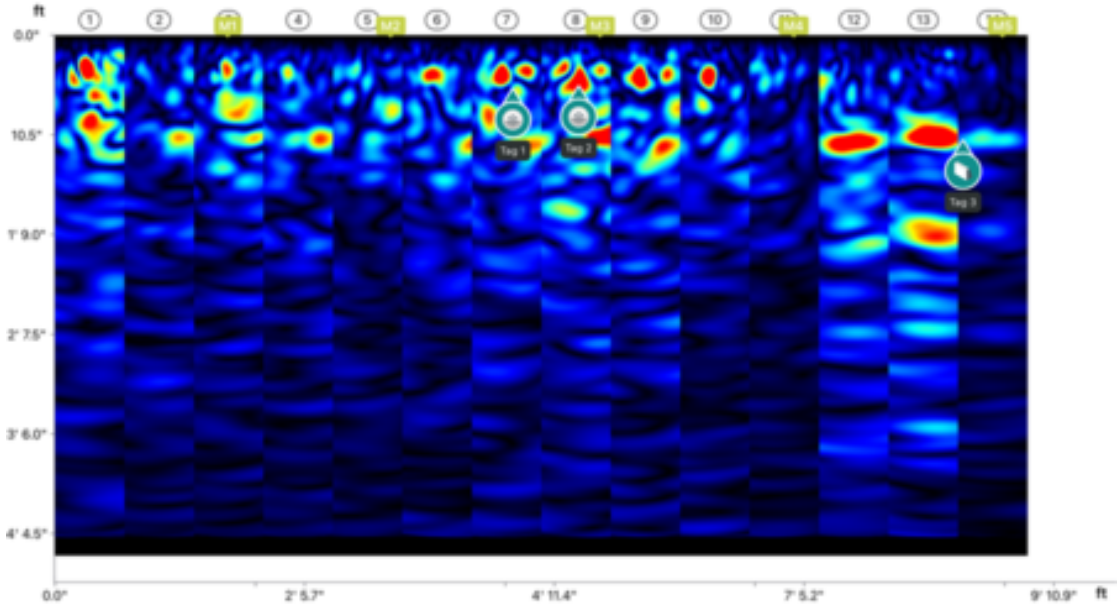
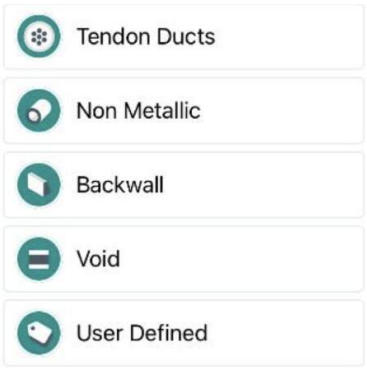


Figure 8: UPE scan



Es importante recordar que no todos los reflejos fuertes son perjudiciales. Este dispositivo es capaz de captar imágenes a 1,5 metros dentro del hormigón, por lo que a menudo se produce un reflejo desde el otro lado del hormigón, denominado pared posterior. Cuando el hormigón es de buena calidad, existe la posibilidad de que se produzca una segunda pared de fondo, un eco del primer viaje que la onda hizo a través del hormigón. Esto se puede utilizar para poner a cero y calibrar el dispositivo para obtener las mejores mediciones de profundidad.

En el vano 3-4 de la viga cajón, se observó una fuerte pared de fondo bajo el tendón 5, mientras que en el resto de los vanos sólo se veían indicios ocasionales de la pared de fondo. Los conductos PT pueden ensombrecer el muro de contención incluso si está en buenas condiciones debido a la energía necesaria para desplazarse entre las interfaces hormigón/metal/grout. Sin embargo, en el tendón 5, la pared de fondo se podía ver en toda la longitud del escaneo. Independientemente de las interfaces de material que atravesara la onda, no recibió la misma energía que otras ubicaciones escaneadas. Esto podría deberse a un cambio en el material del hormigón, la lechada o el conducto (tal vez el cambio de manguitos metálicos a no metálicos).

Los resultados de este proyecto son prometedores para localizar con precisión los fallos de los conductos de TP, ya que permiten identificar varios casos preocupantes, pero también verificar la integridad de las secciones en buen estado. En este caso, sólo se realizaron unas pocas instantáneas en cada sección, pero es posible realizar un C-scan de toda la longitud del tendón entre los bloques de desviación si hay una determinada zona de gran preocupación. Esto requiere más tiempo, pero si el seguimiento de detalles y distancias es importante, puede hacerse con el mismo dispositivo y aplicación.

La UPE realizó pruebas destructivas en lugares que indicaban un alto grado de huecos en los tendones. Aún no se ha publicado el informe oficial, pero los informes iniciales indican que se confirmó la presencia de huecos en cada lugar.

Lea más estudios de casos sobre inspecciones de puentes de hormigón en nuestro Centro Técnico.

SCREENING EAGLE | proceq

Terms Of Use
Website Data Privacy Policy

Copyright © 2024 Screening Eagle Technologies. All rights reserved. The trademarks and logos displayed herein are registered and unregistered trademarks of Screening Eagle Technologies S.A. and/or its affiliates, in Switzerland and certain other countries.