Cartografía no destructiva del subsuelo y evaluación del estado de un gran puente de carretera

Evaluación exhaustiva del tablero del puente y de la impermeabilización mediante georradar multicanal

El reto

Para garantizar la gestión a largo plazo de los activos y planificar un mantenimiento específico, el propietario de los activos necesitaba una evaluación detallada de la estructura interna y del estado de la impermeabilización de un puente de carretera clave. En concreto, la inspección se enfrentaba a varios obstáculos críticos:

- Geometría interna no documentada: no se disponía de planos actualizados y muy detallados de la capa superior de armadura ni de la disposición exacta del sistema de postensado transversal (PT).
- Sospecha de degradación de la impermeabilización: Se sospechaba que había entrada de humedad, pero se desconocían su alcance, ubicación y efecto sobre la adherencia de la impermeabilización situada bajo la capa de asfalto de unos 100 mm.
- Limitaciones de los diagnósticos automatizados: No se pudieron utilizar los algoritmos estándar automatizados de cartografía de deterioro mediante GPR debido a dos factores que se sumaban:

    1. La disposición muy irregular y «desigual» de la malla de refuerzo de la primera capa.
    2. La elevada concentración de agua en el subsuelo, resultado de tres días de lluvias continuas previas al escaneo nocturno.

- Minimización de las molestias al tráfico: El trabajo de diagnóstico debía completarse rápidamente con un mínimo de perforaciones o ensayos destructivos.

La solución

Se utilizó un radar de penetración en el suelo (GPR) avanzado de Proceq, que combinaba la adquisición de datos de alta resolución con una validación física específica.

1. Escaneo GPR de alta resolución

El estudio con GPR se llevó a cabo por la noche utilizando los sistemas multicanal GM8000 y GS9000 para capturar perfiles del subsuelo de alta densidad a lo largo de la calzada.

2. Análisis de señales multicapa

Dado que los algoritmos de cartografía automatizada no eran viables en condiciones de alta saturación, los ingenieros analizaron manualmente las propiedades dieléctricas y las amplitudes de señal del radar en bruto:

- Cartografía de los límites de la impermeabilización: se evaluó la intensidad de la señal en el límite entre el asfalto y el hormigón. Los reflejos de baja amplitud (zonas naranjas/verdes) indicaban una impermeabilización seca e intacta, mientras que los reflejos de alta amplitud y alta constante dieléctrica (zonas rojas) apuntaban a una acumulación de agua y a un posible desprendimiento.
- Cartografía de barras de armadura y postensado: Se realizaron seguimientos de los reflejos hiperbólicos del acero longitudinal y transversal para cartografiar la profundidad, el espaciado y la relación estructural entre los paneles de barras de armadura y los conductos de postensado subyacentes.

3. Calibración mediante zanjas de prueba específicas

En lugar de realizar ensayos destructivos a gran escala, solo se excavaron tres zanjas de prueba localizadas para calibrar y confirmar las interpretaciones de las señales del GPR:

- El pozo de prueba 1 se situó en una zona de alta amplitud para verificar un posible fallo en la impermeabilización.
- El pozo de prueba 3 se situó en una zona de baja amplitud (naranja) para confirmar que la impermeabilización estaba en buen estado e intacta y que el hormigón estaba seco.



Resultados

El estudio con georradar proporcionó un mapa claro y útil del estado interno del puente, lo que permitió al cliente pasar de un mantenimiento generalizado a reparaciones localizadas y muy específicas.

Diseño estructural y cartografía de las armaduras

El estudio con georradar logró cartografiar con éxito la compleja disposición de las capas superiores de armadura del puente:

- Primera capa (profundidad: 150 mm–200 mm): dispuesta en paneles rectangulares con una separación de 4 m entre centros. Las barras longitudinales se sitúan en la parte superior, apoyándose directamente sobre los cordones de postensado transversales situados debajo. Esto sugiere que el panel de barras de armadura probablemente se apoyó directamente sobre los conductos de los tendones de postensado durante el vertido original del hormigón.
- Segunda capa (profundidad: ~300 mm): se cartografió con éxito una malla de armadura secundaria.
- Anomalías estructurales: Se han identificado zonas localizadas en las que la malla de acero de la primera capa se encuentra a una profundidad significativamente mayor (300 mm–350 mm) sobre los tendones transversales.

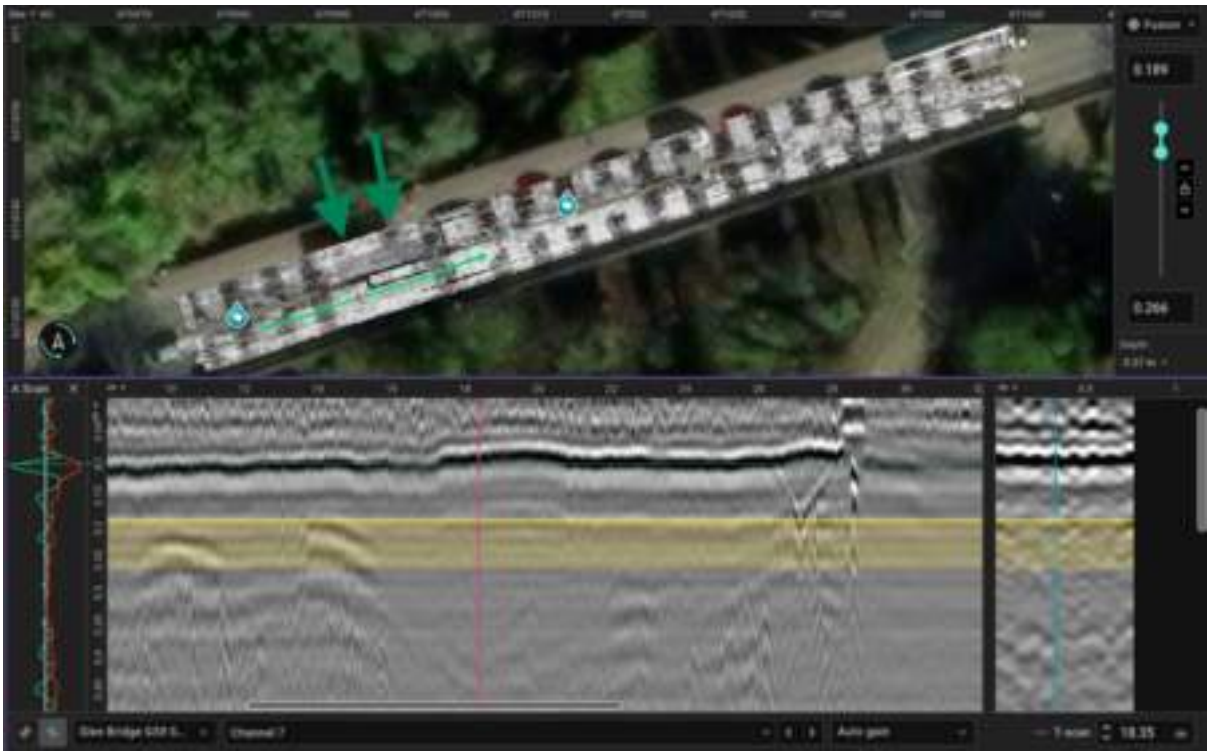


Fig.1 Overview of 1st layer reinforcement

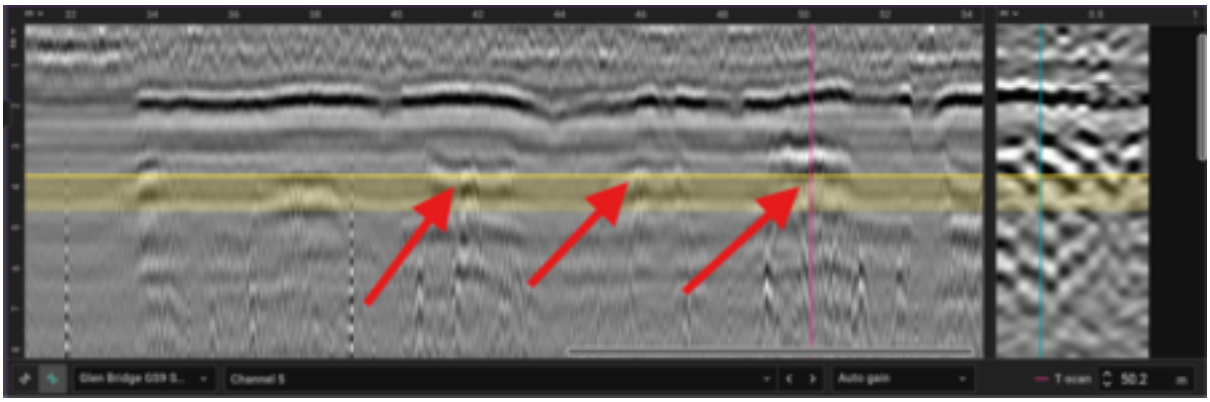


Fig.2 possible PT strands

Impermeabilización y cartografía de la humedad

Mediante el análisis del contraste dieléctrico en la interfaz entre el asfalto y la impermeabilización, los ingenieros aislaron las zonas de acumulación de humedad:

- **Junta del estribo suroeste:** se identificó**una** zona importante de acumulación de agua. Debido a la pendiente del puente, la escorrentía se detiene bruscamente en la junta de dilatación, lo que provoca una

saturación prolongada de agua. La zanja de prueba n.º 1 confirmó que esta saturación ha dado lugar a una mala adherencia de la membrana impermeabilizante.

- **Saturación de la zanja de servicios:** Las respuestas dieléctricas**de alta amplitud** pusieron de manifiesto una zona saturada que atravesaba la calzada a mitad del vano, coincidiendo con una zanja transversal de servicios y cableado de comunicaciones.
- **Zonas en buen estado: La** calzada en dirección oeste y los tramos orientales mostraron reflexiones de baja amplitud. El pozo de prueba 3 confirmó que en estas zonas la impermeabilización estaba totalmente intacta y el hormigón subyacente estaba seco.

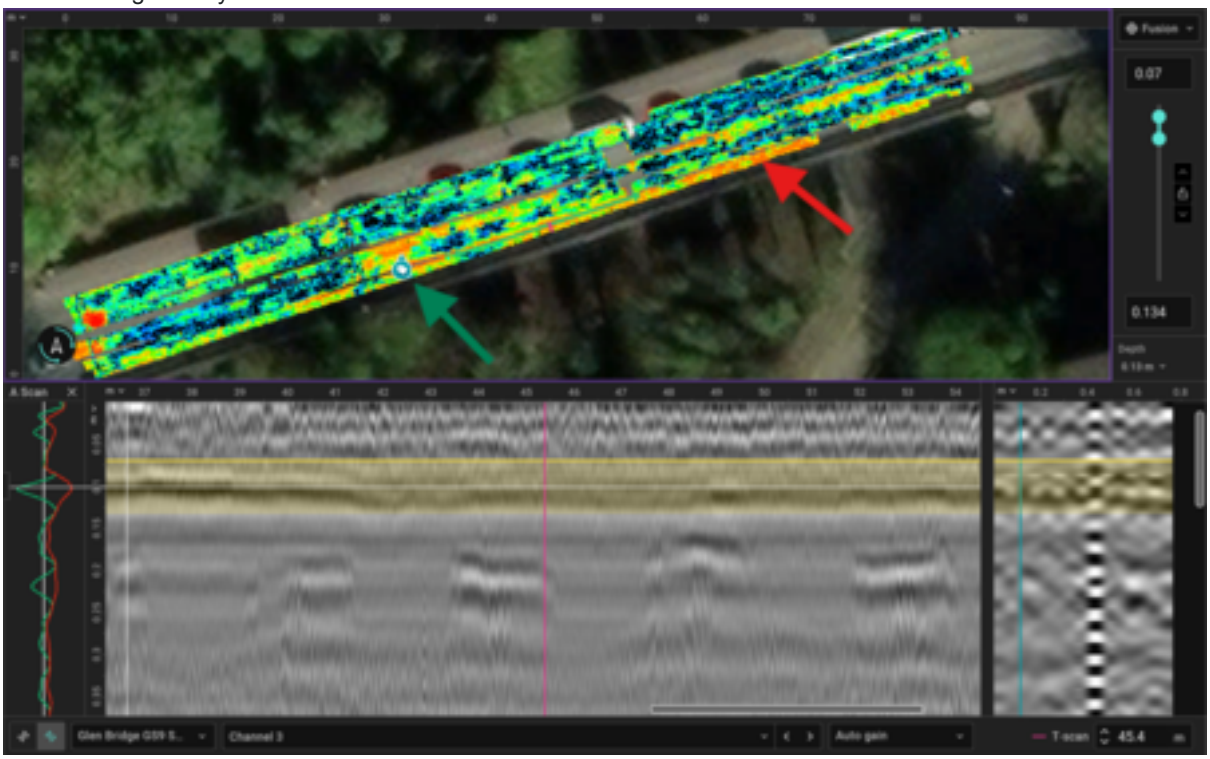


Fig.3 Low amplitude response shown in orange, high amplitude higher dielectric response in red

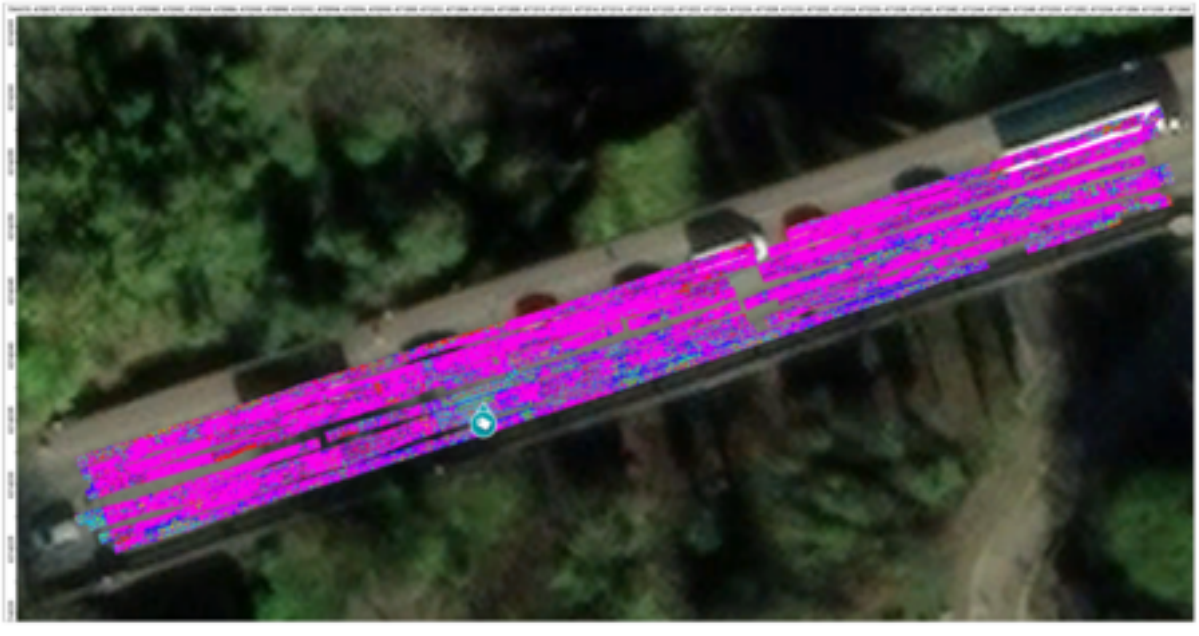


Fig.4 Waterproofing layer

Evaluación del estado del acero

A pesar de la imposibilidad de ejecutar modelos automatizados de deterioro, el análisis manual de la atenuación de la señal permitió identificar con éxito zonas localizadas que suscitaban preocupación:

• Los perfiles del georradar mostraron un desvanecimiento o desaparición repentina en la esquina de la malla de barras de refuerzo. Esto indica, o bien una saturación localizada del hormigón que apantalla la señal del radar, o bien un deterioro del acero en fase inicial.

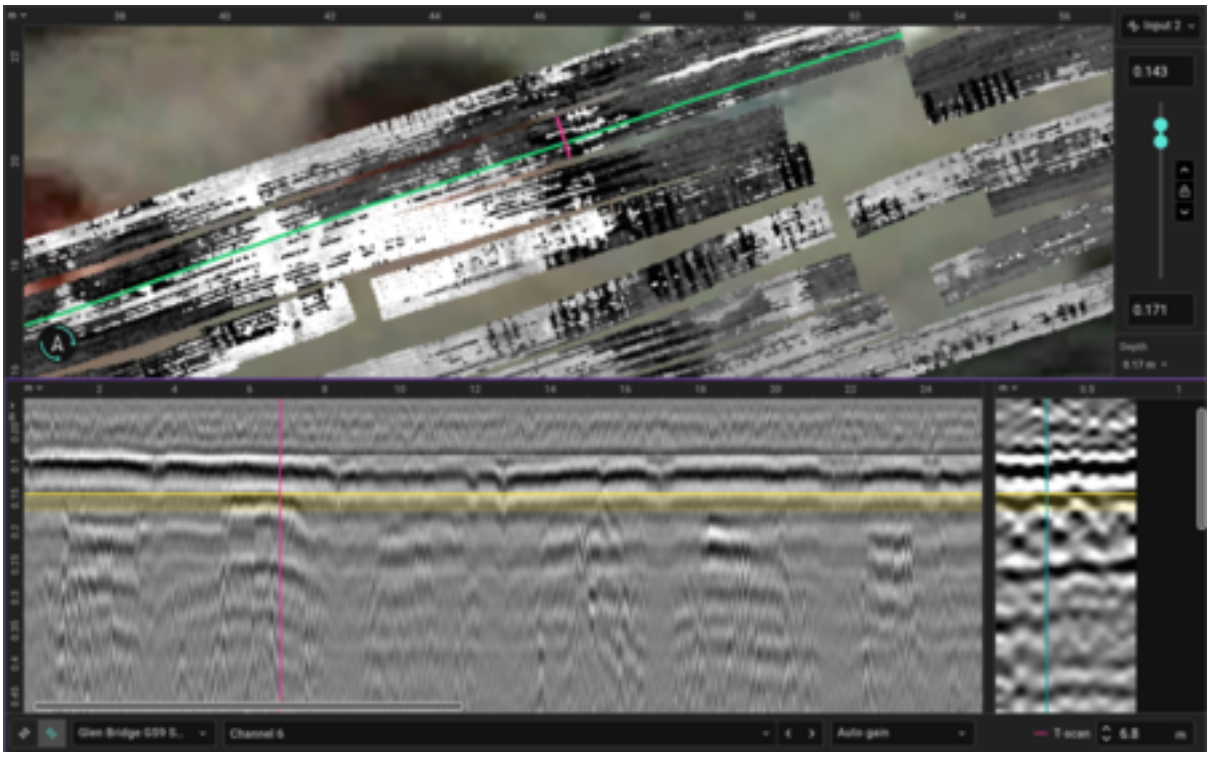


Fig.5 steel detail in centre of bridge

Conclusión y recomendaciones prácticas

En general, se ha comprobado que el hormigón y el armazón de acero interno del tablero del puente se encuentran en buen estado estructural. En lugar de recomendar un costoso repavimentado completo del tablero y la sustitución del sistema de impermeabilización, los datos del georradar (GPR) han permitido formular recomendaciones de mantenimiento eficaces:

1. Reparación selectiva de la impermeabilización: Llevar a cabo la sustitución localizada de la impermeabilización en el extremo suroeste del puente, centrándose en la zona de alta saturación hasta el límite más oriental.
2. Rehabilitación del sistema de drenaje: Solucionar el bloqueo del recorrido de drenaje en la junta del estribo suroeste para evitar futuros encharcamientos y fallos prematuros de la adherencia.
3. Investigación localizada del hormigón y el acero: Realizar un seguimiento localizado y no destructivo o una perforación localizada para evaluar la supuesta degradación de la armadura.

Consulte más notas de aplicación y casos prácticos 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.