

Cartografia não destrutiva do subsolo e avaliação do estado de uma grande ponte rodoviária

Avaliação abrangente do tabuleiro da ponte e da impermeabilização com GPR multicanal

O Desafio

Para garantir a gestão a longo prazo do ativo e planejar uma manutenção direcionada, o proprietário do ativo necessitava de uma avaliação detalhada da estrutura interna e do estado da impermeabilização de uma ponte rodoviária de importância estratégica. Mais especificamente, a inspeção enfrentava vários obstáculos críticos:

- Geometria interna não documentada: Não estavam disponíveis desenhos atualizados e altamente detalhados da camada superior de reforço nem a disposição exata do sistema de pós-tensão (PT) transversal.
- Suspeita de degradação da impermeabilização: Suspeitava-se da entrada de humidade, mas a sua extensão, localização e efeito na aderência da impermeabilização por baixo da camada de asfalto de cerca de 100 mm eram desconhecidos.
- Limitações dos diagnósticos automatizados: Não foi possível utilizar algoritmos padrão de mapeamento automatizado de deterioração por GPR devido a dois fatores agravantes:
 1. A disposição altamente irregular e «desuniforme» da manta de reforço da primeira camada.
 2. A elevada concentração de água no subsolo, resultante de três dias de chuva contínua antes da varredura noturna.
- Minimizar a perturbação do tráfego: O trabalho de diagnóstico teve de ser concluído rapidamente, com o mínimo de perfurações ou ensaios destrutivos.

A solução

Foi utilizado um radar de penetração no solo (GPR) avançado da Proceq, combinando a aquisição de dados de alta resolução com uma validação física direcionada.

1. Varredura GPR de alta resolução

O levantamento com o GPR foi realizado à noite, utilizando os sistemas multicanal GM8000 e GS9000 para capturar perfis subterrâneos de alta densidade ao longo da faixa de rodagem.

2. Análise de sinais em várias camadas

Uma vez que os algoritmos de mapeamento automatizados eram inviáveis nas condições de elevada saturação, os engenheiros analisaram manualmente as propriedades dielétricas e as amplitudes do sinal do radar em bruto:

- Mapeamento dos limites da impermeabilização: avaliou-se a intensidade do sinal na fronteira entre o asfalto e o betão. As reflexões de baixa amplitude (zonas laranja/verde) indicavam uma impermeabilização seca e intacta, enquanto as reflexões de alta amplitude e alta constante dielétrica (zonas vermelhas) apontavam para acumulação de água e potencial descolamento.
- Mapeamento de vergalhões e PT: Rastreou-se as reflexões hiperbólicas do aço longitudinal e transversal para mapear a profundidade, o espaçamento e a relação estrutural entre os painéis de vergalhões e os condutos de pós-tensão subjacentes.

3. Calibração através de furos de ensaio direcionados

Em vez de ensaios destrutivos generalizados, foram escavadas apenas três fosas de ensaio localizadas para calibrar e confirmar as interpretações do sinal do GPR:

- A Fossa de Teste 1 foi localizada numa zona de alta amplitude para verificar uma suspeita de falha na impermeabilização.
- A Fossa de Teste 3 foi localizada numa zona de baixa amplitude (laranja) para confirmar a impermeabilização intacta e em bom estado, bem como o betão seco.



Resultados

A investigação com radar de penetração no solo (GPR) proporcionou um mapa claro e prático do estado interno da ponte, permitindo ao cliente passar de uma manutenção generalizada para reparações localizadas e altamente específicas.

Plano estrutural e mapeamento da armadura

O levantamento por GPR mapeou com sucesso a disposição complexa das camadas superiores de armadura da ponte:

- Primeira camada (profundidade: 150 mm–200 mm): disposta em painéis retangulares com espaçamento de 4 m entre os centros. As barras longitudinais situam-se na camada superior, assentando diretamente sobre os cabos de pós-tensão transversais subjacentes. Isto sugere que o painel de armadura provavelmente assentava diretamente sobre os canais dos cabos de pós-tensão durante o betão original.
- Segunda Camada (Profundidade: ~300 mm): Foi mapeada com sucesso uma malha de armadura secundária.
- Anomalias estruturais: Foram identificadas áreas localizadas onde a malha de aço da primeira camada se encontra significativamente mais profunda (300 mm–350 mm) sobre os tendões transversais.

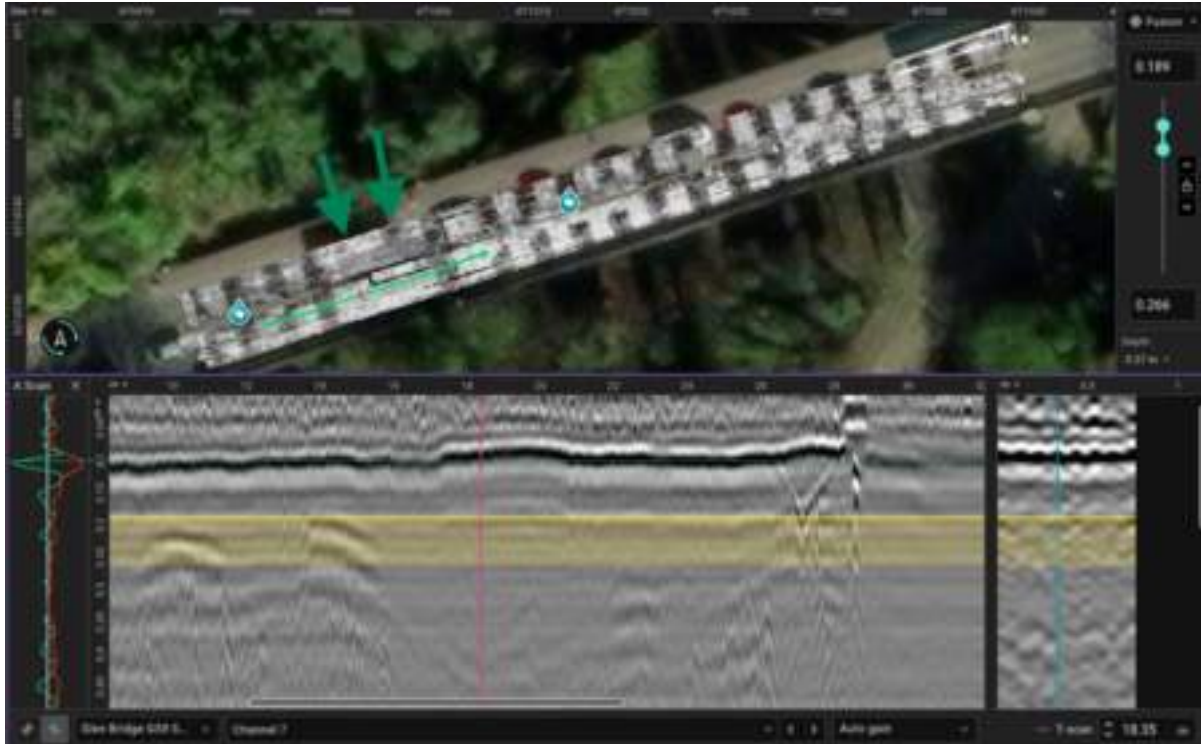


Fig.1 Overview of 1st layer reinforcement

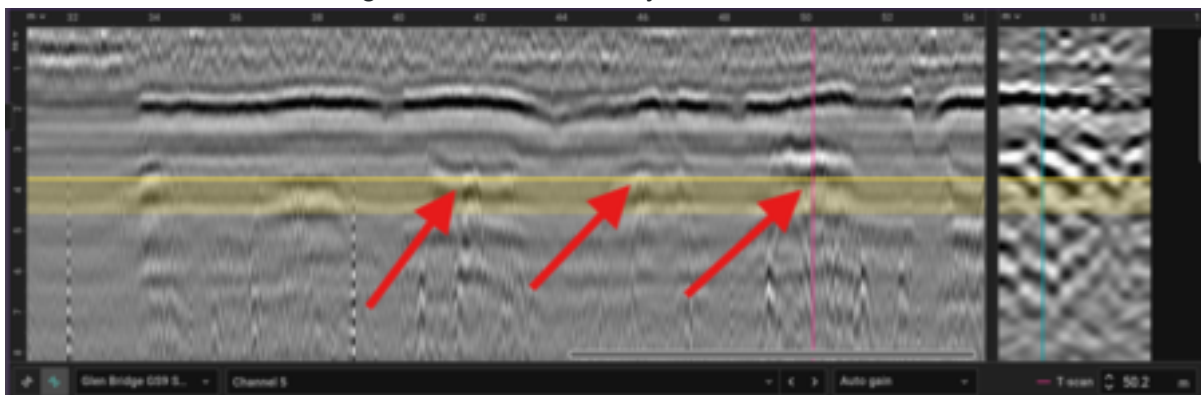


Fig.2 possible PT strands

Impermeabilização e mapeamento da humidade

Ao analisar o contraste dielétrico na interface entre o asfalto e a impermeabilização, os engenheiros identificaram áreas de acumulação de humidade:

- **Junta do pilar sudoeste:** Foi identificada uma zona significativa de acumulação de água. Devido à inclinação da ponte, o escoamento é abruptamente interrompido na junta de dilatação, o que leva a uma saturação prolongada da água. A vala de ensaio 1 confirmou que esta saturação resultou numa membrana de impermeabilização mal aderida.

- **Saturação da vala de serviços públicos:** Respostas dielétricas de **alta amplitude** destacaram uma zona saturada que atravessa a faixa de rodagem a meio do vão, coincidindo com uma vala transversal de serviços públicos/cablagem de comunicações.
- **Zonas em bom estado:** A faixa de rodagem no sentido oeste e as secções orientais apresentaram reflexões de baixa amplitude. A fossa de ensaio 3 confirmou que estas áreas apresentavam impermeabilização totalmente intacta e betão subjacente seco.

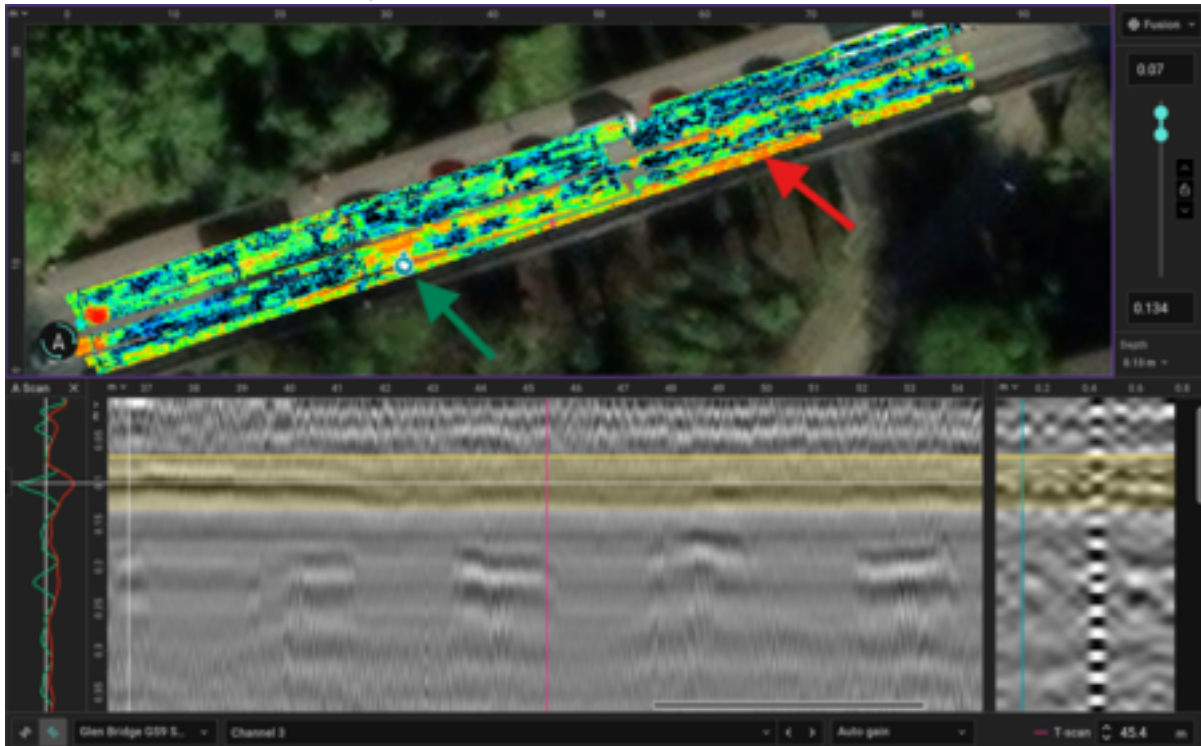


Fig.3 Low amplitude response shown in orange, high amplitude higher dielectric response in red

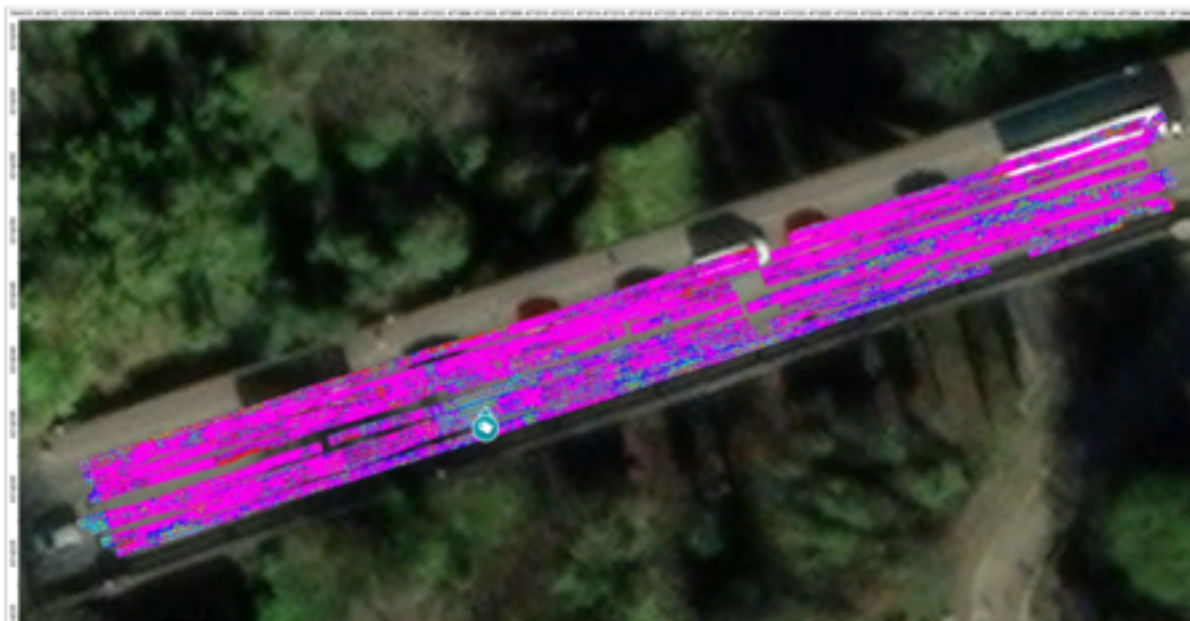


Fig.4 Waterproofing layer

Avaliação do estado do aço

Apesar da impossibilidade de executar modelos automatizados de deterioração, a análise manual da atenuação do sinal identificou com sucesso áreas localizadas que suscitam preocupação:

- Os perfis de GPR revelaram um enfraquecimento ou desaparecimento repentino no canto da malha de vergalhões. Isto indica quer uma saturação localizada do betão que bloqueia o sinal de radar, quer uma deterioração do aço numa fase inicial.

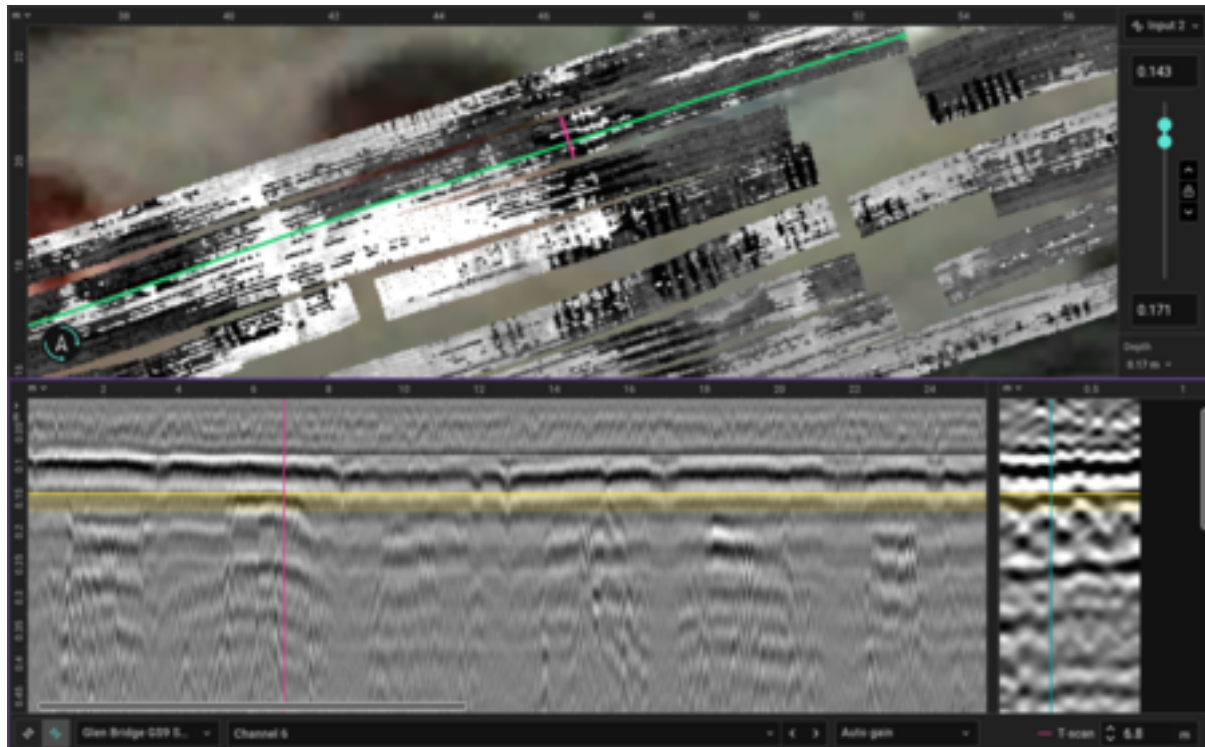


Fig.5 steel detail in centre of bridge

Conclusão e Recomendações Práticas

De um modo geral, verificou-se que o betão e a armadura interna de aço do tabuleiro da ponte se encontravam em bom estado estrutural. Em vez de recomendar uma renovação completa e dispendiosa do revestimento e da impermeabilização do tabuleiro, os dados do GPR permitiram formular recomendações de manutenção eficientes:

1. Reparação seletiva da impermeabilização: Efetuar a substituição localizada da impermeabilização na extremidade sudoeste da ponte, com foco na zona de elevada saturação até ao limite mais a leste.
2. Remediação da drenagem: Resolver o bloqueio total do percurso de drenagem na junta do pilar sudoeste para evitar futuras acumulações de água e falha prematura da aderência.
3. Investigação localizada do betão/aço: Realizar um acompanhamento localizado e não destrutivo ou uma remoção localizada para avaliar a suspeita de degradação da armadura.

Consulte mais notas de aplicação e estudos de caso no nosso Centro Técnico « [»](#).



[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.