大型公路桥梁的无损地下结构测绘与状况评估

利用多通道探地雷达（GPR）进行桥面及防水层综合评估

挑战

为确保资产的长期管理并制定有针对性的维护计划，资产所有者需要对一座关键公路桥梁的内部结构和防水状况进行详细评估。具体而言，此次检测面临以下几个关键难题：

- 内部几何形状缺乏记录：缺乏关于上部钢筋层以及横向后张法（PT）系统精确布局的最新、高度详细的图纸。
- 疑似防水层劣化：虽然怀疑存在渗水现象，但其范围、位置以及对约100毫米沥青层下方防水层粘结力的影响尚不清楚。
- 自动化诊断的局限性：由于以下两个叠加因素，无法使用标准的自动化地层穿透雷达（GPR）劣化测绘算法：
    1. 第一层加固垫层布局极不规则，呈“斑块状”。
    2. 夜间扫描前连续三天的降雨导致地下水浓度较高。
- 尽量减少交通干扰：诊断工作必须迅速完成，且需将物理取芯或破坏性测试降至最低。

解决方案

部署了一台先进的Proceq地层穿透雷达（GPR），将高分辨率数据采集与针对性的物理验证相结合。

1. 高分辨率 GPR 扫描

夜间使用 GM8000 和 GS9000 多通道系统进行了 GPR 勘测，以获取横跨车道的高密度地下剖面图。

2. 多层信号分析

由于在高度饱和的条件下无法使用自动制图算法，工程师们对雷达原始介电特性和信号振幅进行了人工分析：

- 防水层边界测绘：评估沥青与混凝土交界处的信号强度。低振幅反射（橙色/绿色区域）表明防水层干燥且完好，而高振幅/高介电反射（红色区域）则提示存在积水及潜在的剥离现象。
- 钢筋与后张法筋管测绘：追踪纵向和横向钢筋的双曲线反射信号，以测绘钢筋面板与下层后张法筋管之间的深度、间距及结构关系。

3. 通过定向试挖坑进行校准

与大范围破坏性测试不同，仅开挖了三个局部试掘坑，用于校准并确认GPR信号的解释结果：

- 试掘坑1位于高振幅区域，用于验证疑似防水层失效的情况。
- 试掘坑3位于低振幅（橙色）区域，用于确认防水层完好无损且混凝土干燥。



结果

地质雷达（GPR）勘测为桥梁内部状况提供了清晰且可操作的图谱，使客户能够从常规维护转向针对性极强的局部维修。

结构布局与钢筋分布图

地层穿透雷达（GPR）勘测成功绘制了桥梁上部钢筋层的复杂布局：

- 第一层（深度：150mm–200mm）：以4m为间距呈矩形面板状分布。 纵向钢筋位于最上层，直接架设在下方横向后张预应力钢绞线上。这表明在最初浇筑混凝土时，钢筋面板很可能直接架设在后张预应力钢绞线管内。
- 第二层（深度：约300毫米）：成功绘制出第二层钢筋网。
- 结构异常：发现局部区域的第一层钢筋网位于横向预应力钢绞线上方，深度显著加深（300mm–350mm）。

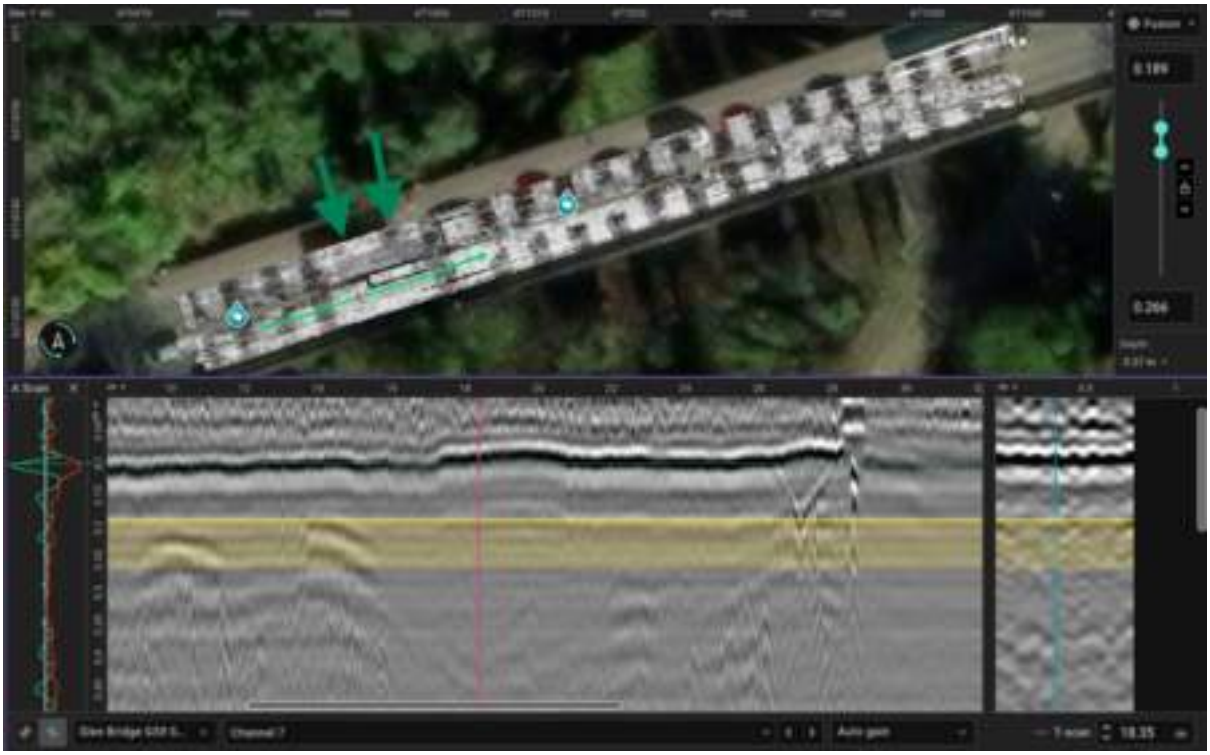


Fig.1 Overview of 1st layer reinforcement

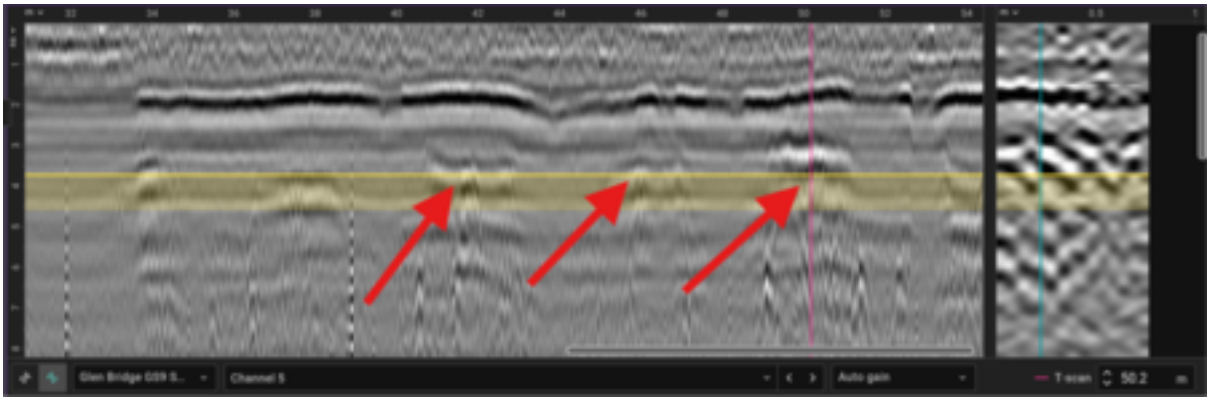


Fig.2 possible PT strands

防水与湿气分布分析

通过分析沥青与防水层界面处的介电对比度，工程师们锁定了积水区域：

- **西南桥台接缝处：** 发现**了一处** 主要积水区域。由于桥梁的坡度，地表径流在伸缩缝处被突然阻断，导致长期水饱和。试挖坑1证实，这种水饱和状态已导致防水膜粘结不良。
- **公用设施沟槽饱和：高振幅** 介电响应凸显出横跨车行道、位于跨中位置的一处饱和区域，该区域与横向公用设施/通信电缆沟槽位置重合。
- **完好区域：** 西行**车道** 及东部路段显示出低振幅反射。试掘坑3的检测结果表明，这些区域的防水层完整无损，底层混凝土保持干燥。

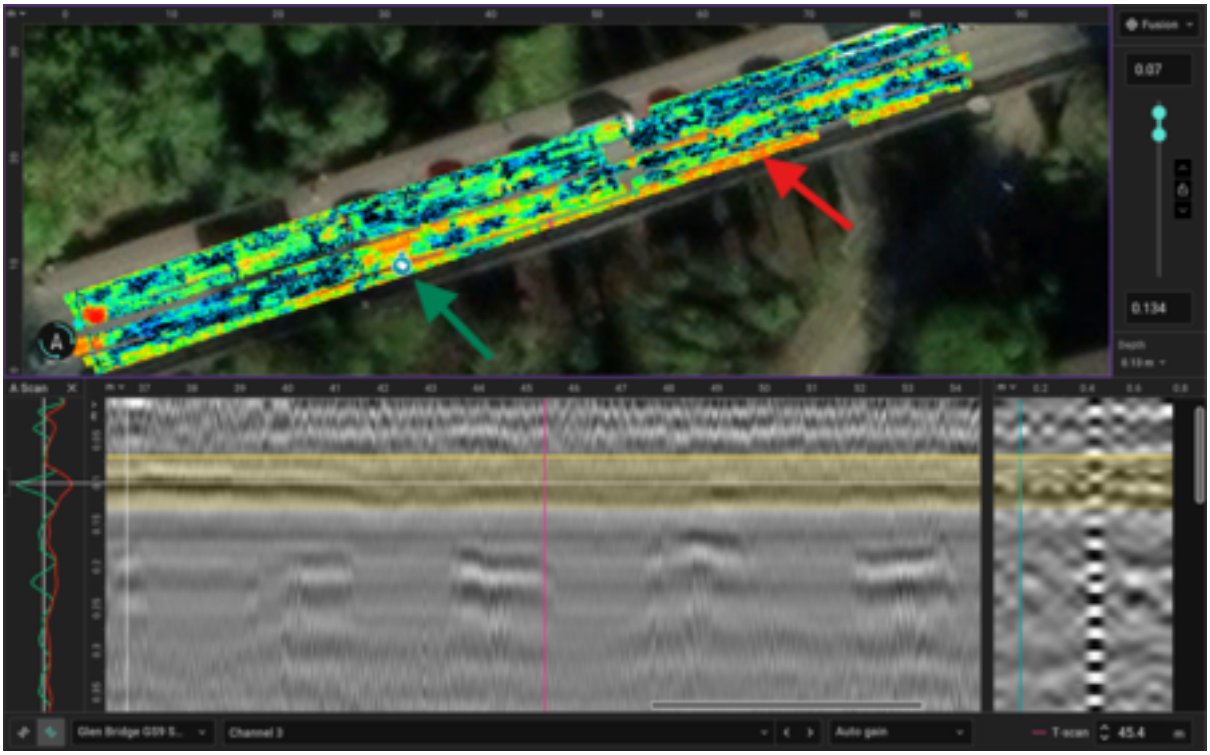


Fig.3 Low amplitude response shown in orange, high amplitude higher dielectric response in red

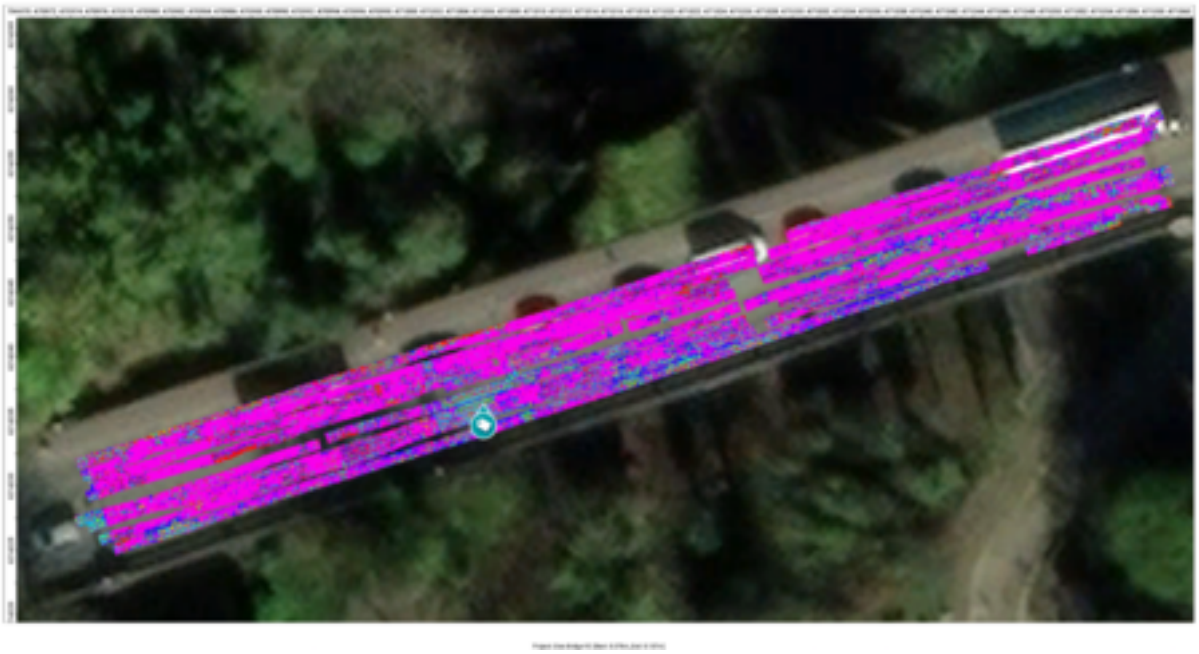


Fig.4 Waterproofing layer

钢结构状况评估

尽管无法运行自动劣化模型，但通过手动信号衰减分析成功标记出了局部需关注的区域：

• 地质雷达剖面图显示，钢筋网角部信号突然变弱或消失。这表明该处要么是局部混凝土饱和导致雷达信号被屏蔽，要么是钢筋处于早期劣化阶段。

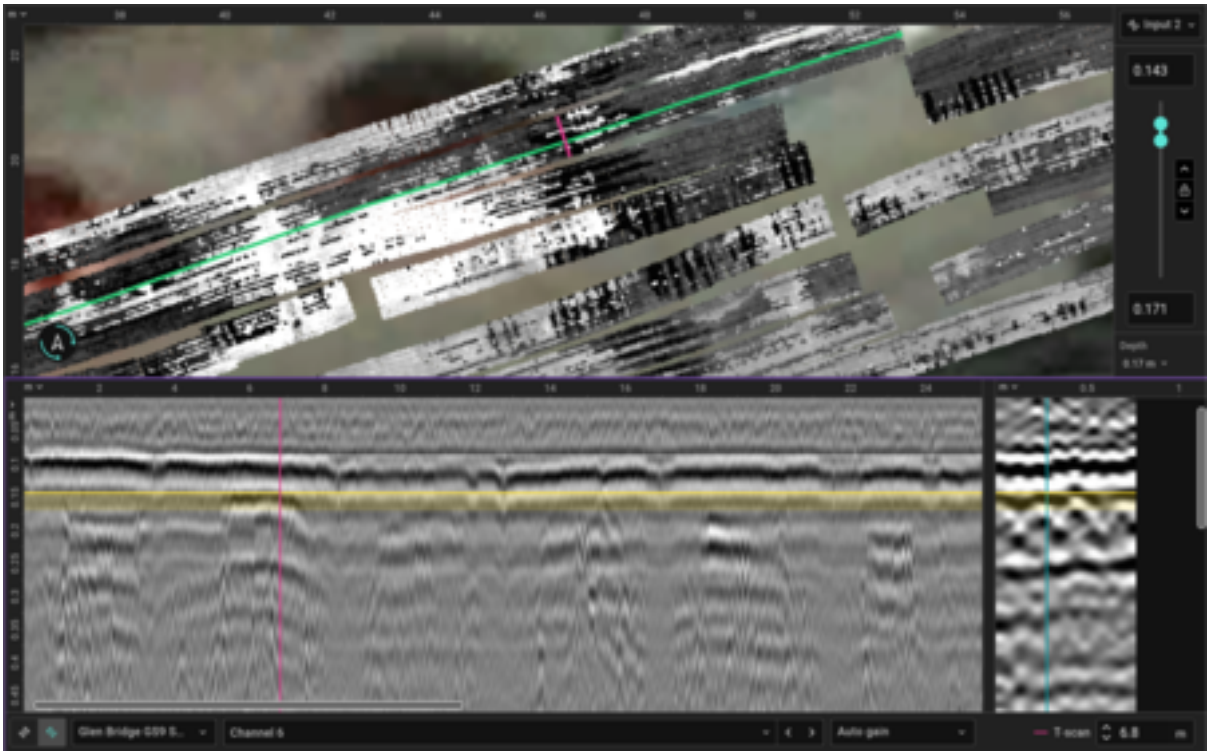


Fig.5 steel detail in centre of bridge

结论与可操作性建议

总体而言，桥面混凝土及内部钢筋的结构状况良好。与其建议进行成本高昂的全桥面重铺及防水层更换，利用地雷达（GPR）数据得出的高效养护建议如下：

1. 定向防水修复：在桥梁西南端实施局部防水层更换，重点处理高饱和区域直至最东侧边界。
2. 排水系统整治：解决西南桥台接缝处排水路径受阻的问题，以防止未来积水及粘结过早失效。
3. 局部混凝土/钢筋检测：进行局部无损跟进检测或局部凿开检测，以评估疑似钢筋劣化情况。

更多应用说明和案例研究，请访问我们的 技术中心。

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.