确定佛罗里达州西奥多-罗斯福大桥 PT 管道的潜在损坏情况

探索用于定位和检查桥梁后张力管道和钢筋的无损检测方法

概述

- 佛罗里达州交通部需要确定佛罗里达州斯图尔特市西奥多-罗斯福大桥两个箱形梁部分可能出现后张力 (PT) 损坏的具体位置
- Proceq GP8100 被用来确定钢筋的位置，而 Pundit PD8050 则被用来确定钢筋的状况。
- 该项目成功识别了潜在的 PT 管道故障，并验证了良好部分的完整性。

该项目的目的是利用非破坏性测试来定位通过永久性结构健康监测系统发现的 PT 肌腱损伤。

挑战

罗斯福大桥过去曾发生过 PT 管道故障，包括灌浆不当和电缆断裂需要维修。这些故障发生后，安装了永久性声学和应变计结构健康监测系统。

已收到的数据表明，两个箱梁部分可能存在 PT 损坏，但目前的监测系统无法确定具体位置。为避免进行不必要的工作，最好采用非破坏性方法来确定损坏位置。

解决方案

使用 Screening Eagle 的 Proceq 穿透式地面雷达 GP8100 和 Pundit 超声波脉冲回波线性阵列 PD8050 来确定钢筋的位置，以评估 PT 钢筋的状况。在锚固件之间的箱梁底板上扫描了所关注跨度中的两个下部 PT 管道断面。虽然有几个部分存在潜在缺陷，但大多数部分都是可以接受的。

Figure 1. PT tendon locations inside the box beam

为了全面分析这座桥梁，使用了两种技术，即地面穿透雷达 (GPR) 和超声脉冲回波 (UPE)，其中一种技术用于定位肌腱，另一种技术用于分析肌腱的状况。这两种技术都适用于绘制混凝土预埋件和异常点，但各有特点。

GPR 设备向混凝土中发射电磁波，以创建表面下 3 英尺的物体图像。根据材料的介电常数，一定比例的电磁波会在材料边界反射。钢筋和 PT 管道等金属具有无限的介电常数，会产生强烈的反射，并清晰地显示在扫描图像中。空气也会出现在扫描中，但反射较弱，因为混凝土和空气之间的介电常数差异较小。然而，由于 GPR 波在金属表面会完全反射，因此 GPR 设备无法评估金属管道内的状况，但却是准确定位 PT 筋的绝佳工具。

Screening Eagle 有三种版本的混凝土 GPR，但本项目主要使用 GP8100。该设备有 6 根天线，可覆盖更大的区域，单程 C 扫描（称为超线扫描）更易于解读（图 2）。通过 C 扫描，可以从表面开始切入混凝土的厚度，直观地观察混凝土的深度。

Figure 2. Proceq GP8100 GPR

第二个设备是超声波脉冲回波线性阵列（UPE）设备。该技术向混凝土中发射声波，以生成表面下 5 英尺以内物体的图像。与 GPR 一样，在材料边界，根据材料的密度、弹性模量和泊松比，会有一定比例的波能反射到设备上。由于混凝土和空气的密度相差很大，因此在混凝土/空气界面处的反射率几乎为 100%。

UPE 擅长定位与空气有关的缺陷，如分层、蜂窝和空隙，包括 PT 管道内的灌浆空隙。UPE 也能定位金属，但灵敏度较低。混凝土和钢材之间的密度差异较小，因此在金属界面上只能反射大约一半的能量。

Screening Eagle 的 UPE 设备 Pundit PD8050 采用线性传感器阵列，能够以更高的信噪比进行详细测绘，因为它可以从不同角度与目标相交，从而获得更好的视觉效果。

Figure 3: Pundit PD8050

主要调查结果

GPR 数据

如图 4 所示，在每个扫描位置都采集了 GPR 数据，以确定每根钢筋的位置。桥梁两侧的六根钢筋清晰可见。此外，还显示并标记了钢筋网格和混凝土后墙。混凝土后墙只能在钢筋网格之间看到，因为波无法绕过 PT 筋进行适当的反射。使用设备侧面的激光器，用红色粉笔在混凝土表面标出筋的位置。

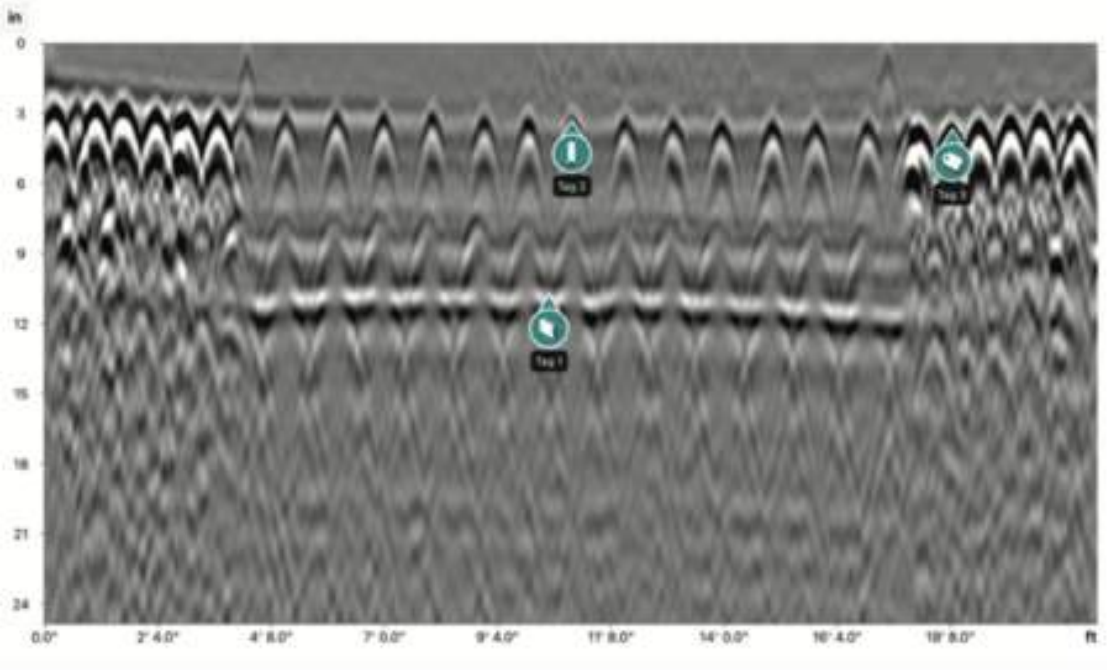
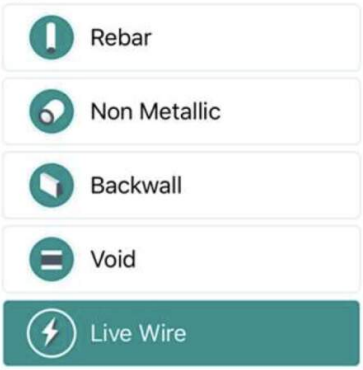


Figure 4: GPR scan across box girder width.



UPE 数据

每个部分有一行快照，构成完整扫描，每个扫描顶部都有标记。每条肌腱对应的数据快照末端都有绿色标记（M1、M2、M3 等）。换句话说，每条肌腱的数据都出现在相应标记之前。根据表面条件，每条肌腱在不同位置至少拍摄三张快照。

由于梁底板的整体表面粗糙度较高，除了一个截面外，无法对所有截面上的第六条肌腱进行扫描。x 轴可用于距离测量，但在这种情况下，为了提高检测效率，不考虑完全网格化。Y 轴是进入混凝土的深度，表面为 (0,0)。许多扫描仪都能在表面下约 10 英寸处确定横梁厚度。

Figure 5

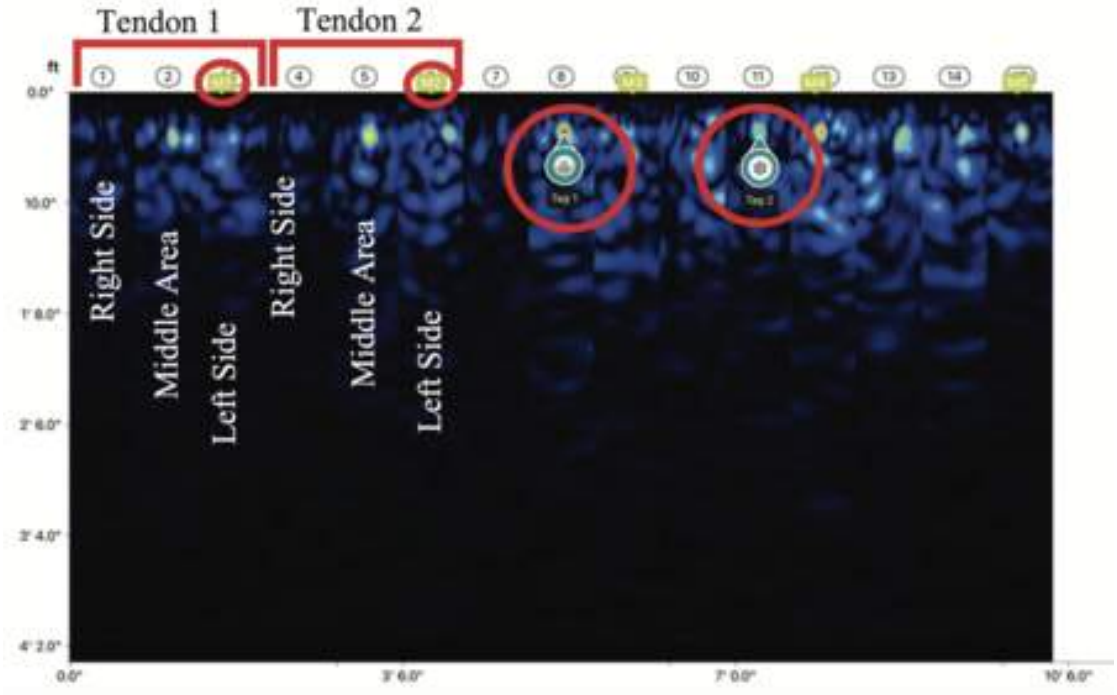


Figure 6

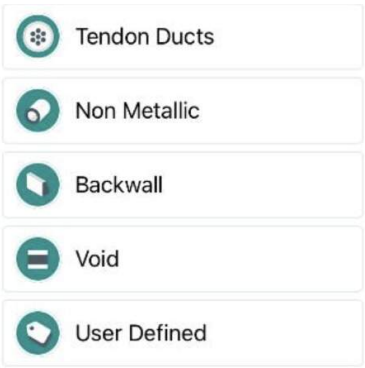


图 6 就是一个很好的例子，每条肌腱有 3 张快照，可以扫描 5 条肌腱。该部分还包括灌浆良好和灌浆不良的肌腱部分，每个部分都贴有适当的标签。红色区域表示反射强烈，通常是空气指标。黄色或绿色区域表示反射较弱，可能是肌腱中的金属和灌浆材料，也可能是轻微的蜂窝。蓝色表示实心混凝土或密度接近混凝土的材料，设备无法记录。

图 7 显示在第三个 PT 管道中出现了强烈的反射，但它只出现在一张快照中。与之相比，其他肌腱扫描的反射幅度较小，这表明该集中位置的灌浆问题不大。由于反射较低，该部分的其他肌腱被认为是可以接受的。

还有许多其他断面与此示例类似，显示出低振幅反射，以指示肌腱位置并确认适当的灌浆条件。每根梁上都有明显的受损迹象。图 6 显示了第 3 号筋周围的分层区域和第 5 号筋的不当灌浆。分层可能是振幅较低的反射，这取决于裂缝宽度，但很容易从直线反射中识别出来。在本例中，分层位于补丁下面。

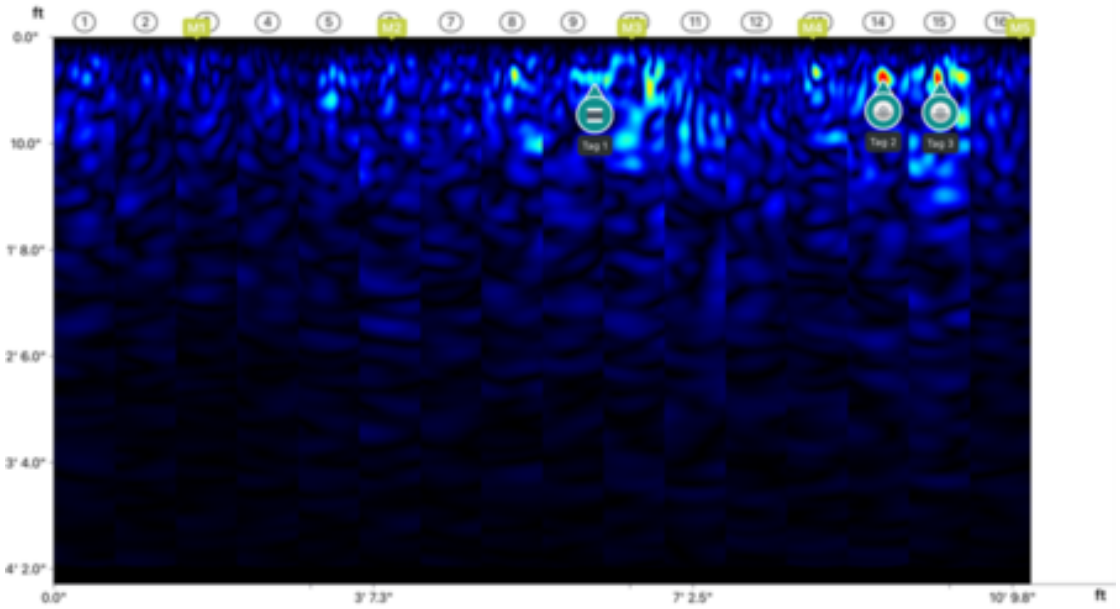


Figure 7: UPE scan

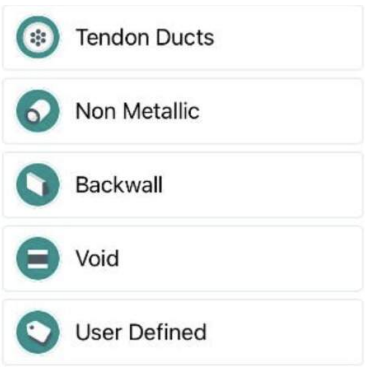


图 8 显示了明显的反射，表明在肌腱周围和灌浆层中可能存在空隙。无论如何，这些强烈的反射表明结构的这一区域存在大量空隙。

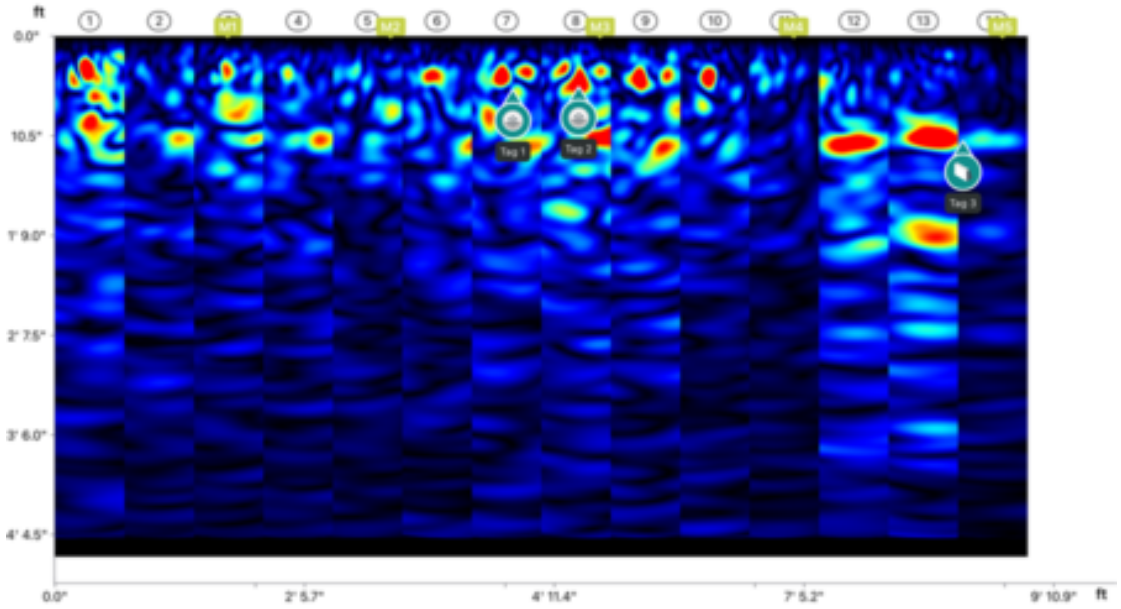


Figure 8: UPE scan

重要的是要记住，并非所有强烈的反射都是有害的。该设备能够在混凝土中成像 5 英尺，因此混凝土的另一面经常会有反射，称为 "后墙"。如果混凝土的质量较好，就有可能出现第二道后墙，即波浪穿过混凝土时的第一道回波。这可以用来归零和校准设备，以获得最佳深度测量结果。

在箱梁的 3-4 跨中，5 号筋下有持续强烈的背墙，而其他地方只能偶尔看到背墙的蛛丝马迹。由于在混凝土/金属/灌浆界面之间移动所需的能量，即使后墙状况良好，PT 管道也会对其产生影响。然而，在第 5 号肌腱中，整个扫描长度都可以看到后墙。无论波浪穿过何种材料界面，其能量都与扫描的其他位置不同。这可能是由于混凝土、灌浆材料或管道材料发生了变化（可能从金属套管变为非金属套管）。

该项目的研究结果表明，通过确定几个令人担忧的情况，同时验证良好部分的完整性，可以精确定位 PT 管道故障。在这种情况下，只对每个区段进行了几次快照，但如果有某个区域存在重大问题，则可以对偏差块之间的整个肌腱长度进行 C 扫描。这比较耗时，但如果细节和距离跟踪很重要，则可以使用相同的设备和应用程序来完成。

UPE 对显示肌腱存在大量空洞的位置进行了破坏性测试。正式报告尚未发布，但初步报告显示，每个地点都证实存在空洞。

在我们的 技术中心.

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.