

利用无损检测（NDT）发现地下通道墙体中的内部缺陷

利用覆层测厚仪、地质雷达和超声脉冲回波进行多技术混凝土评估

评估老化混凝土基础设施的结构健康状况时，往往会面临复杂的地下挑战。在评估地下通道墙体等关键资产时，仅依赖单一无损检测（NDT）方法可能无法解答关键问题，尤其是在面对密集的钢筋网格、潜在的湿气侵入以及隐藏的结构缺陷时。为了获得全面的诊断结果，检测人员需要采用互补的多技术策略。

挑战

评估老化或无记录的基础设施时，往往会面临复杂的结构未知因素。在此地下通道项目中，主要目标是全面绘制混凝土墙的钢筋分布图，确定精确的钢筋保护层深度和墙体厚度，并在不损坏结构的前提下识别任何隐藏的内部缺陷或异常。

在混凝土结构密集的环境中，单一技术检测往往会遇到明显的局限性：

- **复杂的钢筋密集区：**扫描线11和12之间的竖向**施工缝**导致局部钢筋（可能是锚固筋）密集分布，从而引发电磁干扰，影响了单传感器保护层测量的准确性。
- **浇筑误差与异常：**钢筋排列偏移及潜在的水分渗入问题，需要超越表面读数的进一步验证。
- **混凝土内部分层：**仅靠目视检查无法**确认**多批次浇筑的界限以及混凝土基体深处的内部空洞。

解决方案 为克服这些结构复杂性，利用Screening Eagle的互联无损检测（NDT）生态系统，实施了一套综合的多技术诊断工作流程：

PM8000 保护层测深仪

因其快速区域扫描能力和精密的磁场传感器而被选中，可提供最精确的近表面混凝土保护层测量和钢筋尺寸测定，且无需进行信号速度校准。集成的实时增强现实（AR）功能通过iPad显示屏将钢筋网格直接投射到实体墙上，从而能够即时在现场识别钢筋间距和布置异常。

Proceq GP8800 地质雷达

因其超宽带阶跃频率连续波（400–6000 MHz）技术而被选中，可对浅层特征提供亚毫米级分辨率，并具备高达 65 厘米的强穿透能力。其紧凑的手持式设计允许直接扫描至墙壁边缘。地层探测仪（GPR）与覆盖度仪相辅相成，可成像复杂的3D钢筋几何结构，通过评估介电衰减进行湿度检测，并测量整体墙体厚度。

Pundit PD8050 UPE 系统

选用该系统是因为电磁波（GPR）无法穿透致密的钢筋层，也难以准确区分内部声阻抗边界。PD8050 采用配备 3D-SAFT（合成孔径聚焦技术）成像的多通道超声剪切波换能器，可绕过粗大的钢筋，绘制深层混凝土核心的完整性、冷接缝、剥离和气孔的分布图。

结果

通过将磁波、电磁波和声波技术与增强现实（AR）辅助可视化相结合，此次检测提供了经过全面交叉验证的评估结果：

混凝土保护层及钢筋分布：PM8000在 58个数据点上测得平均混凝土保护层深度为45.72毫米（标准差：3.0毫米），平均钢筋间距为13.9厘米。实时增强现实（AR）投影将这些数据直接叠加在墙面上，直观地确认了布置异常（以蓝色突出显示），并实时标记了高密度锚杆区域。



Profometer PM8000 covermeter data viewed with AR projection

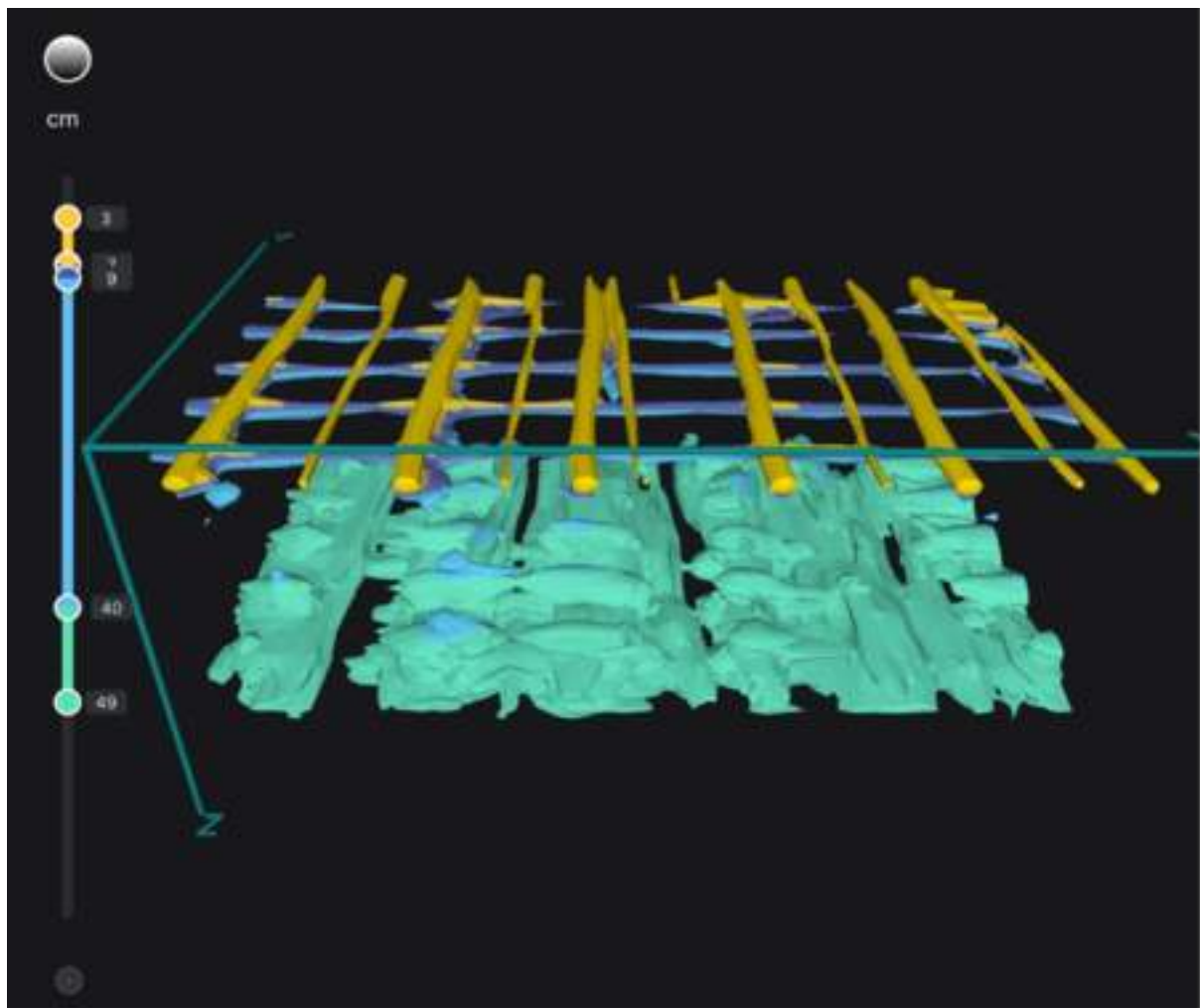


Profometer PM8000 covermeter data viewed with AR projection

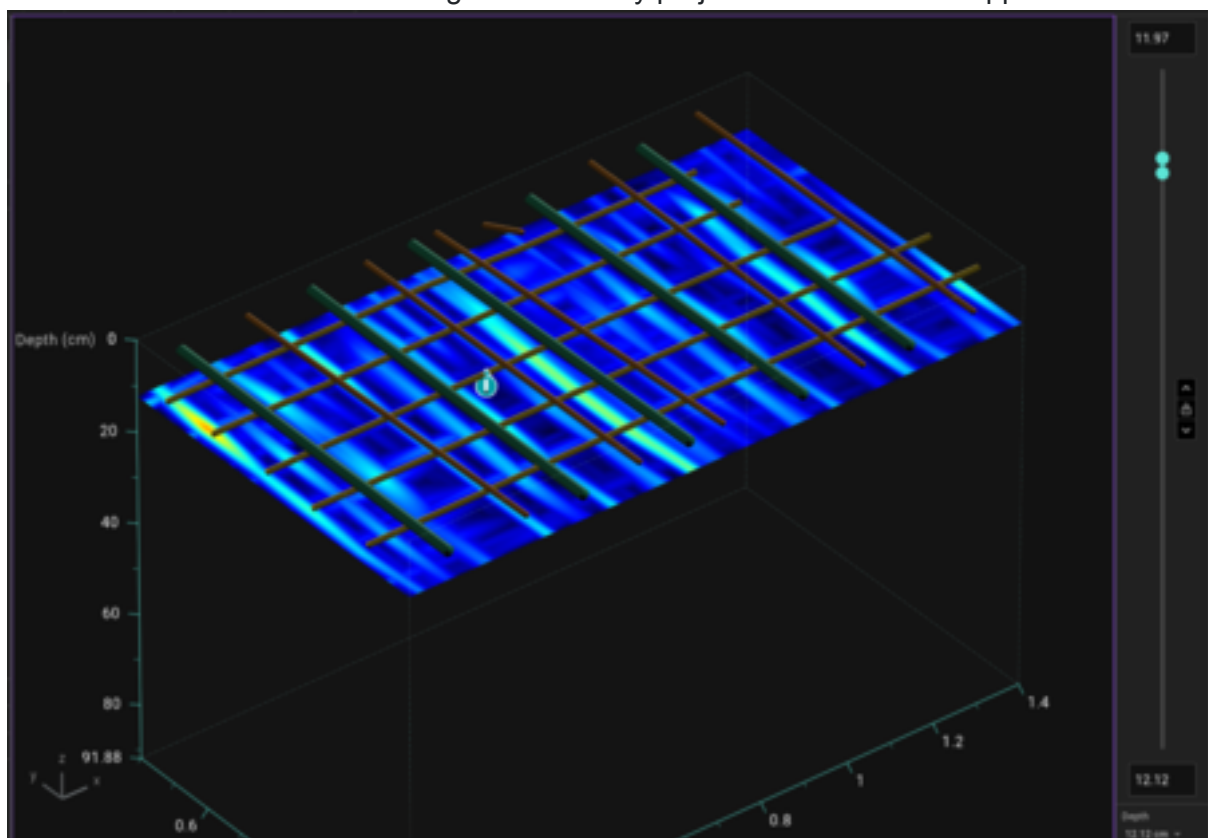
3D几何形状与墙体厚度：GP8800 交叉极化扫描结果显示，墙体总厚度为35厘米，并检测到5根大直径的垂直结构钢筋。实时3D增强现实（AR）投影将这些内部钢筋路径和深度层以可视化形式呈现在涂漆结构表面，从而简化了现场的目标核验工作。



GPR data in 3D augmented reality projections with the GP app

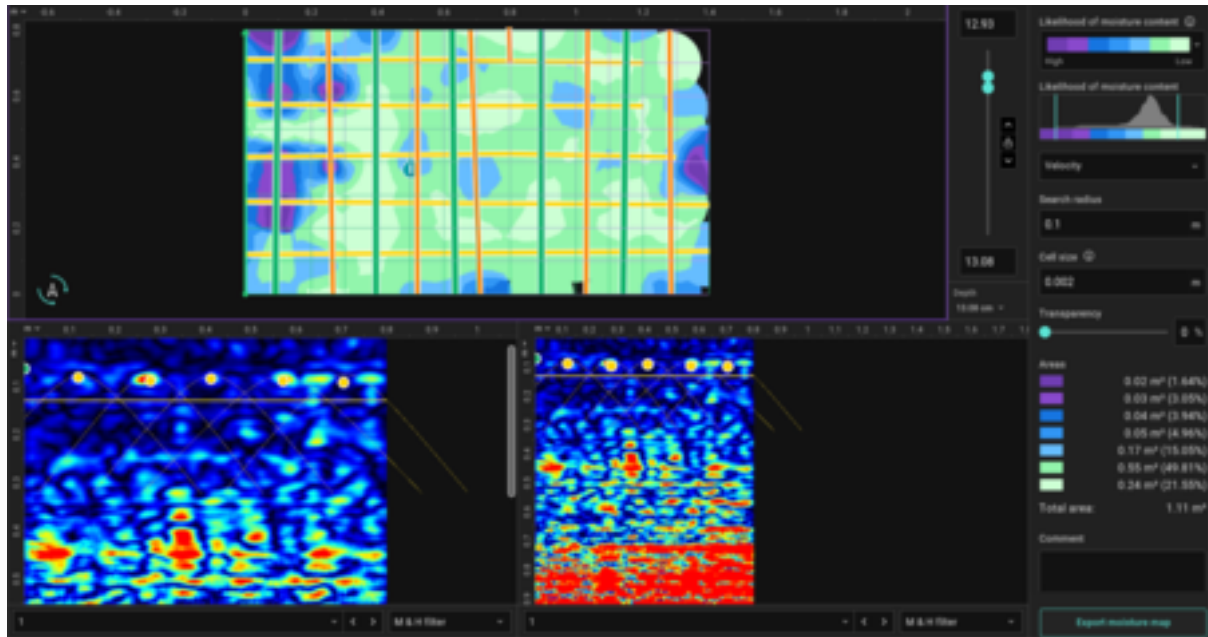


GPR data in 3D augmented reality projections with the GP app



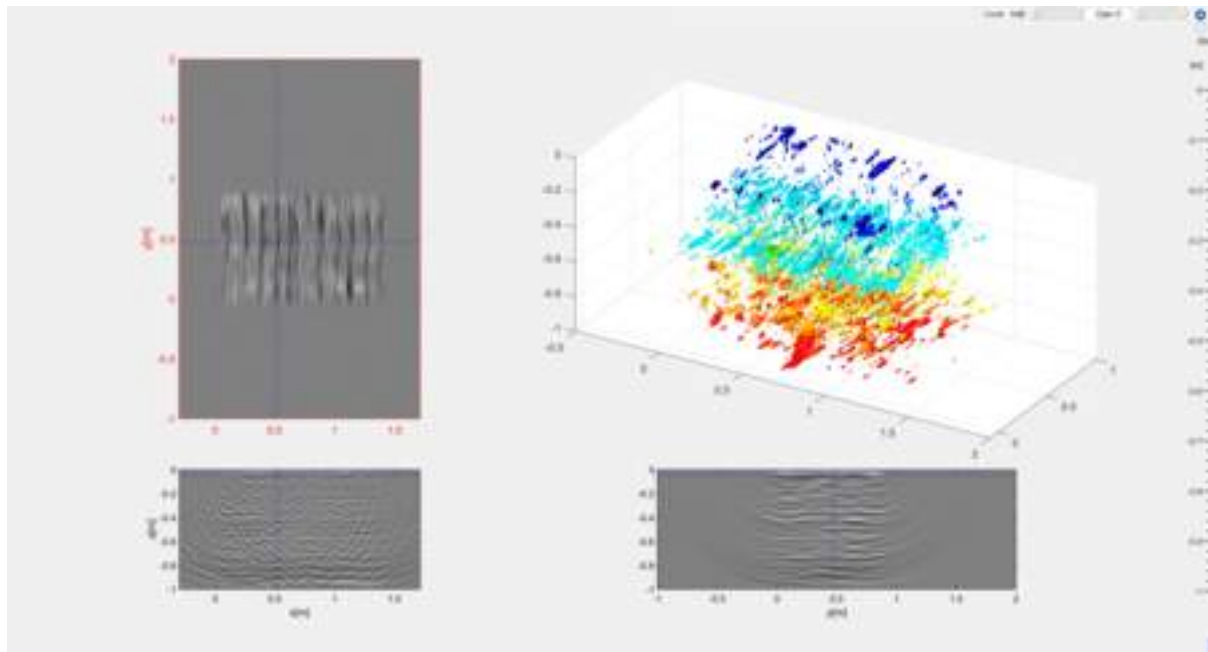
GPR data with 3D objects created in GPR Insights.

湿度成像：在 GPR Insights 中进行的**先进** 后处理，识别出最左侧竖向钢筋层沿线的电磁信号衰减/泄漏现象，从而绘制出局部湿度含量升高的区域。



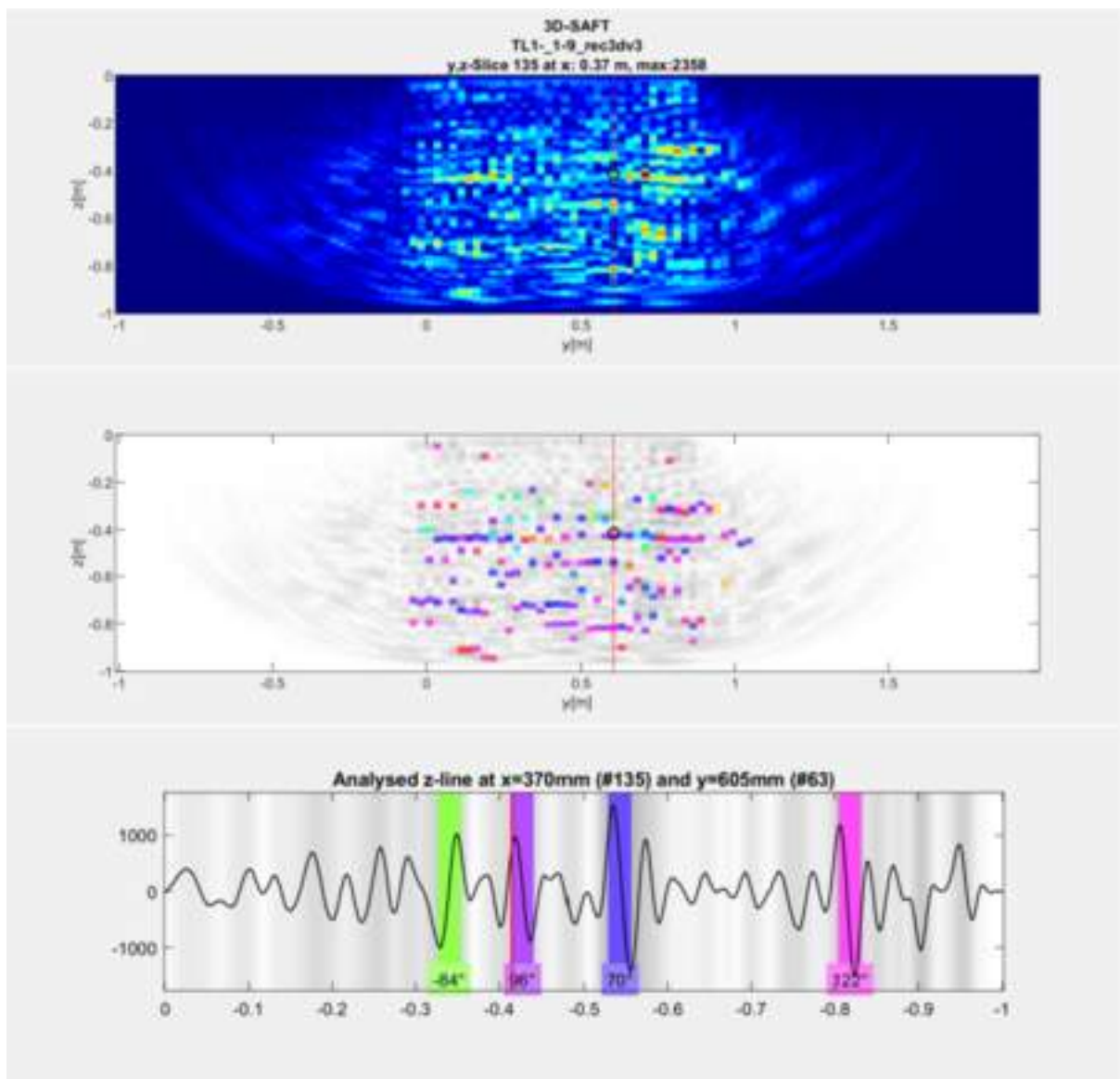
Moisture map viewed in GPR Insights software

多浇筑边界检测：对Pundit PD8050 UPE数据使用Pundit Vision软件进行分析，并结合3D-SAFT重建结果，发现400毫米和800毫米处存在两条明显的水平回波边界，这证明该墙体是通过两次独立的混凝土浇筑建成的。

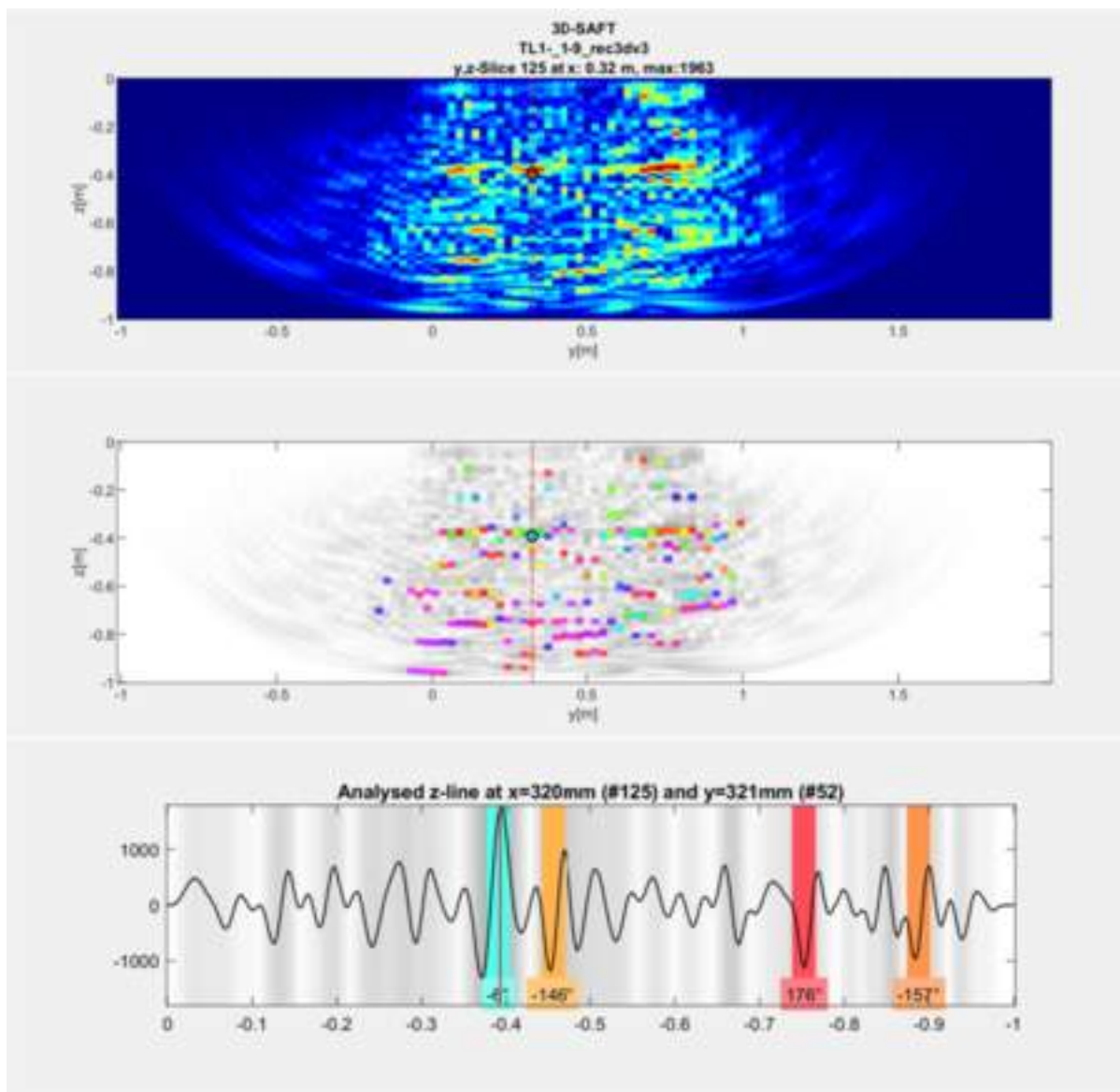


UPE data 3D-SAFT reconstructions with Pundit Vision software

冷接缝与内部气孔：深度UPE相位分析在400毫米处记录到强烈的声学反射。相位反演结果（分别用浅蓝色和绿色标示）证实，浇筑层之间存在严重的冷接缝及内部气孔。



UPE data phase evaluation with Pundit Vision software



UPE data phase evaluation with Pundit Vision software

借助这一集成工作流程，工程师们不仅对结构钢筋细节有了全面清晰的了解，还掌握了关键的地下结构完整性问题，从而确保了无需进行破坏性取芯即可实施有针对性且经济高效的维护。

请访问我们的 [技术中心](#)，[查看更多无损检测（NDT）案例研究和应用说明。](#)



[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.