

探地雷达检测在市政道路管线施工中的应用

周宇祥

北京市政路桥股份有限公司

摘要: 中国近年来的道路坍塌事故时有发生且呈逐年递增态势,路面坍塌轻则危害正常道路交通,重则引发人民生命财产的巨大损失,甚至危害城市治安,因此倍受中国社会各界的重视,但因为中国路面管线数量众多,且其中市政、供电、通信、热力、煤气等各行各业的基础设施的施工工法并不统一,且使用状况不一、维护保养的频率也不固定,同时主管部门利益交叉较多,因此路面坍塌问题已成为中国路面使用中的主要安全问题。

关键词: 探地雷达; 市政道路; 管线施工

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2021.24.084

伴随着中国城镇化的迅速发展,城市地下空间的范围也不断扩展,地下管道、地下管廊、人员安全工程、地下商业街施工,特别是港铁施工时,均可以引发地基本空洞、结构表面脱空、土质疏松和富水路面构造异常等问题,从而导致了建筑结构损坏、路面坍塌等事件。可以预料,由于地面塌陷将会随着城市化的进展而变成一种长期问题,所以研究怎样将迅速解决地面坍塌事件的范围扩展,特别是研究怎样更合理地防治道路的坍塌,从而最大限度降低地面灾害,也就显得更加现实与必要了。探地雷达测量法具有迅速、无损、有效的优点,打破了过去“病害确定靠挖掘”,“养护设计靠观察”的传统束缚。

一、探地雷达简介

(一) 分类

探地雷达系统一般由计算机、发送机、发送天线、接受机、接受天线等五部门构成。发送与接受天线通常成对存在,一般用来向地下水发送并接受是从地下水反映过来的雷达技术波。按外形一般可以分成二种,一种是手携型,一种是汽车式。汽车式新型智能雷达监测车,能够解决道路竣工、移交前的定量监测、路面后期精细维护、地下管线探测和三维模型、以及道路沉降快速检测与查找等的迫切需要,以提升城市道路现代化水平。手携型雷达监测一般用于道路局部的路面沉降监测。

(二) 应用条件

探地雷达工作要求简单舒适,不要求密闭交通,环境适应性强,有较大的侦察准确度和分辨率。监测地下病害体应具备特定范围,其周围媒体间应存在介电性差,测区地势应较为平缓。

二、检测方法及原理

本次的地下土壤病害监测将使用探地雷达测量法。探地雷达技术从属电磁探测方法,主要是利用地下水介质与电性之间的差别,并使用高频率电磁波进行无损测量。由于地下水空洞、疏松地区以及富水地区,与周围正常岩层之间存在着显著的电学特性差别,因此具有探地雷达测量的物理前提。探水雷达的收发天线,在检测工作过程中产生了高频率电磁波,该电磁波在与地下介质传输工作过程中碰到的电学特性不同界面时将会产生低频电磁反射波,被探水雷达接收天线所接受,并被

地面数据收集系统所记录下来,形成探水雷达的剖面图。因为目前大多数探地雷达的发射和接受天线都是同一条,并且在地层倾角变化不大的情形下,反射波的全部路径都几乎垂直于地层,所以探地雷达所记录的断面形状变化规律,正是对地下地层结构形状变化规律的直观表现,经过对探地雷达剖面信息的综合处理与数据分析,并根据所监测区的工程地质、水文、环境调查等资源,最终就可以完成对地下水病害的全面监测。利用探地雷达的测量技术进行道路地下病害探测时,其识别方法一般是先根据雷达剖面中电磁波频率的强弱、同相轴的变化形式、以及电磁波频率的光谱性质等,最后再根据研究资料作出初步分析。

探水雷达以反映信号波形的方式来表现地下目标体的特性。当目标体与附近土层或介质之间有一定的电学特性差别时,就会形成反映波。而各种形式的目标体的反映波形也有着不同的特点。由于充满气体的介电常数约为1,附近土层的介电常数大约为九,而地下水空虚及不紧密带又和附近土层的介电常数差别很明确,因而可以在二者边界面上形成强烈的反映波,所以通过探水雷达就可以有效检测出地下水空虚及不紧密带。而地下水空虚及不紧密带的输出电压波形特点表现为:在本应连续的土壤地层中同相反映波组发生间断、或不持续发生;或者因为土层内充气体,空洞中的反光信号组强烈减弱,甚至脱空部分的反光信号组显著减弱;地下水空隙以及不密实带与附近地面上的土壤反射波组的区别非常明显。但实践已经证明了,在适宜的气候环境下,探地雷达就可以很有效检测出在5m深区域内的地下水空隙和土体疏松区域的位置范围和深度。

地下水空洞的波形特性,具体表现为:本应连续性的地面同相反射波组发生了间断、不连续的现象;因为内充了空气,空洞中的反映波强度明显减弱,以至于脱空部分的反映波组完全消失;因此空洞中和周边地面上的反映波组特征差别显著。

本次检测的普查,检测使用PLD-S1地下空洞检测雷达开展的普查检测。在弱电部分管线和给水管路的正上方各布设了一条检测线路,并涵盖全部检测范围。人口普查检测一般采用定距轮触发方法,距离限制为2cm,移动速率不超过5km/h,时窗设置范围为120~180ns(显示深度限制为6~9m),自动增益设定,频区过滤等。测线尽量避免地势及他人干扰因素的直接影,在遭遇地势、临时停靠的汽车等物体的直接影响时,依据现场状况对测线点位进行合理调节。在道路等重要路口布置成网格状的测线开展监测。

普查测量完毕后,再利用探地雷达专业统计分析软件对普查统计实行信息处理与分析方法。通过IDSP6.0专业数据分析软件,对全国人口普查数据和地底详查统计提供了信息处理与解释分析方法,数据挖掘的内容涉及混凝土体病害非正常点的异常属性、成分(与管道的相关度)、总长和宽窄、顶面埋深和地底埋深等。对各种普查监测出现的土体隐患非正常点,布设网格状测

线通过探地雷达详查监测, 确定普查监测非正常点的属性, 并测量出其纵贯和侧向的平面布局区域、深度范围(顶板与底层的深入)。

利用PLD-S1地下空洞监测雷达对全国各类普查中监测出现的土壤病害反常点, 布设了网格状测线和探地雷达详查监测, 以确定全国人口普查监测反常点的形态特征, 并测定出其纵向与横向的平面分布区域、深入区域(顶端与底层的深入)。详查测线一般采用正交方法, 依次在二个方位上予以探索, 测线的宽度应当超过混凝土体病害平面区域, 以保持非正常的完整性并产生相应的非正常背景; 当非正常处于边缘位置时, 将测线适当延伸至测线以外并追踪异常。

三、检测结果分析及土体病害异常点修复

(一) 土体病害类别及成像分析

地下空洞。根据上述地下空穴的生成机理, 空穴的形状与球体颇为相似, 但空穴内往往充满着空气, 与其周围介质又具有较大的介电常数差别, 因而空穴的顶部在雷达数据图象上易生成较强振幅的反射界面, 在里面生成了多组重复波, 形状一般为倒悬双曲线。同样, 上面的反射波、重复波也与入射光波的相位一致。

松散体。疏松体内部一般由密实程度差、孔隙率较高的不同混凝土体构成, 因此介电常数较小, 与周围正常土壤地层具有显著的介电常数差别。疏松体的顶部一般在雷达图象上显示为强振幅反射波, 极性与入射波的相位一致, 但因为在疏松体里面所充填各种性质的土体排列并无一定规律, 所以疏松体内部一般在雷达图象上显示为较杂乱的低强度反射波, 随着深度的增大电磁波信号逐步减弱。

地下水囊、富水区。地下水囊或富水区, 一般是由土壤内局部地区在带排水管线的渗漏以及浅表地下水渗漏影响下, 逐渐囤积的居奇水形成, 可以大部分为雨水或水囊, 也可以土壤内含有大部分雨水或富水区。由于这种地下水病害的相应介电常数很大, 与周围混凝土体介质具有很大差别, 所以在通常的异常顶部产生强振幅反射波, 极性方向与入射光波相位相反。因为在水中的介电常数较大, 同时高频度波在水底衰减速度较快, 因此通常无法侦测到富水异常的底部反射波, 也无法估计富水异常体的扩散深度, 而地下管线附近的富水异常体往往充填了不同松散程度的混凝土体介质, 内部结构也不一致, 从而产生了多组件的杂乱反射波, 其探地雷达波组形态主要根据富水异常体的内部形态确定。

地下构筑物。一般是指在路面施工测量中, 对于路面下的某些结构, 如地下管道、地下水井室、地面地势变化等, 虽然该类干扰现象通常并不会对探地雷达信号产生直接影响, 但是由于其在地面雷达测量剖面显示的图象中存在着与实际地下水病害结构一致或近似相同的电磁波特性, 因此易在成果分析时产生错误理解或结论。

(二) 土体病害异常点修复

1. 松散体区域的修复

按照报告中提出的病害情况, 对C4、C5、R2、R4等区域进行了压密注浆材料处理。在疏松的土壤中建立混凝土覆盖层, 压密疏松土体, 用混凝土泥浆代替部分土壤, 增加强度, 避免沉降塌陷。现场用红漆标注范围, 明确钻孔点位, 钻孔深度误差不能大于3cm。

利用搅拌器对污泥加以制浆, 一般水泥浆水灰比约为0.7~0.8, 应一次完成。水泥浆液有很好的和易性, 不沉降、不离析, 并经过筛后应用。在灌注的同时测定灌注水压、灌浆水量。

在注浆材料处理过程中, 如发现了注浆材料压力表压力越来越高、地面冒浆或地下串浆等现象, 就应该停止注浆材料, 在找出原因后再继续注浆材料。注浆水压长时间小于0.4MPa; 注浆材料量不足700kg, 或发生冒浆及从附近桩孔窜孔的情形下, 应予以间歇注浆材料, 一般间歇时间为3h以内。挤压砼量和注浆材料压力满足以上规定; 当注浆材料压力4~8MPa时, 并保持以5min为宜以上, 可终止注浆材料。

灌浆完成后, 应当及时清除路基污染物, 并用水冲刷, 避免泥土渗入路基间隙影响道路。

灌浆后7d对基础路面状况进行检查试验, 检查和试验项目采用弯沉测试, 并与处理前的测量资料进行对照。检查结果符合工程设计规定后, 可开展下一步工程建设。

2. 空洞区域的修复

本区域R6、R7空洞修复工程采取了开挖回修的方法, 并按照严重空洞区监测点位置确定了挖掘范围, 在施工后对空洞形成区域进行了分析研判, 本施工严重空洞区因综合管道施工回填时未能及时压实造成管下、管周板角脱空, 从而导致了地基的沉降。修复的处理方式是: 清除空洞区域道路、基础后, 自路基下部挖至管底, 直至土质较坚硬区域, 再采取中粗砂、山皮碎石回填, 并分层压实至原路床底部高度, 将原有设计里的水稳碎岩基础转为C25砼, 周围设有台阶, 并进行土工格栅。当混凝土养护工作结束后, 再修复为沥青路面的面层。

四、应用效果与结论

此次测量与修复过程共历时半个多月, 其中测量工作经历3d, 最后根据现场施工条件完成, 并出具了相应的测量结果, 为后期工程建设提出了比较完备的勘察信息, 为后期施工质量整治阶段提出了必要的支持, 从而促使了建筑公司与现场施工企业对建筑物地下混凝土体病害有了个大概的认识, 后经过更深入的病害分析与处理, 并采取了相应的维修对策, 最后克服了地下混凝土体病害所造成的不良影响, 从而更大程度上提高了整个北格街区的建筑品质。而经过此次对北格街区地下混凝土体病害测量与维修, 也可以比较直观地认识混凝土体病害所造成的由空隙、疏松等造成的恶劣影响, 从而为后期工程相关问题的处理提出了依据。经过对这种地下水土体病害检查, 还可以找到部分埋藏较深的质量隐患, 使路面坍塌的危险性大大减小。同时, 在进行了此次修复过程之后, 还将总结经验教训, 在今后的管理工作中要做好各管道单元内部的协作, 并建立了健全机制, 在管道交叉部位与管道相应单元之间互相监督检查, 以防止类似工程质量问题。

参考文献

- [1] 王倩. 三维雷达在市政道路检测中的应用[J]. 青海交通科技, 2021, 33(04): 61-66.
- [2] 李福连. 市政道路工程试验检测常见问题及解决对策探讨[J]. 居舍, 2021(15): 55-56.
- [3] 韩舒. 基于市政道路三维探地雷达检测技术研究[J]. 山西建筑, 2020, 46(13): 106-108.