

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.10.047

某道路地下空洞检测与修复方案研究

庞晓明

(上海浦东建设股份有限公司, 上海市 201206)

摘 要: 结合上海市某区域道路地下空洞检测与修复项目的方案研究, 提出了道路空洞检测和评定的几种方法, 对地质雷达空洞无损检测方法和效果进行了应用研究, 分析了道路空洞产生的主要原因, 并针对性地总结提出了道路空洞的几种修复方案。研究结果可为今后相关工程的检测、设计和维修决策提供借鉴。

关键词: 道路空洞; 空洞检测; 路面沉降; 路面修复

中图分类号: U418

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)10-0184-04

0 引 言

近年来, 城市发展带来道路交通量的逐年增长, 城市道路路面结构承载负荷也由此越来越重。且随着技术不断进步, 地下隧道、轨道交通、地下管线等采用非开挖技术施工的地下设施越来越多, 对道路地下结构和路基土体的扰动因素也不断增加, 久而久之在部分道路下会产生一些脱空或空洞现象。另外, 有些道路下敷设的排水管道设施运营年限较长, 局部存在开裂、破损、错节或渗漏等问题, 造成管顶或管侧的水土流失, 并最终导致路面结构下方、管道上方形成道路路基的空洞。有些道路设施在建设施工或维修施工时, 未按规定或设计要求对路基进行充分回填和压实, 也造成了土体松动或道路地下空洞的产生。这些大小不一的空洞长期在车辆荷载和地下水的作用下, 最终可能会形成路面沉降和坍塌等隐患(如图 1), 对城市的基础设施和道路运行的正常运行形成较大的风险, 更有可能对城市、人民生命和财产安全造成不可挽回的损失。



图 1 道路空洞案例图示

收稿日期: 2022-12-19

作者简介: 庞晓明(1981—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事市政和建筑工程施工管理工作。

因此, 对于道路地下空洞的隐患需要及时进行检查, 发现问题, 及时处治。本文结合近年来上海市道路地下空洞治理的相关研究和工程案例, 对道路地下空洞检测与修复方案进行分析和总结, 以期今后相关工程的检测、设计和维修决策提供一些借鉴。

1 项目分析

1.1 现场情况

本文以上海市某区域内的道路为例, 在该道路中, 根据养护单位提供的日常巡检报告资料, 笔者选取了其中九处道路地面沉降点作为项目案例进行分析、研究和总结。

1.2 现场调查与检测

为了对道路空洞进行综合评定, 我们收集了相关的道路竣工资料 and 日常养护信息, 并采取了现场人工测量、排水管道 CCTV 检测、地质雷达无损空洞检测、钻孔取芯、微创探孔视频采集等多种技术手段进行路面地下空洞的检测和调查, 并进行综合对比分析。

(1) 首先我们对现场沉降点位采取了人工测量的方法, 以计算路面沉降差。测量结果显示, 该九处路面点位均存在明显的不均匀沉降, 机动车道大部分平均沉降约 4~8 cm, 局部最大处为 9~10 cm。

(2) 对道路范围内沉降点位置和附近的雨、污水管道开展了 CCTV 检测, 并将检测结果对管道缺陷等级按规范进行了分类, 以便于结果分析并后期制定分类修复方案。CCTV 检测结果显示, 管道内部局部存在渗漏、破裂等病害, 尤其是在路面沉降点位置的管道存在严重破裂、渗漏和管道局部淤积的状况, 如图 2。

(3) 本次研究中采用了二维地质雷达进行沉降点位的空洞检测, 见图 3。目前地质雷达探测技术作为



图 2 管道破裂、渗漏图示

地下空洞无损检测的一种主要手段,已逐步开始推广使用,该技术是一种借助频率在 106~109 Hz 范围内的无线电波来确定地下介质分布的一种无损探测技术^[1]。其主要是利用电磁脉冲接收地下不同介质界面的反射波,分析地下空洞的边界情况,判定地下介质的结构及界面的埋深,探测成果可以全面掌握老路路基、路面状况、管道顶部土体状况和道路下脱空、空洞等情况^[2]。经现场测定,确定本次九个地面沉降点的二维地质雷达测线共计 60 条,共计 1 619 m,测线见表 1。



图 3 二维探地雷达探测现场

表 1 地质雷达探测调查工作量统计表

探测区域	路表最大沉降 /cm	测线数 / 条	测线长度 /m
YHD-1	9	7	149.5
YHD-2	4	7	163.1
YHD-3	4	7	176.1
YHD-4	10	7	143.5
YHD-5	4	7	146.1
YHD-6	5	9	238.4
YHD-7	8	8	187.7
YHD-8	8	8	235
YHD-9	6	6	179.6

具体工作步骤为充分收集道路路面结构、排水管线资料、地下管线资料、道路地质和水文资料、地面沉降点调查资料等,根据车道及交通流量情况,按车道行车方向由南向北或由北向南依次探测,结合

车道宽度及交通流量等因素,每条车道进行 2~3 次的探测,采用动态 GPS 对测线起止点、转折点坐标进行测量收样。

由于篇幅有限,本文选取三处二维雷达数据明显异常区进行检测结果的综合解释。

测线 CX1-1 水平位置 7.0~11.5 m、深度 1.6 m,水平位置 13.5~22.5 m、深度 1.2 m,水平位置 11.5~27.0 m、深度 2.2 m 处,电磁波出现同相轴明显错开,部分缺失,推测为地面塌陷隐患区,见图 4。

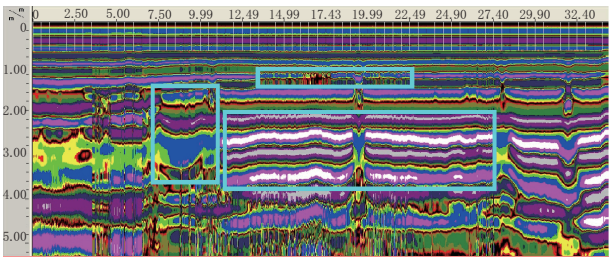


图 4 二维雷达测线 CX1-1 成果图(单位:m)

测线 CX2-5 水平位置 4.5~9 m、深度 1.4 m 处,电磁波出现同相轴明显错开,部分缺失,推测为地面塌陷隐患区,见图 5。

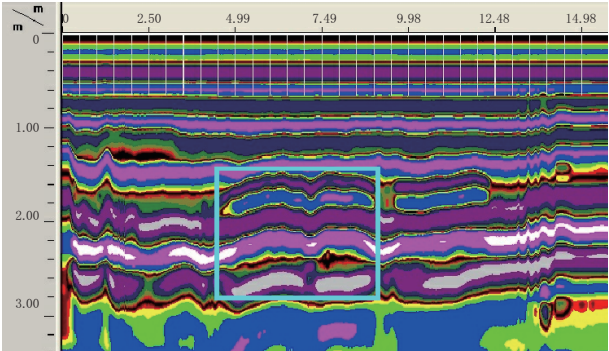


图 5 二维雷达测线 CX2-5 成果图(单位:m)

测线 CX7-4 水平位置 2.5~17.5 m、深度 1.4 m,电磁波出现同相轴明显错开,部分缺失,推测为地面塌陷隐患区,见图 6。

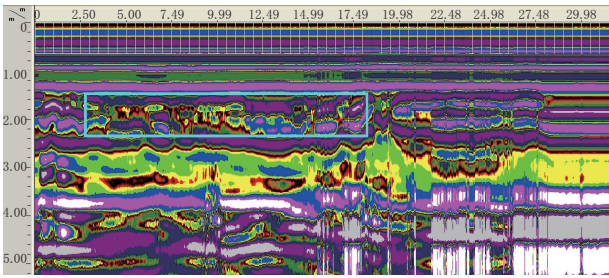


图 6 二维雷达测线 CX7-4 成果图(单位:m)

九处道路沉降点的二维地质雷达探测成果汇总见表 2,为隐患的进一步判定和处治提供了重要依据。

(4)为合理制定道路路面修复方案,我们利用路面结构钻孔取芯机进行取芯,以验证道路路面结构

表 2 地质雷达探测数据成果汇总表

隐患点编号	顶部投影面积 /m ²	隐患顶埋深 /m	隐患种类
YHD-1	87.4	1.2	疑似脱空或疏松
YHD-2	87.7	1.0	疑似脱空或疏松
YHD-3	64.2	1.0	疑似脱空或疏松
YHD-4	53.2	1.4	疑似脱空或疏松
YHD-5	9.6	1.6	疑似脱空或疏松
YHD-6	238.2	1.0	疑似脱空或疏松
YHD-7	78.8	2.0	疑似脱空或疏松
YHD-8	40.6	1.4	疑似脱空或疏松
YHD-9	12.3	1.2	疑似脱空或疏松

是否破坏,取样结果见表 3。

表 3 路面结构钻芯取样结果汇总表

隐患点编号	基层特征	隐患种类
YHD-1	基层断开	路面修补,总钻深 56 cm,到底泥土
YHD-2	基层完整	路面裂缝,总钻深 56 cm,路面脱空,60 cm 见底
YHD-3	基层完整	路面沉陷,总钻 50 cm,水泥与碎石脱空 5 cm
YHD-4	基层完整	路面沉陷,总钻 70 cm,到底泥土
YHD-5	基层完整	路面沉陷,总钻 40 cm,水泥与碎石脱空 5 cm
YHD-6	基层完整	路面沉陷,总钻深 55.5 cm,到底泥土
YHD-7	基层断开	路面裂缝,总钻深 64 cm,到底碎石
YHD-8	基层已碎	路面沉陷,总钻深 55 cm,到底泥土
YHD-9	基层断开	路面裂缝,总钻深 56 cm,三渣与碎石脱空 5 cm 见底

取样结果显示,路面结构一部分状况较好,整体为完整,一部分则已破坏,主要结果为基层断开或碎裂,而经过对比,破坏处恰位于所对应的二维地质雷达探测结果所描述的疑似脱空或疏松处。分析得出初步结论,路面下空洞和路表沉降是导致路面结构部分破坏的原因之一。但由于普通钻孔机一般到达深度在 70 cm 左右,本次钻孔深度未能到达探地雷达判定的隐患处,故还不能直观验证道路下空洞存在的真实性。

(5)经地质雷达探测的结果,一般描述为“疑似脱空”或“疑似脱空或疏松”等。为了进一步验证道路下空洞的真实存在,我们将路面结构钻孔取芯机用加长杆进行改装。本次选取 YHD-3 和 YHD-6 两处,以地质雷达探测预测埋深为深度,进行微创加深钻孔,然后采用内窥镜下探视频采集的方法进行取证、判定。通过内窥镜现场采集的视频显示,该两处路面结构厚度约 90 cm,在 90 cm 以下的确存在路基空洞。检测结果基本验证了二维地质雷达检测数据结

果的真实性和准确性。另外可以看出,这两处路面结构较常规结构厚,通过对日常养护资料的调查分析,主要是因为路面沉降后,养护单位并未对路面下空洞进行有效排查和处治,仅作路面加罩面层整平,这种处理方式仅仅是治标不治本,未彻底根治地下空洞病害。

1.3 修复方案决策

由于空洞形成的因素较多,而产生的后果往往不可预测,影响和隐患较大,因此需要精确分析,综合判定,科学制定修复方案,及时处治,以消除隐患。

(1)问题和原因分析

从上述实际案例分析可以看出,道路空洞是形成道路路表沉降的原因之一。另外,通过类似项目总结,路表裂缝致雨水下渗而浸润路基,公用管线非开挖施工而扰动土体,雨污水管线渗漏和破裂等造成路基的水土流失,原路基施工回填不密实而致路基的疏松或脱空,地下构筑物 and 地下工程施工而引起土体沉降等原因,都可能导致道路地下空洞的形成。

结合本项目案例的特点,我们看到本次空洞主要是由于雨污水管道渗漏、破裂等病害所造成,因此明确道路下空洞的真实存在,找到症结,后面的方案重点就是如何解决管道渗漏的问题,再对路基土体进行加固并修复路面。

(2)修复方案

一是管道修复。CCTV 检测结果显示管道内部局部存在渗漏、破裂等原因导致管道上方有水土流失情况,在本项目中我们采用非开挖和开槽翻排相结合的措施,对排水管道进行修复。经对比分析,优先选择非开挖修复方式,尽量减少对周边环境和交通的影响,缩短修复周期。按照相关技术规范,根据管道缺陷等级进行分类修复:对一级渗漏、一级破裂、二级及以上结构性缺陷进行修复,结构性缺陷集中的管段采用整体修复,修复指数 RI 大于 7 的管段按原管位、原管径、原坡度、原标高开槽翻排。雨水连管存在结构性缺陷的,则采用开槽埋管翻新的修复方式。开槽埋管一定要注意基坑围护和管线保护,一般可在原位翻排,开挖后拆除原管道,按设计标高排设新管道后,进行沟槽回填,回填必须分层压实,以免形成新的土体疏松或脱空。

二是路基土体加固。局部管道渗漏严重处,存在土体疏松和脱空。管道顶部上方的土体可进行注浆填充、加固,防止水土进一步流失和路面沉降。处治

范围小、为浅层空洞的,采取开挖修复,再对空洞进行回填并修复路面;交通影响大、空洞埋深较深的,可采取非开挖修复,对空洞处进行注浆、填充和加固。采取开挖修复的处理方式会对交通运营有一定影响,且施工周期也较长,因此施工前应进行充分的方案比选和施工前准备工作,合理安排建设工期计划。

三是对路面进行修复。对地下管线和土体加固处理后,再对路面结构按设计要求进行修复。由于道路等级不同,交通荷载不同,路面结构修复方案也不同,一般建议由专业设计单位针对道路情况做专项修复方案设计。另外,为了使设计路面结构与老路面结构保持良好衔接,原有道路与设计道路衔接处老路面结构层应挖成阶梯形,同时注意对相邻现有路面的保护,以提高新旧路面衔接处路面的使用质量。

由于本项目案例中道路下空洞位于路表下1 m至1.4 m之间,局部不超过2 m,埋置深度较浅,且所涉面积不大,对区域交通影响较小,故考虑在管道修复后,对进行路面整体翻挖和修复。空洞处翻挖后,按要求回填合格的路基材料并压实,再新建路面结构。修复后对交通标线进行恢复,开通运行。

2 结 论

综上所述,现场测量、排水管道CCTV检测、地质雷达无损空洞检测、钻孔取芯、微创探孔视频采集等方法判定路面地下空洞隐患较为有效的技术手段。另外道路竣工资料 and 日常养护信息等也是必不可少的前期资料。

实践证明,地质雷达技术可应用于道路地下空洞的探测。在不受地下水和地下管道的影响或影响较小的工况下,其探测结果还是较为可靠的。由于本次采用的二维雷达为连续测量方式,在实际检测过程中,人工拖曳雷达天线时的速度无法达到完全匀速的状态,因此平面位置可能存在偏差,而雷达成果图中隐患埋深的深度值数据处理中波速选用的一般是经验值,未经过波速测试,故其探测结果一般描述为“疑似隐患”。因此在有条件地情况下,宜采取路面微创探孔内窥镜采集视频的方式来进一步验证空洞的真实存在,为合理制定处治方案提供技术决策依据。

通过多个工程案例,我们分析总结出道路地下空洞形成的原因有很多。在本案例中,我们同时发现养护单位的经验存在一定的不足之处,仅仅根据表面,对路面沉降处进行了面层加罩、整平处理的养护方式,而并未对空洞成因作充分梳理和分析,在此基础上提出更为合理和有效的处治方案。因此相关单位在实际工作中,不能简单地通过一种手段来判定和决策,而应充分运用专业知识和实践经验,多角度审视,多手段诊断,科学决策,有效处治,及时排除道路地下空洞安全隐患,确保道路安全运行。

参考文献:

- [1] 汤博.瑞典MALA探地雷达在管线探测中的应用[J].水科学与技术,2015(1):95-96.
- [2] 何智龙,凌宏伟.上海地区道路空洞排查和综合修复方法探讨[J].城市道桥与防洪,2022(5):161-163.

~~~~~  
(上接第183页)

### 参考文献:

- [1] 穆守峰.城市道路交通工程施工管理过程中的质量控制措施分析[J].城市建筑,2021,18(24):189-191.
- [2] 王平.城市道路交通工程施工管理过程中的质量控制措施研究[J].运输经理世界,2020(18):36-37.

- [3] 韩志磊.城市道路交通工程施工管理过程中的质量控制措施[J].中国高新科技,2019(8):107-109.
- [4] 周雅丽.试析城市道路施工管理过程中的质量控制措施[J].居舍,2019(9):162.
- [5] 邵泽友.城市道路工程施工管理过程中的质量控制措施分析[J].工程技术研究,2018(16):103-104.