

城市道路塌陷成因分析及精细化预防处理措施

童景盛, 李菊红, 周志华

(中国市政工程西北设计研究院有限公司, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 以兰州市城区道路塌陷为例,通过对道路塌陷的统计和分布规律的分析,认为兰州市城区道路塌陷产生的原因与特殊的地质环境、人类工程活动、雨水下渗及管理等因素有关。针对道路塌陷原因,提出预防道路塌陷的相关处理措施和建议;同时,对道路精细化工程建设提出在设计、施工、管理等方面的精细化处理具体措施,体现“以人为本”的建设理念,提高精细化设计施工和管理意识,从而提升道路综合服务功能和建设水平。

关键词: 道路塌陷;分布规律;成因分析;精细化

中图分类号: U418

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)02-0029-05

0 引言

随着城市化进程的快速发展,地下空间规模被不断开发利用,城市道路塌陷灾害事故也随之而来,频繁发生。特别是近几年,城市道路塌陷灾害进入集中爆发期,大范围、高频次、导致多人死伤的恶性塌陷事故接连发生,造成了重大的生命财产损失和恶劣的社会影响,直接威胁到城市的和谐和可持续发展。其中,深圳、郑州、北京、武汉、兰州等城市的道路塌陷事故较多。2013~2018年期间,以上城市见诸媒体不完全报道的道路塌陷事故数量统计如下:

(1)深圳市共发生地面塌陷事故1103起。其中,2015年124起,2016年213起,2017年238起,2018年截至目前,共发生地面塌陷73起,其中仅5月份就有25起。

(2)郑州市共发生地面塌陷事故250余起。其中,2016年83起,2017年72起,2018年至今已发生地面塌陷事件45起。

(3)北京市和武汉市发生地面塌陷事故分别为40余起和34余起。

(4)近六年间,经媒体报道的兰州市地面塌陷灾害110余起。其中,2016年19起,2018年至今已发生20余起。根据本次调查的可靠数据统计,2013年至今兰州市内实际已发生各类地面塌陷事件约298起。塌陷实图如图1所示。



图1 道路塌陷实图

2 道路塌陷分类统计及规律

2.1 城市道路塌陷类型

归纳兰州市城市道路塌陷变形的分布形态、物质组成、成因,可将道路塌陷划分为以下几种类型^[1]。

(1)空洞型:地面分布形态规则,多呈圆形或椭圆形,分布深度较大,一般位于防空洞、地铁隧道附近。

(2)塌陷型:路面下陷程度严重,地下产生空洞区域,局部发育有较大空洞。塌陷体物质成份杂乱,含水量高,渗透性强,结构疏松,土质不均。一般分布于受浸水影响的各类管道附近。

(3)沉陷型:路面下陷明显,但未形成路基脱空现象,整个异常范围内土层疏松,局部发生下陷,引起路面沉陷。一般分布于受浸水影响的道路及各类管道附近。

(4)开裂型:路面产生张拉裂缝,路面沉降下陷轻微或不明显,未形成路基脱空现象,整个异常范围内土层疏松,局部发生下陷引起路面沉陷。一般分布于受浸水影响的道路及各类管道附近。

收稿日期: 2020-05-15

作者简介: 童景盛(1973—),男,工学博士,教授级高级工程师,从事城市道路、桥隧工程设计与研究工作。

的建设,是近三年来兰州市道路塌陷最为频繁的路段。

2.3.2 季节分布规律

根据近三年来兰州市塌陷事故的季度分布统计可知,塌陷事故的季节性分布差异很大,第二季度和第三季度塌陷事故高发,分别占比48%和39%,共计占比87%,塌陷事故明显高于其它季度。其中第三季度为兰州市雨季,而第一、四季度大部分时间为兰州市冬防期,工程建设活动尤其是土方开挖较少。这表明,地表雨水的下渗和城市工程建设是道路塌陷的重要原因。

2.3.3 工程影响分布规律

工程影响主要由道路沿线地下工程施工、邻近建设场地深大基坑长时间持续抽排地下水引起。这些施工会造成道路周边及上覆土体的松动变形,引起土体流失。这些问题主要分布于沟道洪水、地面汇水排泄不畅路段,管道分布密集路段,多期施工开挖路段。

2.3.4 其他

根据近3年道路塌陷统计的位置分布图可以看出,塌陷地点主要集中在车流、人流量较大的主、次干道等重载车辆密集路段。近年来随着城市建设的迅猛发展,城市道路功能多样复杂,交通量大,车道荷载增大,以及道路结构层中布设繁杂的市政管线等因素,造成城市道路病害增多。

3 道路塌陷成因分析

城市道路塌陷病害的发生及发展是一个缓慢的、由量变到质变的过程。道路塌陷形成的原因比较复杂,由多因素共同作用形成,产生的原因可归纳为特殊的工程地质环境条件、施工扰动因素及市政工程建设和管理等方面。

3.1 特殊的地质及环境条件

(1)湿陷性黄土特殊土质:兰州市区湿陷性黄土分布广泛,兰州城市道路普遍以湿陷性黄土为路基持力层。湿陷性黄土受水浸湿,其结构会被迅速破坏,强度迅速降低,产生较大附加下沉;湿陷性黄土遇水下沉将产生路面破损、管道变形渗漏等一系列问题,是造成道路塌陷的主要原因之一。

(2)地下水位上升:城市建设急剧发展,地下空间被过多利用,地下水的贮存空间被侵占,导致地下水的径流、排泄条件改变,局部区域地下水径流不畅,水位上升,浸泡、软化具湿陷性的土体,致使路基土湿陷下沉。

(3)强降雨影响:暴雨季节长时间、高强度的降

水导致路面长期浸泡在水中,路面雨水下渗量急剧增大也是加剧空洞发育的重要诱因之一。尤其近几年降雨量多,较历年同期增长40%。

3.2 施工扰动的影响

(1)地下轨道交通的建设:在地下轨道交通的建设过程中,盾构、暗挖及顶管等施工工艺均会造成周边及上覆土体的松动和不均匀变形,导致各种管线接头薄弱处受损,发生水体泄露,埋设管线周围的土体就会逐渐流失,最终形成空洞,引起道路塌陷。

(2)基坑(基槽)的开挖:临近城市道路的建筑深基坑及道路中各类管线基槽的开挖,会引起基坑(基槽)周边1~2倍深度范围内土体及管道的不同程度的松动与变形。土体松动和管道变形引发地表水下渗和管道渗漏,引起土体流失,逐渐发展形成空洞,导致道路塌陷。

(3)深大基坑的降水:深大基坑的长时间、大量抽排地下水,一方面导致周边区域地下水位快速下降,地下土壤含水层承压降低,会引起上部土体下沉;另一方面因为成井质量差,抽水过程中控制不严,极易引起地基土中细粒土被抽出,直接形成地下空洞,逐渐发展,最终导致地面塌陷。

3.3 市政工程建设的影响

(1)管网渗漏:首先是超期服役的给水、排水、热力管道老化存在的“跑、冒、滴、漏”问题,引起土体软化、湿陷下沉,形成塌陷;其次是城市道路下埋设的大量电力、通讯等检修井未考虑防排水措施,成为地表水汇集入渗的通道。

(2)管道基础及管槽回填土压实质量不符合要求:管槽开挖后,受有限的工作面限制,地基处理和基槽回填难以达到原路基设计压实度要求,其自身沉降变形及水体进入或管道渗漏后,易导致道路塌陷。

(3)道路沉降与积水:因路基不均匀沉降,路面排水不畅,道路低洼处积水下渗进入路基土体,引起管线变形及渗漏,最终导致塌陷。

(4)绿化带防水层与结构物连接处施工不到位,造成灌溉浇水从薄弱处渗入路基,导致下陷。

3.4 规划和管理方面的影响

(1)现行的《湿陷性黄土地区建筑规范》(GB 50025—2018)对湿陷性地区的建筑物地基处理规定明确,而对道路及地下管线的重视程度不够,特别是对引起道路湿陷性塌陷的主因压力管网渗漏的设计措施不足^[2]。

(2)地下管网的建设水平落后,主要表现在管网布置密度过高、管线敷设复杂随意、地下管网位置信

息确定困难;管道防渗检测技术发展落后,现阶段对管道渗漏的研究及实际操作技术尚无完善的技术手段。

(3)基础设施建设与维护投入不足,部分基础设施超龄服役和长期超负荷运行,造成事故频发;对于城市道路的积水、绿化带渗水至路基以及超载车辆对路面结构层的损坏等情况,管理维护与处理不及时为后期道路的塌陷埋下隐患。

4 道路精细化预防处理措施

道路精细化预防处理措施的目的是强化道路使用功能,预防并减少道路损坏及相关病害的发生,充分考虑道路使用过程中的人性化要素,加强对道路细节和关键节点的处理,提高道路综合服务水平和建设能力,提高道路使用年限及安全保障。精细化预防处理措施主要体现在三个方面。

4.1 精细化设计措施

精细化设计主要体现在对道路细节和关键性节点的精确定位和设计把控上,动态地发现并提出解决方案,起到以点带面的效果,从而达到提高城市道路整体功能的目的。

4.1.1 绿化带精细化处理措施

城市道路超过 3 m 宽度的道路绿化带或分隔带,采用海绵设施雨水收集利用和排放系统^[3]。绿化带横断面设计为圆弧下凹形(如图 5 至图 7 所示),圆弧下凹式绿化带从上至下依次设置种植土层、细粒级配碎石层、粗粒级配碎石层与砂卵石层。在砂卵石层中,沿绿化带纵向设透水管,透水管周围填有开级配碎石,开级配碎石外围包裹有透水土工布。绿化带纵向中线,每隔 40 m 设集水池;集水池与透水管密封连接,集水池下部设有隔水墙,隔水墙上端安装方格网过滤板;集水池顶部设置盖板,盖板上设置开孔,雨水过大时绿化带中多余的积水泄入集水池。临近雨水井的集水池墙体距离底部设置排水管,方便雨水排入道路雨水篦子或雨水井。它可实现控制利用雨水,是湿陷性黄土地区绿化带精细化处理措施范例,可避免绿化带蓄水渗入路基,防止对路基的破坏,其构造型式简单、成本低、易施工。

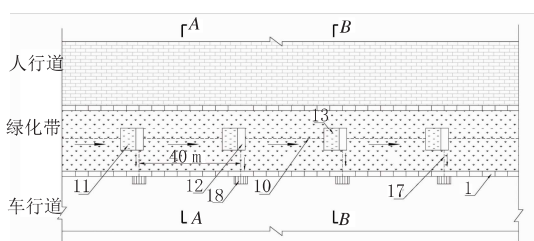


图5 绿化带精细化设计总体平面示意图

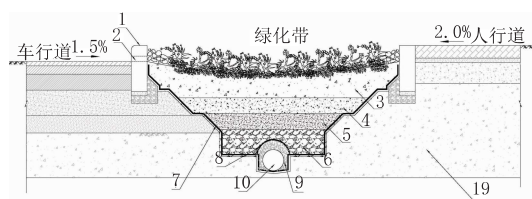


图6 绿化带平面示意 A-A 剖面图

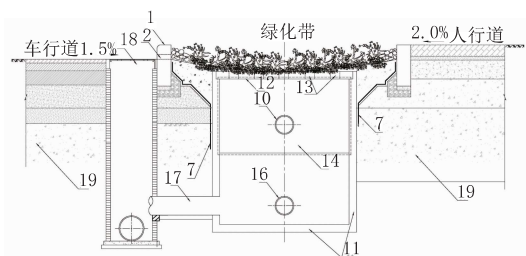


图7 绿化带平面示意 B-B 剖面图

图7中,1为路缘石,2为DN50路缘石圆孔,3为种植土层,4为15 cm厚细粒级配碎石层,5为15 cm厚粗粒级配碎石层,6为20 cm厚砂卵石层,7为双层防渗土工布,8为透水土工布,9为开级配碎石,10为DN200UPVC透水管,11为集水池,12为集水池顶盖板,13为盖板开孔,14为方格网过滤板,15为隔水墙,16为DN200溢流孔,17为DN200排水孔及排水管,18为雨水篦子或雨水井,19为路缘石挡块。

4.1.2 路缘石与车行道衔接处渗水平石精细化设置

路缘平石具有标示车行道边缘与保障侧立路缘石安全和稳定的功能,同时能够引导排放路面汇水。在很多城市道路设计中,仅采用侧立路缘石作为支挡,直接铺砌路面结构层至侧立路缘石,然后分层压实。这样处理的问题是路面结构层与直立式路缘石之间因无法充分压实存在一定缝隙,虽然后期采用热沥青浇灌密封,但是经过长期使用,路面汇水会从薄弱处浸入结构层致使道路基层破坏塌陷^[4]。因而还是推荐设计时在路面结构与侧立路缘石之间设置平石,减缓汇水浸入路基(如图8所示)。

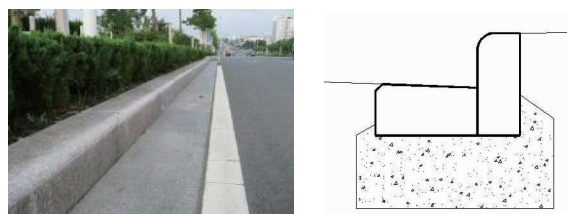


图8 路缘平石设置示意图

4.1.3 市政管线管位的敷设

市政管线管位的布设精细化需要根据相关规范要求,尽可能布设在非机动车道与人行道上,以避免管线破漏维修或更换等开挖修复影响道路交通通行,尽可能减少对机动车的干扰;若红线宽度限制原

因机非混行时,宜采用人行道非机动车道共面,使管线布设能预留充足的空间。当然,采用综合管廊,可解决市政管线的敷设难问题,对正常道路的通行和维修更有利。

4.1.4 技术标准方面

(1)提升技术标准,制定符合当地实际的管道基础设计、地基处理地方标准或技术导则;提高适用于当地湿陷性黄土场地城市道路路基设计及管道基础地基处理设计标准。

(2)新建道路增加路基处理深度,尤其是增加各类管线管基的处理范围及深度;增加道路路面、边坡等的防水措施,避免雨水渗入路基;增加道路范围内绿化带防水及处理措施。

4.2 精细化工程施工措施

对道路工程而言,施工措施精细化,防止对道路质量的提升会有保障,可减少漏水直接渗入路基以防止对道路的破坏。提倡“管路互随,动态提升”理念,实现地下管线塌陷隐患消除与道路大修工程同步实施,逐步减少反复开挖道路的“马路拉锁”现象,从而避免路基的不均匀沉降与塌陷。

近几年大力提倡的非开挖及数字化技术,可应用至道路的开挖中,减少对道路的直接破坏,对城市的区域管网修复也具有一定的优势。

4.3 精细化管理措施及数字化

4.3.1 精细化管理措施

加大道路病害排查力度,消除安全隐患。对城区重点路段、人员密集场所进行地下空洞(包括路面脱空、大面积土质疏松)探测。

强化各类管线产权单位隐患排查主体责任。城市地下管线与道路如影随形,城市道路病害与地下管线病害相互影响,互为因果。各类市政公用管线产权单位,应落实执行地下管线巡护和隐患排查制度,定期进行检测维修,强化监控预警,发现管线“跑、冒、滴、漏”等隐患及时报告,妥善处置。

完善城市应急管理机构。将路面塌陷纳入城市安全管理和应急机制中,确立灾害预防机制,消除或

减少路面塌陷造成的损失。

加强施工质量管控。对道路、管道及城市道路周边建设工程可能引发路面塌陷的施工过程实行联动管控和全过程管控,消除事故发生的根源。

4.3.2 数字化技术处理措施

BIM 技术可解决设计质量把控、施工组织策划、一体化管理方面的难点,进而减少问题,强化运维;依据大数据平台的在线监测技术,进行动态管控。

结合 BIM 模型信息、3S 技术(RS、GPS、GIS)实现地下工程建设的可视化,将信息技术和非开挖“微创”技术结合使用,提高精细化管理的实效性。

5 结 语

城市道路塌陷是城市常见环境地质灾害之一,是多因素共同作用的结果。城市道路下的众多管道出现渗漏在所难免,地下空间开发施工、地表水入渗和管网渗漏使未压实填土或湿陷性地基土变形、管道渗漏与地基层形成恶性循环等因素,使土体被水侵蚀和搬运,逐渐发展至道路基层下形成空洞,最终引起一定范围的塌陷。综合分析认为,对于兰州市道路塌陷的成因,特殊的环境地质条件是先天缺陷,管线超期服役及管槽、路基回填欠密实是客观因素,人类工程活动是直接因素,水是主要媒介。

当然,城市道路塌陷的预判是一个难题,尤其在老旧城市,对城市道路塌陷成因的认识也是一个不断发展的过程。采用道路精细化预防处理措施和数字化技术,在设计、施工、管理等方面进行相关处理措施,依据科学技术水平、实践经验和经济能力,针对具有普遍性和重复出现的技术问题,体现“以人为本”的建设理念,提高精细化设计施工和管理意识,从而提升道路综合服务功能和建设水平。

参考文献:

[1] JTG D30—2015,公路路基设计规范[S].
[2] GB 50025—2018,湿陷性黄土地区建筑标准[S].
[3] CJJ 37—2012,城市道路工程设计规范[S].
[4] CJJ 169—2012,城镇道路路面设计规范[S].

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com