

市政道路路基不均匀沉降的成因及防治技术研究

王宁

湖南新康建设集团有限公司 湖南娄底 417600

DOI: 10.32629/ems.v8i2.18447

[摘要] 随着城镇化进程推进,市政道路路基不均匀沉降问题频发,严重影响通行安全与工程寿命。本文聚焦自然环境因素降水渗透、温度交替、洪涝冲刷,引发的路基不均匀沉降,深入剖析各因素作用机制与危害。在此基础上,针对性提出“阻断渗透+强化排水+改良土体”等核心防治思路,细化填料选择、结构防护、排水设计及运营维护等实操技术措施。研究成果为提升市政道路路基稳定性、降低沉降隐患提供技术支撑,具有重要工程实践意义。

[关键词] 市政道路; 路基不均匀沉降; 防治技术

引言

市政道路作为城市交通网络的核心载体,其建设质量直接关系到城市运行效率与民生安全^[1]。当前,我国城镇化建设持续提速,市政道路建设规模不断扩大,但在复杂自然环境影响下,路基不均匀沉降成为高发工程隐患,易诱发路面开裂、井盖凸起等病害,增加运维成本且影响通行安全^[2]。因此,系统探究自然环境因素引发沉降的成因,研发科学可行的防治技术,对保障市政道路工程质量、延长使用寿命具有迫切的现实需求,亦是推动城市基础设施高质量发展的重要举措^[3]。

一、市政道路建设相关背景与研究意义

随着我国城镇化进程持续推进,市政道路作为城市交通网络核心,建设规模与密度不断扩大,常面临软土分布、地下水丰富等复杂地质工况^[4]。路基作为道路承载基础,其稳定性直接决定通行质量与使用寿命,而不均匀沉降已成为市政道路建设运营中的高频隐患,易引发路面开裂、井盖凸起、路面崎岖不平、桥梁台背沉降等病害,不仅影响通行舒适度,更可能诱发交通事故,增加后期维修养护成本。因此,开展市政道路路基不均匀沉降成因及防治技术研究,对提升工程建设质量、降低运维风险、保障城市交通运行安全具有重要意义。

二、自然环境因素引发的路基不均匀沉降

(一) 降水渗透导致路基土体软化引发沉降现象

市政道路路基多由粉质土、粉质黏土等填料压实而成,这类土体的工程特性对水分极为敏感。在长期降雨、持续暴

雨等降水工况下,雨水会通过路面裂缝、路肩缝隙及中央分隔带渗透至路基内部,若路基排水系统设计不完善或施工时未按规范夯实,渗透水分会填充土体孔隙,导致土体饱和度升高、有效应力降低,进而引发土体软化。对于粉质土路基,软化后其抗剪强度可降低30%~50%,在车辆荷载反复作用下,软化区域会逐渐压缩沉降,且由于降水渗透范围和深度存在差异,路基不同段落的软化程度不均,最终形成不均匀沉降。例如,在南方多雨地区、市政道路交叉口、公交站台等车辆集中停靠区域,因路面长期受荷载挤压易产生微裂缝,降水更易渗透,往往成为不均匀沉降的高发段,沉降差可达5~15mm,严重时会导致路面平整度下降,影响车辆通行稳定性。

(二) 温度交替变化造成路基土体收缩沉降问题

温度交替变化对市政道路路基沉降的影响具有显著季节性和区域性,尤其在北方严寒地区和南方昼夜温差较大区域更为突出。在低温环境下,路基土体中的自由水会结冰膨胀,体积可增大9%左右,对周围土体产生挤压力,导致土体颗粒排列紊乱、孔隙结构破坏;当温度回升至冰点以上时,冰体融化,土体中的水分大量流失,原有的膨胀孔隙无法及时填充,进而引发土体收缩。长期反复的冻融循环会使路基土体的压实度逐渐降低,承载能力下降,在车辆荷载和自身重力作用下发生收缩沉降。同时,不同深度的路基土体受温度影响程度存在差异,表层土体温度变化幅度可达20~30℃,而深层土体温度相对稳定,这种温差导致的收缩变形不均,会进一步加剧路基不均匀沉降。对于含粉粒、黏粒较多的路基填料,收缩性更为明显,每经历一次完整冻融循环,表层路

基沉降量可达 2~8mm, 长期累积后会使得路面出现不规则网状裂缝, 裂缝扩展过程中还会加剧降水渗透, 形成“温度收缩-沉降-裂缝-渗透”的恶性循环。此外, 在南方夏季高温环境下, 路基表层土体水分快速蒸发, 也会导致土体干燥收缩, 产生微小裂隙和局部沉降, 与其他区域形成沉降差。

(三) 洪涝灾害冲刷破坏路基稳定性引发沉降

市政道路部分路段不可避免会途经低洼地带、河道周边或地下水富集区域, 当遭遇洪涝灾害时, 洪水会对路基产生强烈的冲刷和浸泡作用, 直接破坏路基稳定性, 引发不均匀沉降。洪水水流具有较强的动能, 会对路基边坡、坡脚及路基侧面进行持续冲刷, 导致路基填料被带走, 形成冲沟、掏空等病害, 使路基有效承载断面减小; 同时, 洪水长时间浸泡路基, 会使路基土体完全饱和, 颗粒间的黏结力显著降低, 甚至出现流塑状态, 承载能力急剧下降。对于采用砂类土作为填料的路基, 抗冲刷能力较弱, 在流速为 1.5m/s 的洪水作用下, 1 小时内即可产生深度超过 10cm 的冲沟, 进而引发路基局部塌陷沉降; 而软土路基在洪涝浸泡后, 压缩系数会增大 2~3 倍, 沉降量显著增加, 且由于冲刷程度和浸泡时间在路基不同段落存在差异, 沉降变形呈现明显不均匀性。例如, 在城市滨河路段, 洪涝期间洪水易漫过路基边坡, 坡脚受冲刷最为严重, 往往会出现较大幅度的沉降, 与路基中间段落形成明显沉降差, 沉降差可达 20~50mm, 严重时会导致路基失稳、路面断裂, 地下水的毛细现象也时刻孔浸润路基。此外, 洪涝过后, 路基土体中的水分蒸发缓慢, 若未及时采取晾晒、夯实等处理措施, 直接恢复通行, 车辆荷载会进一步加剧饱和土体的沉降, 使不均匀沉降问题持续恶化。

三、市政道路路基不均匀沉降的防治技术方法

(一) 针对降水渗透致土体软化的路基沉降防治技术

针对降水渗透引发的路基软化沉降, 核心思路为“阻断渗透+强化排水+改良土体”, 实践方法需贯穿施工全流程并严控关键环节(见图 1)。

填料选择上, 优先采用级配连续的砂砾土、碎石土等透水性填料, 确保不均匀系数不小于 5、曲率系数 1~3, 规避高塑性粉质黏土; 确需使用粉质土时, 掺入 3%~5% 生石灰改良, 经强制式拌和机拌和 3 遍以上, 控制含水率在最优含水率±2%, 采用 20t 以上重型振动压路机分层碾压 6~8 遍, 辅以 25t

静载压路机碾压 2~3 遍, 确保路床顶面压实度≥96%、下路床≥95%, 压实度用环刀法每 200m 检测 3 点。坡面防护需在路肩及边坡铺设 C25 混凝土预制块或植草砖, 预制块下铺设 5cm 厚 M7.5 水泥砂浆找平层, 块体间用 M10 水泥砂浆勾缝密封; 边坡顶部设 50cm 宽 C25 混凝土截水沟, 沟底坡度 1%~2%, 内壁涂刷 2mm 厚渗透结晶型防水涂料, 每隔 10m 设伸缩缝并填充沥青麻絮, 快速导排坡面汇水。地下水位较高或年降雨量超 1200mm 区域, 在路床底面下 30cm 铺 φ100mmPVC 双壁波纹管盲沟, 外包 300g/m² 非织造土工布, 横向间距 8~10m、纵向贯通, 转弯处用弧形弯头连接, 出口设过滤网罩防堵塞。

路面施工时, 沥青路面基层顶面喷 0.6~0.8mm 厚乳化沥青下封层; 水泥混凝土路面伸缩缝、施工缝用聚氨酯密封胶填充, 填充前高压清理烘干缝内杂物, 填充后养护 24 小时以上。运营期建立常态化维护机制, 雨季前清理截水沟、边沟淤泥杂草, 检查盲沟排水, 发现路面裂缝用聚合物改性沥青密封胶灌缝, 构建全周期防控体系。



图 1 降水渗透致路基沉降防治流程图

(二) 应对温度交替致土体收缩的路基沉降防控措施

结合区域气候特征, 从填料改良、结构防护、冻融专项防控三方面落实温度交替致沉降的防控措施(见图 2)。

填料优化优先选用级配砂砾、碎石等非冻胀性材料, 北方严寒地区填料中粒径<0.075mm 黏粒含量≤15%、不均匀系数≥10; 黏性土填料需掺入 5%~8% 普通硅酸盐水泥固化, 厂拌均匀后碾压压实, 覆盖土工布洒水养生 7 天以上, 固化后土体收缩系数降低 40% 以上、无侧限抗压强度≥1.5MPa。

结构防护上, 北方道路设≥80cm 厚级配碎石防冻垫层, 垫层底部铺抗拉强度≥80kN/m 的双向土工格栅, 横向铺设、

拉直绷紧, 搭接宽 $\geq 20\text{cm}$ 并用U型钉间距 50cm 固定。昼夜温差 $> 15^\circ\text{C}$ 区域, 路基表层采用 $1.0\sim 1.2\text{cm}$ 厚乳化沥青稀浆封层+ $200\text{g}/\text{m}^2$ 短纤针刺非织造土工布复合保温, 稀浆封层施工温度 $\geq 10^\circ\text{C}$, 土工布铺设后立即用轻型压路机碾压贴合。

冻融防控方面, 冬季前15天用防寒毡或土工布全断面覆盖边坡; 春季融雪期在路基两侧设临时排水沟导排融雪水。



图2 温度交替路基沉降防控三环节实施流程图

(三) 抵御洪涝冲刷致稳定性下降的路基防护技术

核心措施聚焦“强化边坡防护+加固坡脚基础+提升排涝能力”, 结合地形与50年一遇洪涝风险落地。洪涝高发区域边坡采用热镀锌低碳钢丝格宾网箱防护, 箱体双绞合编织(见图3)。

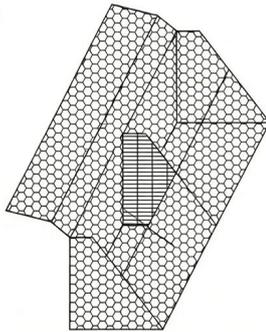


图3 格宾网箱图

施工先平整坡面, 分层码放网箱并填充 $30\sim 50\text{cm}$ 坚硬卵石, 振捣密实后错缝搭接, 用 $\phi 2.0\text{mm}$ 钢丝绑扎牢固, 顶部网箱嵌入路基顶面 $\geq 50\text{cm}$ 防滑移。袋内填充改良种植土, 品字形码放并用连接卡扣固定, 顶部喷播混合草籽绿化。坡脚设 1.5m 高浆砌片石护脚, 嵌入原状土 $\geq 0.8\text{m}$, 迎水侧坡比 $1:0.5$, 错缝砌筑并勾缝压实; 水流流速 $> 2\text{m}/\text{s}$ 河段, 护脚外侧抛填 $50\sim 80\text{cm}$ 粒径花岗岩块石缓冲层。路基两侧设 $60\text{cm}\times 80\text{cm}$ C25混凝土截水沟, 急流槽每隔 $30\sim 50\text{m}$ 设一道, 与截水沟垂直连接, 出口设 $1.5\text{m}\times 1.0\text{m}\times 0.8\text{m}$ 块石消力池。低洼路段抬高路基标高, 两侧设滞洪洼地, 与市政管网连接并设控

南方高温地区路基施工后及时铺表层结构, 工期延误超15天则每天洒水 $1\sim 2$ 次, 控制表层含水率 $15\%\sim 20\%$ 防干燥收缩。全程严控路床表层压实, 采用 25t 振动压路机与 30t 静载压路机组合碾压, 振动碾压 $6\sim 8$ 遍、静载碾压 $2\sim 3$ 遍, 压实度合格后方可进入下道工序, 通过降低孔隙率提升抗收缩变形能力。

制闸阀。

施工严禁用粉土、细砂等易冲刷填料, 优先选用砂砾土或碎石土分层碾压; 洪涝后24小时内排查, 冲刷塌陷处用沙袋临时回填, 水位退去后按原技术修复, 修复后用重型动力触探仪检测承载力确保达标。

结语

市政道路路基不均匀沉降防控是保障工程安全的关键环节, 自然环境中的降水、温度变化及洪涝灾害是引发沉降的主要诱因, 其作用机制复杂且危害显著。本文提出的针对性防治技术, 涵盖施工全流程与运营维护阶段, 具有较强的实操性, 可有效阻断沉降诱因、强化路基稳定性。未来实践中, 需结合具体工程地质与气候条件优化技术方案, 持续完善“成因研判-精准防控-动态维护”体系, 进一步提升市政道路路基工程的可靠性与耐久性。

[参考文献]

- [1]朱俊杰. 市政道路日常维护及管理探究[J]. 散装水泥, 2025, (06): 168-170.
- [2]李玉侠. 市政道路桥梁工程中沉降段路基路面施工技术[J]. 居业, 2025, (07): 97-99.
- [3]李杰. 市政道路桥梁工程中沉降段路基路面的施工技术[J]. 城市建设, 2025, (14): 29-31.
- [4]陈海军. 市政道路施工中路基沉降段施工关键技术及质量控制[J]. 四川水泥, 2025, (07): 254-255+264.