

市政道路软基处理施工技术应用要点

赵绍云

(四川三江交通建设工程有限公司, 四川 宜宾 644000)

摘 要 随着城市建设进程加快, 市政道路建设范围持续向城郊延伸, 滨湖临河路段普遍存在软土地层难题, 此类地基土质松软、承载能力偏弱, 极易引发路基不均匀沉降、路面变形开裂等病害, 严重影响道路使用寿命与通行安全。传统粗放式地基处理方式难以满足现代道路建设标准, 也无法适配城区复杂施工环境。本文结合市政道路工程施工实际, 归纳软土地基固有特质, 对比多种主流软基处理工艺适用条件, 细致梳理各类技术现场实操流程与管控细则, 明确全流程施工应用要点, 以期为提升软基加固整体成效、保障市政道路路基结构稳定提供参考。

关键词 市政道路; 软基处理; 地基加固; 换填垫层处理; 水泥搅拌桩加固

中图分类号: U416.1

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.26.015

0 引言

新型城镇化建设进程持续加快, 城市内部路网改造、新建市政道路工程项目数量持续增多。城市临水区域、旧城区回填区域分布大量软土地基, 这类土体含水量高、固结性能差, 在车辆荷载与自然环境作用下极易出现形变问题, 直接影响道路通行舒适度与结构稳固性^[1]。当前各类软基处理施工技术种类繁多, 部分施工现场存在工艺选用不合理、实操流程不规范等情况, 致使地基处理达不到设计标准。因此, 系统梳理不同软基处理技术的现场施工规范与实操细节, 对规范市政道路施工现场作业、提升路基施工整体品质具有实际意义。

1 市政道路软土地基的基本特征

市政道路工程施工中遇到的软土地基, 大多由淤泥、淤泥质土、冲填土、杂填土以及粉质软黏土组成, 集中分布在河道沿岸、低洼积水地带以及城市老旧回填区域。从物理属性来看, 软土普遍具备天然含水率偏高、土体孔隙占比大、土体压缩变形能力强等特点, 自然状态下土体结构松散, 自身承载能力远达不到市政道路路基施工设计要求^[2]。

从工程施工角度分析, 软土地基固结沉降周期较长, 完成路基填筑之后, 后期仍会出现持续性缓慢沉降。多数项目将施工重心放在软基加固作业环节, 加固施工完成之后未布设完善的沉降观测点位, 观测频次不足, 无法及时掌握地基沉降变化规律, 容易出现路基填筑施工与地基固结进度不匹配的情况。同时,

城区市政道路施工场地空间有限, 地下给排水管线、通信管线排布密集, 软基处理施工不仅要满足地基加固需求, 还要规避对地下既有管线造成破坏, 相较于野外公路软基施工, 市政道路软基施工约束条件更多, 施工难度也相对更高。此外, 城市范围内软基土层厚度分布不均匀, 同一段道路路段之内土层软硬程度差异较大, 进一步增加统一施工管控难度。

2 市政道路常用软基处理施工技术及适用范围

2.1 换填垫层处理技术

换填垫层技术属于市政道路浅层软基处理常用手段, 施工原理较为简单, 将路基范围内存在的软弱土层全部开挖清除, 选用强度高、稳定性好、透水性能佳的碎石、砂砾、灰土等优质填料分层回填至开挖区域, 逐层碾压夯实形成稳固垫层结构, 以此提升浅层地基整体承载能力^[3]。

该技术整体施工流程简便, 施工机械设备投入少, 施工工期较短, 现场操作难度偏低, 在城市支路、小区配套道路等小型市政道路项目中应用较为广泛。整体施工受外界环境影响较小, 雨季也可有序开展施工作业, 仅适用于软土层厚度控制在 3 m 以内的浅层软土地基, 若软土厚度过大, 采用此种方式会大幅增加土方开挖与回填工程量, 提升整体施工成本。

2.2 水泥搅拌桩加固技术

水泥搅拌桩技术依靠专用搅拌施工设备, 将水泥固化剂与原位软土进行强制搅拌融合, 利用水泥与土体之间发生的物理化学反应, 形成整体性强、硬度较

作者简介: 赵绍云 (1984-), 男, 本科, 研究方向: 工程项目管理。

高的柱状固结体，多根桩体相互配合共同承担上部路基荷载，以此实现深层软土加固效果。

按照施工工艺划分可分为湿法搅拌与干法搅拌两种形式，湿法适用于含水率偏高的淤泥质软土，干法更适配含水率偏低的粉质软土。该技术施工占地面积小，施工过程中不会产生大量土方外运作业，施工噪声低，十分契合城市城区密闭施工环境，不会对周边居民日常出行与生活造成较大影响，多用于软土层厚度处于 3 m ~ 15 m 区间的市政主干道软基治理工程。

2.3 真空预压加固技术

真空预压技术依托密封膜将软土地基施工区域进行密闭处理，借助真空抽气设备持续抽取密闭空间内部空气，形成负压环境，利用大气压力促使软土内部水分快速从预设排水通道排出，加快软土固结沉降速度，在短时间内完成软土地基压缩密实处理。

此种加固方式无需堆放大量配重物料，现场施工场地占用面积小，整体加固均匀性较好，适合大面积

连片分布的深厚淤泥质软基路段。但该技术施工周期相对偏长，对施工现场密封施工质量要求严格，若密封层出现破损漏气情况，会直接大幅降低整体加固成效，多用于城市新区大范围市政路网软基统一治理项目。

2.4 堆载预压联合排水固结技术

堆载预压联合排水固结技术是在软基内部竖向布设塑料排水板，搭建完整地下水排出通道，再在地基表层堆放土方、砂石等重物施加固定压力，双重作用之下加速软土内部水分排出，缩短土体固结成型时长，有效降低地基后期自然沉降幅度。

该技术加固效果稳定可靠，施工成本适中，对各类深厚软土都具备良好适配性，不过施工工期较长，前期堆载物料堆放需要充足开阔场地，在城区老旧道路改扩建项目中使用受限，更多应用于城市近郊新建主干道、大型市政配套道路等场地开阔的工程项目之中。

如表 1 所示，清晰汇总各类常用软基处理技术各项适用条件与施工特点。

表 1 市政道路主流软基处理技术适用条件对照表

施工技术类型	适配软土厚度	适宜土质类别	现场场地要求	整体施工工期	施工噪声影响
换填垫层技术	3 m 以内浅层软基	杂填土、软弱素土	无严格场地限制	工期短	噪声小
水泥搅拌桩技术	3 m ~ 15 m 中层软基	淤泥质土、粉质软土	中小型施工空间即可	工期适中	中等噪声
真空预压技术	15 m 以上深厚软基	高含水率淤泥软土	场地平整连片	工期偏长	噪声偏低
堆载预压固结技术	10 m 以上深厚软基	各类均质软土	需开阔堆料场地	工期较长	噪声较小

3 市政道路软基处理施工全流程应用要点

3.1 施工前期勘察规划与方案布设要点

正式开展软基处理施工之前，必须完成精细化地质勘察作业，应依照市政道路线路走向合理布设勘察钻孔点位，直线路段均匀布设点位，在道路交叉口、线路转弯处、地质变化区段加密勘察点位，精准获取沿线土层分布深度、土体含水率、土体压缩系数、地基承载力等多项核心地质参数。

结合勘察所得地质数据，应联合设计单位、监理单位共同研讨确定最优软基处理方案，严格区分机动车道、非机动车道、人行道不同路段的地基加固标准，主干道行车荷载大，需选用加固强度更高的施工工艺，辅助道路可适当简化处理流程。同时，应提前梳理施工区域内部地下管线走向、埋设深度，在施工方案中标注管线防护范围，划定机械作业禁止触碰区域，从前期规划层面规避施工破坏管线的问题^[4]。

除此之外，还应结合项目施工工期要求、当地季节气候特点调整施工排布计划，多雨地区应提前规划

排水疏导设施，避开强降雨天气开展大面积软基加固作业，为现场有序施工做好前期铺垫。

3.2 不同软基处理工艺现场实操施工要点

采用换填垫层工艺施工时，首先精准划定开挖边线与开挖深度，避免超挖扰动下层原状土体，开挖完成之后及时清理基坑底部淤泥与杂物，保证基底整洁平整。进场回填物料必须提前完成筛分处理，严控填料粒径与含泥量，杜绝使用风化严重、杂质过多的劣质填料。回填作业遵循分层填筑、分层碾压原则，严格把控每一层填筑厚度，碾压施工依照先两侧后中间、先静压后振压的顺序作业，确保垫层整体压实度均匀统一。

运用水泥搅拌桩开展施工时，提前完成施工现场平整处理，精准测放桩体布设点位，做好清晰标记，桩机就位之后调整机身保持垂直状态，严控桩身垂直度偏差。施工过程中严格依照设计配比调配水泥浆体，把控浆液泵送速度与钻机下沉、提升速度，保证土体与固化剂搅拌均匀。成桩完成之后做好桩体成品保护

工作，避免重型机械碾压未凝固桩体，同时统一记录每根桩体施工时长、水泥用量等基础施工数据。

实施真空预压施工阶段，重点把控密封膜铺设质量，膜体拼接位置做好黏结密封处理，杜绝出现缝隙漏洞，排水板布设保持垂直均匀，严格控制布设间距与插入深度。真空负压抽取作业循序渐进提升压力数值，不可一次性加压过大，定时监测膜下真空度数值，发现数值异常及时排查漏气点位并快速修补，保障负压固结作业持续稳定推进。

3.3 施工现场质量过程管控实施要点

首先，落实进场原材料质量抽检制度，水泥、砂石、排水板、密封膜等所有施工用材进场时，必须核验产品合格证明，现场随机抽取试样送至检测机构完成性能检测，检测结果达不到施工标准的材料一律禁止投入施工现场使用，从物料源头把控施工基础质量。

其次，强化现场施工参数动态管控，安排专职现场管理人员全程旁站监督施工作业，实时核对现场施工参数是否与设计文件保持一致，发现填筑厚度超标、搅拌速度异常、桩位偏移等违规作业行为第一时间叫停整改。针对雨季施工场景，提前在施工区域周边开挖临时排水沟，及时排走场地积水，防止雨水浸泡软化已经处理完成的地基土层。

最后，做好各道施工工序交接验收工作，上一道软基处理工序施工完成之后，必须经过质量验收合格，方可进入下一道施工环节，未通过验收的施工区段严禁开展后续路基填筑施工，层层把控整体施工质量。

3.4 施工完成后沉降监测与后续衔接施工要点

软基加固施工全部结束之后，按照道路施工规范在全线不同施工区段布设沉降观测点位，重点在软土厚度较大路段、道路交叉口等关键位置加密观测点，固定观测频次，定时记录地基沉降数值，整理形成完整沉降观测数据台账。

通过长期观测数据研判地基固结稳定状态，当地基沉降速率逐步趋于平稳之后，再有序开展上部路基填筑、路面结构层铺设等后续施工作业，杜绝在地基尚未稳定阶段开展重型填筑施工，防止再次引发地基不均匀形变^[5]。

对于沉降数值超出合理范围的施工路段，及时联合技术人员分析问题产生原因，采取增补加固措施进行补救处理。日常做好已完工软基区段防护工作，禁止大型重载车辆随意通行碾压，减少外力扰动对固结地基造成的不利影响，保障软基处理施工成效能够长久维持。如表 2 所示，明确市政道路软基处理施工核心质量控制指标与管控标准。

表 2 软基处理施工关键质量控制指标统计表

施工工艺类型	重点控制指标	允许施工偏差	日常检测频次
换填垫层	分层填筑厚度、垫层压实度	厚度偏差 ± 5 cm，压实度达标	每层施工完成后全数检测
水泥搅拌桩	桩位偏差、桩身垂直度、水泥掺量	桩位偏差 ≤ 5 cm，垂直度 $\leq 1\%$	逐桩记录，每日抽样检测
真空预压	排水板间距、膜下真空度	间距偏差 ± 10 cm，真空度达标	全天定时监测记录
堆载预压	堆载高度、固结沉降量	堆载高度 ± 8 cm	每三日完成一次数据观测

4 结束语

本文结合市政道路工程建设实际，分析城市区域软土地基独有的土体特性，总结现阶段软基处理施工过程中普遍存在的各类问题，对比四类常用软基处理工艺的适用场景与施工特征，从前期勘察规划、现场实操作业、过程质量监管以及后期沉降监测多个层面，细化梳理完整的施工应用要点。市政道路软基治理没有统一固定施工模式，现场唯有结合实地地质条件、施工环境合理选定工艺，严格落实各项施工管控标准，才能切实提升地基加固质量。未来工程建设中，还需结合智能监测设备优化沉降管控方式，持续优化软基施工实操流程，进一步提升市政道路地基施工整体稳定性。

参考文献:

- [1] 朱翔,张灿君.市政道路工程中沉降段路基路面的施工技术[J].大众标准化,2022(21):56-58.
- [2] 王两季.软基处理技术在市政公路施工中的应用实践[J].江西建材,2022(01):186-188.
- [3] 王成.市政道路软土地基处理技术与应用研究[J].工程建设与设计,2024(06):206-208.
- [4] 聂新星.市政道路工程施工中软土地基处理技术分析[J].散装水泥,2022(02):160-162.
- [5] 李坤培.软基加固技术在市政道路施工中的实践[J].建筑技术开发,2022,49(20):134-136.