

软土地基条件下市政道路路基处理技术对比与工程实例分析

王雷雷

甘肃衡宇工程建设监理有限责任公司

DOI:10.32629/etd.v6i12.19201

[摘要] 随着城市化进程不断加快,市政道路建设规模持续扩大,工程往往不可避免地穿越软土地基区域。软土地基具有含水量高、压缩性大、强度低和固结时间长等特点,若处理不当,极易引发道路沉降、不均匀变形及结构破坏,严重影响道路使用性能和安全性。因此,科学合理地选择路基处理技术,是保障市政道路工程质量的关键环节。本文在系统梳理软土地基工程特性的基础上,对当前市政道路工程中常用的软土地基路基处理技术进行对比分析,从技术机理、适用条件、施工效果及经济性等方面进行综合评价,并结合具体工程实例,对不同处理技术在实际应用中的效果进行分析与总结。研究表明,针对不同软土条件和工程需求,合理选用并优化组合路基处理技术,能够有效提升市政道路路基稳定性和长期使用性能,为类似工程提供有益参考。

[关键词] 软土地基; 市政道路; 路基处理技术; 技术对比; 工程实例

中图分类号: U416.1 **文献标识码:** A

Comparison and Engineering Case Analysis of Municipal Road Subgrade Treatment Technologies under Soft Soil Foundation Conditions

Leilei Wang

Gansu Hengyu Engineering Construction Supervision Co., Ltd.

[Abstract] With the continuous acceleration of urbanization, the scale of municipal road construction continues to expand, and engineering projects often inevitably pass through soft soil foundation areas. Soft soil foundation is characterized by high water content, high compressibility, low strength, and long consolidation time. If not properly treated, it can easily cause road settlement, uneven deformation, and structural damage, seriously affecting road performance and safety. Therefore, scientifically and reasonably selecting subgrade treatment technology is a key step in ensuring the quality of municipal road engineering. Based on a systematic review of the engineering characteristics of soft soil foundations, this paper conducts a comparative analysis of commonly used soft soil foundation subgrade treatment technologies in current municipal road engineering, comprehensively evaluating them from aspects such as technical mechanism, applicable conditions, construction effects, and economy. Combined with specific engineering cases, the effects of different treatment technologies in practical applications are analyzed and summarized. The research shows that rationally selecting and optimizing the combination of subgrade treatment technologies according to different soft soil conditions and engineering requirements can effectively improve the stability and long-term performance of municipal road subgrades, providing useful references for similar projects.

[Key words] soft soil foundation; municipal road; subgrade treatment technology; technology comparison; engineering case

引言

市政道路作为城市基础设施的重要组成部分,其运行状况直接关系到城市交通效率和公共安全。在沿海地区、湖泊周边以及河流冲积平原等区域,软土地基分布广泛,给市政道路建设带来了诸多挑战。软土由于结构松散、承载力不足,在车辆荷载

和环境作用下容易产生过大沉降,若缺乏有效处理,往往导致路面开裂、翻浆和病害频发,增加养护成本。

随着工程技术的发展,针对软土地基的处理方法日益多样,但不同技术在适用条件、施工难度和工程效果方面存在明显差异。如何在满足安全性和耐久性要求的前提下,兼顾经济性和施

工可行性,成为市政道路建设中亟需解决的问题。本文通过对多种软土地基路基处理技术的系统对比,并结合工程实例进行分析,力求为软土地基条件下市政道路路基处理方案的选择提供较为全面的参考依据。

1 软土地基工程特性及对市政道路路基的影响

1.1 软土地基的物理力学特性

软土地基通常由淤泥、淤泥质土或高含水量黏性土组成,其显著特征是孔隙比大、天然含水量高、压缩性强而抗剪强度低。这类土体内部结构较为松散,颗粒间结合力弱,受力后易发生较大变形。当市政道路填筑荷载或车辆反复交通荷载作用于软土地基时,土体内部孔隙水压力迅速增加,但由于渗透系数较小,孔隙水排出过程缓慢,有效应力增长滞后,导致固结过程持续时间较长。

这种长期固结特性使软土地基在道路建成并投入使用后,仍可能持续产生沉降,且沉降量和沉降速率受土层条件、荷载变化和环境影响较大,具有一定不确定性,给道路结构的长期稳定性和使用安全带来隐患。^[1]同时,软土具有明显的结构敏感性,一旦原有土体结构在施工过程中受到扰动,其强度和变形性能会进一步恶化,增加地基处理和后续维护的难度,对市政道路工程的耐久性提出更高要求。

1.2 软土地基对市政道路结构的影响

市政道路路基在服役过程中不仅承受车辆反复荷载,还受到温度变化、降雨和地下水位波动等环境因素影响。在软土地基条件下,路基承载力不足和不均匀沉降问题尤为突出。当地基强度无法满足设计要求时,路基将产生过大变形,导致路面结构层承受附加应力。

若软土地基处理不当,路面结构易出现裂缝、车辙、沉陷等病害,不仅影响道路平整度和行车安全,还会显著缩短道路使用寿命,增加后期养护成本。此外,软土地基的水稳定性较差,在降雨集中或地下水位上升时,土体含水量增加、强度下降,路基整体稳定性进一步削弱。^[2]这种强度随环境变化而波动的特性,使市政道路工程在软土地区面临更高的工程风险。

1.3 软土地基处理的基本原则

在市政道路工程中进行软土地基处理,应遵循因地制宜、技术可行和经济合理的基本原则。首先,应充分结合工程地质条件和道路功能要求,科学分析软土分布特征、厚度及其物理力学参数,避免简单套用处理方案。其次,处理技术的选择应以满足设计承载力和变形控制要求为核心目标,通过提高地基土体强度、减少工后沉降或加快固结过程,保障路基长期稳定。

同时,应兼顾施工条件、工期要求和工程造价,合理平衡技术效果与经济成本。在条件允许的情况下,优先选用成熟可靠、施工可控性强的处理方法,并通过必要的监测手段对处理效果进行验证。^[3]通过科学规划和合理设计,使软土地基处理既满足市政道路安全耐久要求,又具备良好的经济性和可实施性。

2 市政道路软土地基常用路基处理技术对比分析

2.1 换填垫层法

换填垫层法是一种较为传统且应用广泛的软土地基处理方法,其基本原理是将一定深度范围内承载力低、压缩性大的软土挖除,并以砂、碎石或级配良好的填料进行回填,通过提高地基的整体刚度和承载能力来满足工程建设需求。该方法施工工艺相对简单,技术成熟,施工过程直观易控,处理效果也较为直接可靠。在软土层厚度较小、地下水条件较为简单的情况下,换填垫层法能够在较短时间内显著改善地基条件,缩短施工周期,便于质量检查和验收,因此在部分市政道路、场地平整工程中仍具有一定应用价值。然而,当软土层厚度较大或地下水位较高时,换填深度和工程量显著增加,不仅施工成本高、工期延长,而且大量土方开挖和回填会对周边环境和既有建(构)筑物产生较大扰动,施工安全和环境保护压力较大。此外,换填过程中对基底处理、填料质量及压实工艺要求较高,若控制不当,仍可能产生不均匀沉降问题,因此其应用范围在厚层软土地基条件下受到一定限制。

2.2 预压与排水固结法

预压与排水固结法是目前市政道路和大面积软土地基处理中应用较为成熟和有效的技术之一。该方法通过在地基表面施加临时超载或等载荷,使软土中的孔隙水压力逐步消散,加速土体固结过程,从而提高地基强度、减少工后沉降。为缩短固结时间、提高处理效率,工程中通常配合设置砂井、塑料排水板等排水措施,以缩短排水路径,增强排水效果。该方法适用范围广,尤其适用于软土层较厚、处理面积较大的市政道路工程,处理效果稳定且可控。通过合理设计加载方案和监测措施,可以较为准确地控制地基沉降和稳定性。然而,预压与排水固结法的不足之处在于施工周期相对较长,对施工组织和监测管理要求较高,需要持续开展沉降、孔隙水压力等监测工作,以确保施工安全和处理效果。同时,临时堆载对场地条件和周边环境也提出一定要求。总体而言,该方法在综合经济性、技术可行性和工程效果方面具有明显优势,是软土地基处理中常用且可靠的技术手段之一。

3 复合地基处理技术的应用特点

3.1 砂井与塑料排水板法

砂井与塑料排水板法是软土地基处理中常用的排水固结类技术,其基本原理是通过在软土中设置竖向排水通道,缩短孔隙水的排出路径,加快土体固结过程,从而提高地基稳定性和承载能力。传统砂井施工工艺成熟,对材料要求相对简单,但施工效率受制于施工设备和地层条件,在软土层较厚或工期紧张的工程中存在一定局限。

相比之下,塑料排水板具有施工速度快、施工扰动小和适应性强等优势,在市政道路工程中得到了广泛应用。^[4]通过机械化施工可实现快速、大面积布设,有利于缩短工期。然而,该方法对施工质量要求较高,排水板的布设间距、垂直度和埋设深度若控制不当,可能导致排水通道受阻或排水效率降低,影响地基处理效果。因此,在实际应用中需加强施工过程监管,确保设计参数得到有效落实。

3.2 水泥搅拌桩与CFG桩法

水泥搅拌桩法通过将水泥与原土进行充分搅拌, 形成具有一定强度和刚度的固化土体, 从而改善软土的工程性能, 构建复合地基体系。该方法能够有效提高地基整体强度和抗变形能力, 适用于软土层分布不均、承载力要求较高的市政道路工程。

CFG桩则通过在软土中成孔并填充水泥、粉煤灰和碎石等材料, 形成高强度桩体, 依靠桩土共同作用显著提高地基承载力和稳定性。该方法在控制沉降和提高承载力方面效果显著, 尤其适用于软土层较厚、沉降控制要求严格的工程条件。但水泥搅拌桩和CFG桩施工成本相对较高, 对施工设备、技术水平和质量管理要求较为严格, 需要在方案比选中综合考虑经济性与技术可行性。

3.3 复合技术组合应用的优势

在实际市政道路工程中, 地质条件复杂多变, 单一软土地基处理方法往往难以全面满足承载力、沉降控制和施工周期等多方面要求。通过合理组合多种地基处理技术, 可以充分发挥不同方法的优势, 弥补单一技术的不足。例如, 将预压处理与塑料排水板法相结合, 可以在加快固结速度的同时有效控制工后沉降; 将水泥搅拌桩与垫层联合使用, 则有助于提高路基整体稳定性和荷载分布均匀性。

复合技术的组合应用不仅能够提升地基处理效果, 还能增强工程适应复杂工况的能力, 实现技术效果与经济效益的协调统一。^[5]在方案设计和实施过程中, 应结合具体工程条件进行综合分析并优化配置, 以取得更加理想的工程处理效果。

4 工程实例分析

4.1 工程概况与处理方案选择

某沿海城市市政主干道工程位于典型滨海软土地区, 沿线地基以淤泥质黏土和粉质黏土为主, 软土层厚度约为6~10m, 具有含水量高、压缩性大、承载力低和固结时间长等特点。该道路作为城市重要交通干道, 对路基稳定性和工后沉降控制要求较高, 若处理不当, 易出现不均匀沉降、路面开裂等问题, 影响道路使用安全和耐久性。在方案比选阶段, 项目团队综合分析了工程地质条件、工期要求、投资控制以及周边建(构)筑物和环境敏感性等因素, 对换填法、强夯法、真空预压法和堆载预压法等多种处理方案进行了论证。最终, 考虑到本工程软土层较厚、场地条件允许且对振动和噪声控制要求较高, 选择了塑料排水板结合堆载预压的软土地基处理方案。该方案通过布设塑料排水

板缩短排水路径, 加快软土固结速度, 同时利用堆载预压提前释放沉降量, 以满足工后沉降控制要求, 在技术可行性和经济性方面均具有较好优势。

4.2 处理效果与工程评价

在施工实施过程中, 项目严格按照设计要求进行塑料排水板布设和分级堆载, 合理控制加载速率, 并同步开展沉降与孔隙水压力监测, 确保地基加固过程处于可控状态。预压结束后, 通过持续观测沉降发展趋势和开展地基承载力检测, 结果表明路基沉降速率明显降低, 累计沉降量满足设计控制指标, 地基承载力和整体稳定性均得到显著提升。^[6]道路建成投入使用后, 运行状况良好, 未出现明显不均匀沉降和结构性病害, 表明该处理方案取得了预期效果。工程实践表明, 在软土地区市政道路建设中, 结合工程条件合理选择处理技术, 并在施工过程中加强质量控制和监测管理, 是保障工程质量和长期使用性能的重要前提。该工程经验也为类似沿海软土地基市政道路项目的方案选择和施工管理提供了有益参考。

5 结语

软土地基条件下市政道路路基处理是一项系统性工程问题, 涉及地质条件、结构设计、施工技术和经济效益等多方面因素。通过对多种路基处理技术的对比分析可以看出, 不同方法各有适用条件和技术特点, 单一技术难以适应所有工程情形。工程实践表明, 在充分掌握软土地基特性的基础上, 因地制宜地选择或组合应用处理技术, 能够有效提升市政道路路基的稳定性和耐久性。未来, 应进一步加强新材料、新工艺在软土地基处理中的应用研究, 为市政道路建设提供更加可靠和经济的的技术支撑。

[参考文献]

- [1]刘妍妍.市政道路软土路基处理技术研究[J].交通世界,2023,(18):53-55.
- [2]刘伟.市政道路路基设计分析[J].四川水泥,2023,(6):197-199.
- [3]庄云翼.高压旋喷桩在市政道路路基处理中的应用及效果分析[J].中国建筑金属结构,2022,(12):25-27.
- [4]肖时辉,周波,王虎,等.市政道路深厚软土地基处理的设计与实践[J].工程建设与设计,2022,(19):43-46.
- [5]徐耀辉.市政道路路基施工中的软土地基处理问题浅析[J].工程建设与设计,2022,(17):254-256.
- [6]张成卓.市政道路路基设计及软基处理研究[J].中国高新科技,2021,(22):120-121.