

市政道路建设中的软基处理技术分析

文 / 李智鹏 广州市番禺区地方公路管理总站

摘要: 在市政道路建设中,软土地基作为一种特殊地质条件,对道路工程质量具有一定影响。对此,本文针对市政道路建设中的软基处理技术展开分析,基于软基特点与危害,提出水泥搅拌桩、强夯法、预应力管桩等处理技术要点,并分析软基处理过程中的挑战与应对策略,以此改善地基力学性能。在全面提升软基承载力的基础上,能够降低施工风险,增强道路稳固性、安全性,强化软土地基处理综合效益,为市政道路工程品质提升助力。

关键词: 市政道路;软基处理;加固措施;混凝土;CFG

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.19.070

引言

近年来,伴随城市基础设施的不断改进、完善,市政道路建设规模逐渐扩大,相应地增加软土地基处理需求。作为市政道路施工中常见地质条件,具有压缩性大、含水量高等特性,直接影响道路使用寿命与质量。本文旨在探讨市政道路软基处理技术要点,分析水泥搅拌桩、强夯法、预应力管桩、现浇混凝土管桩、排水固结等不同处理方法的适用条件,深入探讨处理技术与工程条件、施工要求之间的契合性,明确具体施工要点,以期为市政道路建设提供一定参考与借鉴,确保后续地基使用过程中的稳定性与安全性。

一、市政道路建设中软基特点与危害分析

对于软土地基特点而言,主要包含以下方面:一是孔隙大,通常情况下,软土孔隙比常大于1,实际可压缩空间较大,稳定性较差。在受到外力作用时,土体极易发生变形问题。二是含水量较高,数据显示,淤泥质土含水量能够达到40%以上,部分区域甚至高达90%,严重影响道路稳定性。三是支撑效果较差,软土地基承载能力远低于普通地基,承载力效果极不理想。四是高压缩性,软土内部压缩性较高,其土体内部含有大量微生物、可燃气体以及腐殖质,在荷载作用下极易降低土体稳定性。五是抗剪强度低,在受到剪切力作用时,软基容易发生破坏,造成滑动或坍塌问题。基于上述软基特点,可明确其对市政道路建设的危害。在承受道路结构与车辆荷载时,软土地基极易发生变形和破坏,造成道路失稳问题,严重情况下,甚至影响人身安全健康。

同时,在道路建成后,伴随时间推移会增加道路沉降几率,影响道路平整度。在部分极端情况下,软土地基的变形与失稳问题极易引发道路坍塌,为社会带来巨大损失。另外,受软土地基性质影响,其所带来的各种病害会一定程度上缩短道路使用寿命,为城市交通带来不便。

二、市政道路建设中软基处理技术要点分析

(一) 水泥搅拌桩技术

基于软土地基特点分析,其具有分散性高、颗粒微小、稳定性低的特点,在处理过程中,易与水泥发生物理化学反应。在具体应用期间,主要是利用深层搅拌机将水泥浆与软土强制搅拌,在二者有机融合的过程中,能够促使软土硬结,增强地基稳定性。在具体施工环节,需做好前期准备工作,全面清除施工区域的石块、树根以及垃圾,保证场地平整度。在处理部分低洼区域时,应避免轻率填土,根据实际情况,选用黏土进行回填,有效避免掺杂杂质。在材料选择环节,为保证桩的质量,应优先选择42.5级普通硅酸盐水泥,数据显示,该材料成桩后,其28天内抗压强度能够达到0.6MPa以上。同时,为保证浆料的流动性与均匀性,应合理控制水泥浆水灰比,确保其处于0.45-0.55范围内。水泥掺量作为关键因素,能够影响水泥搅拌桩工程质量,对此,需严格参考相应标准,实现精准配比。具体参考值如表1所示^[1]。

表1 水泥掺量参考值

天然含水量 / %	天然孔隙比	水泥掺量参考值 / (kg/g)
< 30	1.0-1.1	40
30-40	1.1-1.3	40-60
40-60	1.3-1.8	60-70
> 60	> 1.8	70-75

在工程项目现场施工环节,需以图纸设计要求为参考,合理设置搅拌桩,并以竹签定位标注,做好前期桩位放样工作。在操作搅拌机时,技术人员应合理控制额定电流,并利用电流监测控制下沉速度,确保其处于0.38-0.77m/min。在搅拌机持续下沉时,应持续调整整体速度,将提升速度控制在0.3-0.5m/min,保证注浆量连续均匀,确保搅拌桩质量与稳定性。

(二) 强夯法

强夯法被称为“地基重塑者”,在应用期间,主要是借助夯锤冲击力,将重锤从高处自由落下,有效加固软土地基(如图1所示)。



图1 强夯法应用

借助重锤冲击力，顺利降低土的压缩性，确保地基土颗粒重新排列，增强地基土强度。在实际操作中，需综合考量软土地基特性以及工程相应要求，合理确定夯锤重量、夯击次数、落距以及遍数等各类参数。在操作期间，应控制夯击次数以及深度，数据显示，平均每层夯实厚度应达到30-50cm，确保每一次夯击能够有效作用于上层，增强土壤压实度。强夯法具有操作简便优势，实际施工速度相对较快，在强力夯实作用下，软土地基强度显著增强，能够满足市政道路对地基承载力的要求。然而，在应用过程中，强夯法对外部环境要求较高，存在相应局限性。受重锤落基因素影响，施工过程中会产生较大的振动与噪音，极易影响周边居民生活。对此，需积极参考项目所处区域、性质，合理选择加固技术，增强技术适用性^[2]。

（三）预应力管桩技术

预应力管桩技术主要是将混凝土制成空心管桩，采用静压、锤击等多种方式将其沉入软土地基中，该种方式能够将道路荷载有效传递到深层坚实土层，适用于软土深厚、填土较高等区域，一定程度上提高地基承载力。在施工过程中，需做好前期准备工作，全面清除场地垃圾，保证场地平整。必要时，可额外浇筑混凝土垫层，确保施工条件达到相应标准。在准备放样环节，应以设计图纸为依据，合理测量定位各处桩位位置。在桩位中心插入竹签，精准标记桩位编号，有效消除相应误差。在桩机就位调试过程中，可依次按照桩位编号确定打桩顺序，并测量调整桩机位置与垂直度。同时，在管桩压桩环节，主要是采用锤击、静压两种方式，以锤击压桩为例，主要是以柴油锤反复捶打，利用锤击能量强制压入桩身。需要注意的是，应控制打桩锤类型、沉桩顺序、打桩收锤标准等参数。以沉桩顺序为例，应严格按照先深后浅的顺序，由于软土地基不易排水，且天然含水量较高，极易发生土体隆起或桩身倾斜现象。另外，采用先中间后周围的沉桩顺序，降低问题发生几率。在

预应力管桩打桩就位后，需做好成桩检测工作，抽取一定比例桩身进行分析，若性能不达标则需返工整改。在试验过程中，可利用液压千斤顶向夹桩器提供竖向压力，使其顺利传递给管桩，从而有效判断预应力管桩单桩竖向抗压性能情况^[3]。

（四）现浇混凝土管桩技术

现浇混凝土管桩技术自身强度较高，其属于刚性桩，可利用振动加压结合沉管模式进行施工。现浇混凝土管桩技术施工工艺较为简单，能够大幅度提升道路承载力，延长道路使用寿命。在应用过程中，严格检查搅拌均匀程度，并保障水泥输送不能间断，增强水泥连续性。从施工人员角度来看，需严格落实施工顺序，确保混凝土搅拌机处于垂直状态。在对混凝土浇筑拔管过程中，为避免产生坍塌问题，坍落度应控制在10cm-20cm。在具体拔管过程中，需将混凝土高度控制在2m以下，并合理控制拔管速度，结合软基特点，将拔管速度控制在0.6-0.8m/min。总的来说，现浇混凝土管桩技术具有一定应用优势，能够根据现场实际条件灵活调整管桩长度、直径等参数，确保其与地基土结合更加紧密，从而为道路安全、稳定提供保障^[4]。

（五）排水固结技术

排水固结技术作为软基常用处理方法，能够有效降低软黏土含水量，在具体施工环节，需在软土地基中设置竖向排水体，并施加预压荷载，以此减小孔隙比，确保土体顺利发生固结，从而提高地基强度。在操作时，应综合考量软土地基土层分布、厚度、渗透系数等因素，合理控制排水竖井。通常情况下，排水竖井间距应控制在1.0-2.0m，且深度应保证穿透软土层。在此基础上，可在地表表面铺设砂垫层，使其与竖向排水体共同作用，进而打造完整的排水系统。对于排气管而言，可设置塑料排水板，根据排水要求、地基条件，合理控制排水板宽度与高度。通常情况下，塑料排水板宽度、厚度、间距通常取100mm、4mm、1.0-2.0m，以此保证排水效果。在排水系统施工完成后，可采用堆载预压、真空预压等方式。以堆载预压为例，主要是在地表表面堆放土石，并采用分级堆压方式，避免地基发生失稳现象，该种方式能够缩短地基处理时间，有效增强地基稳定性。

（六）换填法

换填法较适用于淤泥等软基处理工作，将软土层挖除后，换填强度较高的材料，并采用分层夯实方法，提高地基承载力。该技术原理简单直接，在操作时应确定换填深度，并综合考量地基承载力要求、软土层厚度，将换填深度控制在1-3m。在挖除软土层环节，应避免超

挖或欠挖，优先选择级配良好、压缩性低的换填材料。需要注意的是，在挖设期间，应做好边坡支护，保证边坡稳定性，避免产生塌方问题。在换填时，需保证材料符合粒径、级配等要求，以砂垫层为例，在换填时，具体材料级配要求如表 2 所示。

表 2 换填材料粒径、级配要求

换填指标	具体参数
砂料	中粗砂
含泥量	不超过 3%-5%
分层铺填厚度	不超过 30-50cm
压实度	90%-95%

总的来说，换填法具有成本低、施工简单等多种优势，但实际施工中换填工程量巨大，适用性较差。

（七）抛石挤淤技术

抛石挤淤技术主要应用于稠度大、不易挖除、淤泥层较厚的地段，在处理过程中，从路堤中部开始，并向两侧逐次抛填片石，在自重作用下，片石会逐渐下沉，并将淤泥挤出，形成片石层。在这期间，应合理控制片石粒径，确保其不小于 300mm，在填充时，严格控制抛填速度与片石分布均匀性，以便实现有效挤淤。在片石抛出水面后，可利用重型压路机进行碾压，确保片石与地基土形成稳定复合地基。在片石碾压施工完成后，应铺设碎石垫层，将其作为过渡层，提高路基排水性能。数据显示，垫层厚度应控制在 30cm 左右，并优先选用透水性良好的碎石，实际粒径控制在 40mm，在均匀摊铺过后，可利用推土机整平工作面，提高稳定性与承载能力。需要注意的是，在抛石挤淤过程中，块石材料能够直接影响挤淤效果，在选择过程中应确保粒径处于 30cm 以内。在分层抛填时，应确保每层填筑厚度处于 50-80mm，避免分层填筑厚度过大。若抛头块石粒径较小，则需根据现场情况进行灌缝处理，保证挤淤成效^[5]。

（八）CFG 桩技术

在应用 CFG 桩技术期间，需对原地面进行处理，做好树木砍伐、腐殖质处理、垃圾草皮清理等工作。在处理完毕后，可基于设计方案进行测量放样，利用水准仪测量原始水准标高，确保各桩位精度符合要求。在桩体分布设计环节，应明确 CFG 桩间距、数量等参数，保证施工效果。同时，在钻机进入现场后，为避免钻进作业出现移动、倾斜情况，应按照测量放样桩位标准安装钻机，并控制好钻机机架以及钻杆垂直度。在这期间，需保证钻杆直径超过设计尺寸 30mm，且钻头最大允许偏差在 3m 以内。在混合料制备环节，应严格执行设计标准，

并检测粉煤灰粒径分布范围，确保其达到相关政策标准。综合考量工程地质条件、设计要求等因素，做好混合料配比工作，保证桩体强度与承载能力。另外，依次落实钻孔、泵送混合料、下放钢筋笼、钻机移位施工、桩间土开挖、桩头切除、桩间土碾压等工序，增强地基加固成效，提高土体干密度。CFG 装技术能够减少沉降问题，提高地基承载力，在桩体与桩间土共同作用下，显著增强地基整体承载性能。

三、市政道路建设中软基处理中的挑战与应对策略

在市政道路建设软基处理中，其面临地质条件复杂多变、地下管线干扰严重等多种问题。以地下管线为例，市政道路主要位于城市区域，地下管线错综复杂，主要涉及电力、燃气、排水、通信等管线，为施工带来一定困扰。对此，需加强地下管线探测工作，利用电磁感应法、探地雷达，确定地下管线位置以及埋深，建立管线档案，为施工提供准确参考的依据。在施工环节，制定地下管线保护措施，并在周围设置警示标志。根据施工需求，采用人工开挖或小型机械配合的方式，防止对管线造成破坏。另外，对于部分无法避开的管线，可积极制定管线迁移方案，与相关管线权属单位沟通协调，保证管线安全。

结语

综上所述，在市政道路建设中，软基处理技术具有重要地位。通过深入分析软基特点与危害，详细探讨各类软基处理技术要点，便于合理选择并应用软基处理技术。展望未来，伴随工程建设需求不断提升，软基处理技术将趋向智能化、环保化方向发展。结合时代发展规律，需加强技术创新与应用，积极探索新的技术和方法，在持续关注技术发展动态的情况下，为市政道路建设提供更加坚实的技术保障，从而提升地基建质量。

参考文献

- [1] 李彬. 市政道路工程水泥搅拌桩技术在软土地基处理中的应用分析 [J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2024 (5): 09-12.
- [2] 荣伟. 水泥搅拌桩在市政道路软基施工中的标准化应用实践 [J]. 中国水泥, 2025, (02): 106-108.
- [3] 张恩博. 探讨市政道路软基综合处置方法及施工检测对策 [J]. 产品可靠性报告, 2025, (01): 66-67.
- [4] 邢旭亮. 市政道路建设中的软基加固施工技术 [J]. 江西建材, 2022, (04): 178-179+182.
- [5] 张良. 市政道路建设中路基软基处理存在的问题及质量控制措施 [J]. 住宅与房地产, 2021, (24): 160-161.