

市政路桥软土地基施工中深层搅拌桩技术的应用分析

文 / 肖辉建 深圳建中路桥工程有限公司

摘要: 传统的市政路桥软土地基施工方法,可能存在效率低下的情况,尤其在处理地基时,对于沉降的控制效果不佳,为后续路桥工程的使用埋下安全隐患。施工单位为避免此问题频繁影响路桥质量,需以深层搅拌桩技术的应用,发挥在市政路桥软土地基施工环节的作用,以增强整体承载力。基于此,本文结合实际思考,简要分析项目概况,加强对深层搅拌桩技术的研究,重点阐述市政路桥软土地基施工中深层搅拌桩技术的应用措施。旨在为城市的发展提供参考。

关键词: 市政路桥; 软土地基施工; 深层搅拌桩技术; 应用

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.24.052

引言

深层搅拌桩技术在当前的市政路桥建设活动中占据不可替代的位置,特别在大型的基坑支护项目中的应用价值尤为突出^[1]。施工人员需以水泥、固化剂的应用,深入土层,以机械搅拌的方式,将土体混合,从而实现原有土体力学性能以及物理性能的改善,用于增强区域的整体承载力。然而,在市政建设项目中,城市扩建时受限于基础设施,特别在路桥建设期间,可能受软土地基影响,造成工程质量不高,使得施工人员应以深层搅拌桩技术的应用,不改变原有基础设施及影响周围建筑的前提下,增加支护结构,以满足复杂工况需要。

表1 软土物理力学性能指标示意表

序号	土层类型	干湿容重 / (kN/m ³)	相对密度	凝聚力 / kPa	承载力 / kPa	含水量 / %	压缩系数	压缩模量 / MPa
1	淤泥	17.8/10.2	2.68	28	138	58.60	1.78	4.50
2	淤泥质亚黏土	18.4/11.8	2.59	17.80	283	89.56	0.98	3.72

其中,所测定软土物理力学性能指标皆取平均值,准确性相对较高,在施工活动中计划通过深层搅拌桩技术实现对软土地基的处理,选择使用32.5的普水泥作为固化剂,保持2根桩柱是以100cm的距离进行控制,桩径是50cm,保持11m的桩长,依靠水泥浆的注入实现对土体加固。要求完成施工后,需间隔28d开展抽芯取样处理,将实验结果的无侧限抗压强度值控制在1.2MPa以上,完成加固区域的地基承载力应大于150kPa。

二、深层搅拌桩技术

深层搅拌桩技术需依靠搅拌机翼片的旋转,混合石灰、水泥等一系列固化剂与软土,通过搅拌混合方式,实现对地基的有效加固方法。

(一) 操作流程

施工人员应借助搅拌翼片的转动,采用下沉处理的方式,将翼片放置在预定需要加固的软土深层,采用由下而上的方式,逐渐将旋转翼片的搅拌轴进行提升,将固化剂压入其中,通过水泥浆,保证土粒、固化剂之间可以顺利搅拌并有效混合,待水泥水化物、土内的活性氧化物发生反应后,则会形成相对稳定的结晶化合物,结成圆柱状的加固土体^[2]。通常情况下,以深层搅拌桩

一、项目概况

本项目是以某段城市支路干道的市政路桥施工活动为主,施工单位为在城市内车辆保有量及居民数量增加后的通信要求,需新建路桥,确认全长是3.6km,要求行车速度控制在60km/h,道路的红线宽度应控制在40m以内。区域位于开发区,因未加强对地基的处理,天然孔隙比相对较大,地基承载力存在不足的情况,现有平均深度在8cm-12cm之间的软基,降低地基的整体剪切力,而压缩比系数较高,容易产生变形。经过勘察,区域的软土物理力学性能如下表所示。

技术对软土地基进行加固,处理的深度是大于10m的,更加适用于淤泥质土、淤泥以及地基承载力在120kPa以内的粉性土、黏性土当中。

(二) 优缺点

深层搅拌桩具备噪声小,污染小,不会对附近既有建筑带来影响,灵活设计的优势,可通过市政路桥的上部结构情况,运用多种加固形式,增强地基承载力,但对于硫酸盐含量相对较大的地基,有机物含量相对较大的土体,加固效果较差。

三、市政路桥软土地基施工中深层搅拌桩技术的应用措施

(一) 做好施工前期准备

结合表1内容,确认淤泥的含水量是58.6%;淤泥质亚黏土的含水量是89.56%,完成场地勘探工作要求。一是优先选用湿法深层搅拌桩技术,开展对实际施工区域的设计工作,以BIM技术的应用,实现对不同桩桩长的规划,保持桩长为11m,将施工期间水泥的掺量适当提升至20%,控制桩的间距分别是1m、1.2m、1.5m的下沉分布方式,经过模拟分析后,确认为1.2m的间距分布更佳,以正三角形的下桩方式,则可满足后续的施工要求(如图1所示)。



图1 深层搅拌桩正三角形下桩布置图

二是加强材料、设备的准备，所准备的材料皆与供应商完成校核的，进场前应出具出厂合格证明，并做好复验工作。将材料规划为每500t一个批次，在重量不足时，仍按一个批次计算，对于粉煤灰材料而言，其需水量比、烧失量以及细度，皆以200t为一个批次，以保证掺合料的性能可以达标。保证材料的等级是高于P.042.5的，终凝以及初凝时间，分别小于10h和大于45min。优选粉煤灰作为施工期间的掺和料，保证在施工期间的掺量控制在水泥用量的15%以内。运用双轴深层搅拌机，配合压浆泵、灰浆搅拌机、深度传感器与全球定位系统，以保证可以精准控制搅拌工作的开展深度。

(二) 简化施工流程

施工人员在完成现场准备工作后，应结合原定设计图纸内容，要求施工人员可以通过全站仪的应用，确认桩位的中心线所在，通过桩位偏差的控制，将偏差值控制在50mm以内，运用白灰进行标记，待桩机准备就绪后，可以让钻头与桩位的中心位置对准，将垂直度的偏差控制在1%以内，而偏差距离则可控制在10mm，选择使用搅拌下沉的方式，将搅拌机顺利启动，进而以0.5m/min-0.8m/min的速度进行匀速下沉。但施工人员应加强对电流值的记录，保证不会超出额定值，然后缓慢提升喷浆搅拌机，让压浆泵可通过0.3m/min-0.5m/min的速度匀速提升并合理注入水泥浆，控制压力值是0.4MPa-0.6MPa，使水泥浆的分布更加均匀^[3]。及时做好复搅、

复喷工作，确保桩体是保持均匀的，结合桩体的全长开展对应的复搅操作，保持速度在0.8m/min以内，距离桩顶1m-3m距离，开展搅拌操作，将复喷的水泥浆液量控制在10%-15%以内，以实现对桩顶部分质量以及强度的控制，并做好周密记录，保证可以满足后续的质量检测以及验收工作要求。

(三) 优化支护结构

在深层搅拌桩技术应用时，施工人员应加强对支护结构的规划，通过精心设计的方式，保证桩体的直径在800mm左右，在不同区域应结合地质条件所发生的变化，调整支护深度并将最深的区域深度控制在30m，运用C35等级的水泥浆，增强在灌注期间的流动性，以实现有效填充。第一，施工人员可以通过合理配置水泥浆的方式，对淤泥、淤泥质亚黏土土层，分别以1:0.6和1:0.8的比例进行配置，以满足工程的施工要求。综合考虑土压力以及水压力，可采用理论评估区域压力变化的情况，确认本项目中宏的土层黏聚力是15kPa，而内摩擦角是30°，结合该部分参数，调整支护结构状态，用于支撑土层变动以及地下水的变化要求。第二，施工人员应增加对软土地基开挖深度的考虑，将基坑的深度控制在15m以内，而宽度则需在20m，每间隔1.2m，则可完成1根深层搅拌桩的设置，增加密集桩网，用于增强支护结构的稳定性，以实现连续支撑，分摊在支护结构进行施工时的桩体强度，避免单一桩存在负载过高的情况，从而满足市政路桥软土地基施工要求。第三，施工人员可以采用完善内支撑系统的方式，在软土地基施工区域内，将1级支撑设置在与地表距离5m的区域，运用H型钢，承载较大的弯矩，以满足施工要求，保证顶部土层具有较强稳定性的^[5]。2级支撑，也可通过同规格H型钢的应用，而3级支撑，则是需要放置在与地表距离25m的区域，运用H500×500×16×25型号的钢材，保证可以满足复杂地质条件的施工要求。增加对钢支撑连接位置的关注，选择使用高强度的螺栓进行连接，保证可以通过螺栓的连接方式，为区域提供更强的支撑以及足够剪切力，降低对软土地基地下动态负载所带来的影响。而且，施工人员在构建内支撑系统时，也应加强利用预应力锚索，用于增强基坑的整体稳定性，通过应力传感器以及位移传感器的应用，观察实时的结构变化，将所检索的数据内容回传到监控中心，则可保证使用团队可以快速响应潜在的结构风险，以保证整个软土地基施工区域的长效稳定性。

(四) 实现总体施工部署

施工人员按项目的施工要求，可以通过划分施工区段的方式，将本次施工的区域分为4个施工段，每800m为一个施工区域，增加2台搅拌机的应用，以保证日均的成桩量可以达到200根。一方面，施工人员可通过SGZ-III深层搅拌机的应用，满足施工区域的宽幅支护要求，在施工过程中，确保该机械可以适应各种土层深度^[5]。精准配置水泥浆，保证浆体的固化时间在12h以内，增

强浆体的稳定性,而在淤泥质亚黏土中,固化时间可控制在 8h 内,要求土体可快速成型。在搅拌期间,施工人员应通过 GPS 定位系统的应用,实时监控施工现场,保证可以加装传感器以及压力机,保证桩体在使用期间不会发生变形的情况,要求施工团队可以运用定期抽检的方式,在每完成 50 根桩的施工后,开展至少 1 次抗压测试以及抗剪测试,保证所有桩体全部满足安全标准后,方可执行下一步施工操作。将总工期控制在 90d,准备工期是 7d,执行平整场地平整、设备调试及试桩工作后,执行为期 75d 的施工,预留 8d 实现竣工验收。

(五) 施工质量控制与检验

1. 施工质量控制

在施工质量控制期间,施工人员应观察项目的完成情况,明确在现场施工期间,所执行工作的要点。第一,施工人员应关注喷浆的下沉情况,切碎全部的软土,保证水泥浆均匀搅拌后,在现场控制喷浆的下沉速度,并依靠机械设备,观察现场试桩情况以及技术性能,可以按照施工规定,将喷浆的下沉速度控制在 0.8m/min 以内。第二,待完成成桩后,施工人员应间隔 7d,开展对施工现场内的浅部开挖操作,观察桩体的外观情况,记录与桩体直径,开挖深度以及垂直镀锌相关的内容,将抽检

数量控制在 5% 以上,而开挖深度应大于 1.5m,以满足质量控制工作要求。

2. 施工质量检验

在施工质量检验阶段,施工人员在开挖期间应以动态检验的方式,保证深层搅拌桩的实际桩径可大于 50cm,在桩体位置的桩径应控制在 60cm,保持桩体是以密实状态的,增强其整体性。(1) 采用动态检测的方式,结合深层搅拌桩的动力,采用触探的试验方式,得出准确结果,在桩顶的下部位置,在 30cm 的范围内,开展至少 70-80 次的敲打工作,保证 30cm 之下的位置是无法贯入的,这样,则可保证桩体的强度是均匀的,能够符合设计标准要求。(2) 取样检验。施工人员应按照施工现场的要求,观察总桩数,并抽取 0.2% 的芯样开展钻取检验操作。但在抽样期间应保证所取桩体是保持连续的,让桩体的无侧限抗压强度应控制在 1.2MPa 以上。(3) 载荷试验。对于原施工设计的要求,施工人员应选择 0.5% 的总桩数,了解软土地基施工区域的复合地基承载力,通过增强地基加固效果的方式,随机选择 3 个桩号中的桩体,测定其所对应的设计荷载、总沉降量、容许范围内的承载力对应沉降量、回弹量以及最大试验荷载。具体如下表所示。

表 2 软土地基施工区域静载试验示意图

序号	桩号	设计荷载 /kPa	总沉降量 /mm	容许范围内的承载力对应沉降量 /mm	回弹量 /mm	最大试验荷载 /kPa
1	K4+224.3	132	61.97	13.6	4.91	297
2	K10+708.5	184	34.82	16.0	9.5	368
3	K21+975.6	110	17.80	13.6	3.44	222.2

根据表 2 确认, K4+224.3、K10+708.5、K21+975.6 桩号对应的桩体,在不同设计荷载下呈现出不同的沉降和回弹情况,说明,软土地基不同区域的地质条件是变化的,在承受设计荷载时,性能表现是有差异的。施工人员可结合软土地基的施工现场情况,以静载试验的方式,对未达到预期加固效果的区域进行处理。如存在沉降量较大的桩体,适当增加搅拌桩数量,保证在路桥施工区域的地基承载力有所增强。(4) 位移监测。观察断面情况,在现场增设 4 个位移监测设备以及 1 个沉降板,保证施工人员可以在填土期间能够定期观测沉降的侧向位移,并将沉降量控制在 0.36mm/d,位移量控制在 0.20mm/d,以内以满足施工要求。

结语

综上所述,本文市政路桥软土地基施工项目展开讨论,结合实际工况,讨论深层搅拌桩技术,并将深层搅拌桩技术应用于市政路桥软土地基施工活动能够中,采用做好施工前期准备、简化施工流程、优化支护结

构、实现总体施工部署、施工质量控制与检验的手段,针对常见的淤泥、淤泥质亚黏土进行处理,确保软土地基的强度有所提高,保证市政路桥工程的施工质量以及安全性。未来,在市政路桥软土地基施工中合理应用深层搅拌桩技术,可有效解决软土地基承载力不足等问题。

参考文献

- [1] 曾学权. 基于深层搅拌桩技术的市政路桥软土地基施工 [J]. 中国建筑金属结构, 2025, (13): 63-65.
- [2] 高昊. 软土地基处理技术在市政路桥施工中的应用 [J]. 工程技术研究, 2025, 10(13): 86-88.
- [3] 黄小苑. 市政路桥施工中软土地基处理技术的应用 [J]. 工程与建设, 2024, 38(06): 1330-1331+1343.
- [4] 李桂荣. 软土地基处理技术在市政路桥工程施工中的应用 [J]. 建材发展导向, 2024, 22(21): 103-105.
- [5] 钟洪波. 软土地基处理技术在市政路桥施工中的应用 [J]. 中华建设, 2024, (11): 172-174.